



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE MÉXICO**

FACULTAD DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL

DOCTORADO EN URBANISMO

**MODELO DE RESILIENCIA DE CIUDADES COSTERAS
ANTE INUNDACIONES ASOCIADAS
A LA VARIACIÓN CLIMÁTICA
ANÁLISIS COMPARATIVO DE COZUMEL MÉXICO
Y ST. GEORGE GRANADA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN URBANISMO**

P R E S E N T A

SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

TUTOR ACADÉMICO:

D. EN CA. CARLOS ALBERTO PÉREZ RAMÍREZ

TUTORES ADJUNTOS:

DR. JORGE PAREDES TAVARES

DR. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA



TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

MARZO, 2026

Contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción	13
Diseño de la investigación.....	20
Planteamiento del problema	20
Descripción.....	32
Pregunta de investigación.....	38
Hipótesis.....	38
Objetivos	39
Objetivo general	39
Objetivos específicos.....	39
Justificación.....	40
1. Marco teórico conceptual: vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática.....	44
1.1 Efectos de cambio climático y la variabilidad climática en el desarrollo urbano.....	45
1.2 Riesgos socio naturales: conceptualización y elementos	47
1.3 Urbanización e inundaciones	50
1.3.1 Inundaciones urbanas	50
1.3.2 Inundaciones urbanas costeras.....	52
1.4 Vulnerabilidad a inundaciones costeras	55
1.5 Resiliencia urbana ante inundaciones	58
1.5.1 Conceptualización de resiliencia urbana	58
1.5.2 Enfoques de resiliencia urbana	61
1.5.3 Las dimensiones de la resiliencia	63
1.5.4 Resiliencia ante inundaciones urbanas: estrategias e indicadores	66
1.5.5 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza.....	70
1.6 Conclusiones del capítulo.....	75
2. Marco referencial: abordajes económicos, temáticos, metodológicos y desde los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones	77
2.1 Experiencias en países con ingresos diferenciales	79
2.2 Temáticas asociadas con la resiliencia ante inundaciones.....	106
2.3 Abordajes metodológicos	109
2.4 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza urbana.....	113

2.5 Enfoques de resiliencia.....	118
2.6 Variables e indicadores de la revisión de literatura	119
2.7 Discusión del marco referencial.....	123
2.8 Conclusiones del capítulo.....	131
3. Metodología de la investigación	134
3.1 Variables de la investigación.....	135
3.2 Marco de análisis de la vulnerabilidad, gobernanza urbana y resiliencia por inundaciones en las ciudades costeras.....	137
3.2.1 Análisis de la vulnerabilidad por inundaciones	137
3.2.2 Índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones.....	142
3.2.3 Gobernanza urbana ante inundaciones en ciudades costeras.....	145
3.3.3 Análisis de la resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones.....	158
3.3.4 Propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones	159
3.3 Formulación de un modelo de la resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática	164
4. Resultados: dimensiones de la vulnerabilidad por inundaciones	170
4.1 Cozumel, México.....	170
4.1.1 Territorial	172
4.1.2 Ambiental.....	174
4.1.3 Social	180
4.1.3 Político.....	180
4.1.5 Económico	183
4.1.6 Infraestructura.....	184
4.2 St. George, Granada.....	186
4.2.1 Territorial	188
4.2.2 Ambiental.....	190
4.2.3 Social	196
4.2.4 Político.....	197
4.2.5 Económico	200
4.2.6 Infraestructura.....	200
5. Índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones.....	205
5.1 Cozumel, México	212
5.2 St. George, Granada.....	216

6. Análisis de la gobernanza urbana frente a inundaciones	221
6.1 Cozumel, México	221
6.1.1 Definición de los actores	221
6.1.2 Perspectivas de los actores sociales respecto a la gobernanza e inundaciones urbanas	261
6.1.3 Matriz de actores y red de gobernanza urbana	265
6.2 St. George, Granada	269
6.2.1 Definición de los actores	269
6.2.2 Perspectivas de los actores sociales respecto a la gobernanza e inundaciones urbanas	287
6.2.3 Matriz de actores y red de gobernanza urbana	289
7. Análisis de la resiliencia en ciudades costeras frente a inundaciones	294
7.1 Cozumel, México	294
7.1.1 Interés general de las instituciones	294
7.1.2 Participación comunitaria	298
7.1.3 El liderazgo en la sociedad red	302
7.1.4 La articulación de políticas ante inundaciones en Cozumel	305
7.1.5 La gestión en la sociedad red.....	316
7.2 St. George, Granada	320
7.2.1 Interés general de las instituciones (funcionarios públicos).....	320
7.2.2 Participación comunitaria	325
7.2.3 El liderazgo en la sociedad red	328
7.2.4 La articulación de políticas ante inundaciones	330
7.2.5 La gestión en la sociedad red.....	339
7.3 Comparación de los elementos estructurales de la resiliencia frente a inundaciones	342
8. Propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones..	348
8.1 Cozumel	349
8.1.1 Prevención	349
8.1.2 Resistencia	352
8.1.3 Adaptación	354
8.1.4 Transformación	356
8.1.5 Restauración y recuperación	359
8.1.6 Reconstrucción.....	360
8.2 St. George.....	360

8.2.1 Prevención	360
8.2.2 Resistencia	364
8.2.3 Adaptación	366
8.2.4 Transformación	370
8.2.5 Restauración y recuperación	375
8.2.6 Reconstrucción	377
9. Modelo de resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática	381
Fase 1. Caracterización y diagnóstico de la vulnerabilidad y riesgo de inundaciones.....	382
- Dimensiones de la vulnerabilidad	382
- Red de gobernanza urbana	389
- Índice de vulnerabilidad social	391
Fase 2. Plan de desarrollo estratégico	392
- Determinación de escenarios	392
- Formulación de visión estratégica	393
- Enfoques estratégicos de resiliencia	394
- Líneas de acción.....	400
Fase 3. Operacionalización del modelo.....	407
Programación de proyectos	407
Priorización de proyectos.....	409
Perfiles de proyectos específicos	412
Presentación y validación de resultados	412
Instrumentos de planeación	413
Instrumento regulatorio.....	415
Instrumentos financieros.....	418
Instrumentos económicos.....	419
Instrumentos de sostenibilidad.....	420
Instrumentos de comportamiento.....	422
Fase 4. Implementación y evaluación	422
Implementación de medidas de reducción del riesgo de inundaciones	422
Monitoreo y evaluación	427
Transparencia y rendición de cuentas	430
Toma de decisiones colaborativa y flexible en emergencias ante emergencias	431

10. Discusión general: resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada ante inundaciones asociadas al cambio climático	433
Vulnerabilidad ante inundaciones	435
La gobernanza urbana	437
Uso del suelo	437
Liderazgo en la Sociedad Red	438
Leyes de responsabilizados y sancionados de funcionarios públicos.....	439
Resiliencia ante inundaciones	442
Participación comunitaria	442
El interés general de las instituciones.....	443
La articulación de políticas.....	444
Relación entre los actores	445
Conocimiento de funcionarios públicos de su función ante inundaciones	445
Modelo de resiliencia ante inundaciones	447
Conclusiones	450
Referencias.....	460
Anexos	507
Instrumentos de investigación	507
Guía de entrevista dirigida a funcionarios públicos	507
Guía de entrevista dirigida a universidades y centros de investigación	511
Guía de entrevista dirigida a organizaciones sociales	513
Guía de entrevista dirigida al sector empresarial.....	515
H12 Guía del plan de participación.....	517
Indicadores de la resiliencia	522
Producción científica.....	526
Capítulo de libro aceptado	526
Artículo científico enviado a revistas indizada.....	527
Estancia de investigación.....	529
Evaluación de artículo científico	530
Ponencias en eventos académicos	531
Actividades de retribución social	538

Lista de Figuras

Ilustración 1 Esquema del planteamiento	20
Ilustración 2 Mapa mundial de ciudades con más de 100.000 habitantes	21
Ilustración 3 urbanización mundial de 1950, 2018 y las proyecciones de 2050.....	22
Ilustración 4 Desastres por tipo de evento (1980-2019)	24
Ilustración 5 Nivel del mar extremo histórico y puntos calientes globales	25
Ilustración 6 Precipitación promedio en profundidad.....	27
Ilustración 7 Cuenca de formación de ciclones tropicales.....	27
Ilustración 8 Población expuesta a inundaciones.....	28
Ilustración 9 Costos anuales mundialmente (promedio de 1970-2018) de daños por desastres, promedio por región (incluidos solo países en desarrollo), en porcentaje del PIB.....	29
Ilustración 10 Años de desastres relacionados con el clima más severos 1970-2018	31
Ilustración 11 Ubicación de Cozumel, Quintana Roo México	34
Ilustración 12 Ubicación de St. George, Granada.....	36
Ilustración 13 Cómo el cambio climático afecta el riesgo de inundaciones	46
Ilustración 14 Elementos del riesgo.....	48
Ilustración 15. Factores determinantes de las inundaciones urbanas.....	51
Ilustración 16. Causas de las inundaciones costeras urbanas	53
Ilustración 17 Clasificación la vulnerabilidad de las inundaciones	56
Ilustración 18 Evolución de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	57
Ilustración 19 Tres categorías de resiliencia	60
Ilustración 20 Principales enfoques de resiliencia ante las inundaciones.....	62
Ilustración 21 Intervenciones de resiliencia urbana a las inundaciones	64
Ilustración 22 Las dimensiones de la resiliencia: modelo del sistema urbano	65
Ilustración 23 Estudios de Resiliencia Urbana a Inundaciones (UFR).....	66
Ilustración 24 Los indicadores para la evaluación de la resiliencia urbana a las inundaciones ...	68
Ilustración 25 indicadores que se deben utilizar para evaluar la resiliencia urbana a las inundaciones.. ..	70
Ilustración 26 Elementos estructurales de la resiliencia para gobernanza urbana de ciudades costeras	72
Ilustración 27 Gobernanza urbana de inundaciones	74
Ilustración 28 Las causas de las inundaciones en ciudades costeras	75
Ilustración 29 Esquema de Marco Referencial	79
Ilustración 30 Temas más frecuentemente mencionadas	108
Ilustración 31 Suma de los métodos más utilizados en la investigación	113
Ilustración 32 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza	117
Ilustración 33 Enfoques de la resiliencia de las ciudades costeras	119
Ilustración 34 Aportaciones de economías más desarrolladas	125
Ilustración 35 Aportaciones de economías menos desarrolladas	126
Ilustración 36 Resiliencia ante inundaciones para consolidar la gobernanza urbana	131
Ilustración 37 Matriz de Actores Clave	155
Ilustración 38 Colores para identificar los recursos por sector.....	156
Ilustración 39. Esquema de la localización de los actores en los diagramas de redes de gobernanza urbana	157
Ilustración 40 Propuestas de medidas de la resiliencia ante inundaciones	160

Ilustración 41 Formulación de modelo de resiliencia ante inundaciones	165
Ilustración 42 Marco de análisis de la vulnerabilidad, gobernanza urbana y resiliencia por inundaciones en las ciudades costeras	169
Ilustración 43 Inundación en vialidades de Cozumel	171
Ilustración 44 Huracanes Quintana Roo, México 1852-2000.....	171
Ilustración 45 El Uso de Suelo de Cozumel	172
Ilustración 46 Crecimiento urbano de Cozumel	173
Ilustración 47 Precipitación en Cozumel	174
Ilustración 48 Mapa pendiente de la isla de Cozumel	175
Ilustración 49 Península de Yucatán, sureste de México.	176
Ilustración 50 Número de tormentas tropicales que caen en México por estados, período 1951-2000.	177
Ilustración 51 Mapa de Cozumel con diferentes niveles de calentamiento global	178
Ilustración 52 Riesgos de Inundación	179
Ilustración 53 Crecimiento urbano de la localidad y municipal de Cozumel desde 1970 hasta 2020	180
Ilustración 54 Planes de Cozumel afectando inundación	181
Ilustración 55 Instituciones en Cozumel que afectan la resiliencia ante las inundaciones	182
Ilustración 56 Instituciones en México que atienden inundaciones.....	183
Ilustración 57 Mapa que muestra la red de carreteras en Cozumel	185
Ilustración 58 Protección ante inundación en Cozumel.....	188
Ilustración 59 Inundación en St. George's 18 de noviembre de 2024	187
Ilustración 60 Eventos relacionados con el agua en Granada 1885-2014	188
Ilustración 61 Plano de los ataques franceses de St. George's 1779	189
Ilustración 62 Uso de Suelo de St. George's.....	190
Ilustración 63 Precipitación en St. George's.....	191
Ilustración 64 Elevación de Granada	192
Ilustración 65 Mapa de tipo de suelo de Granada.....	193
Ilustración 66 Inundación costera Morne Rouge, St. George, Grenada	194
Ilustración 67 Mapa de St. George's con diferentes niveles de calentamiento global.....	195
Ilustración 68 Escorrentía excesiva que causa inundaciones en St. George's	195
Ilustración 69 Mapa de inundaciones repentinas a lo largo del río St. Johns en St. George's....	196
Ilustración 70 Crecimiento urbano de la ciudad de St. George que es San George y el resto de la parroquia	197
Ilustración 71 Planes de Granada afectando inundación	198
Ilustración 72 Instituciones en Granada que afectan la resiliencia ante las inundaciones.....	198
Ilustración 73 Instituciones en Granada que atienden inundaciones	199
Ilustración 74 Rutas de combis en Granada.....	201
Ilustración 75 La evolución de la Esplanade, St. George's.....	202
Ilustración 76 Estructuras ante las inundaciones en St. George's.....	203
Ilustración 77 Varianza total explicada para Cozumel.....	208
Ilustración 78 Varianza total explicada para St. George's	209
Ilustración 79 Valor del componente Cozumel	210
Ilustración 80 Valor del componente St. George	211
Ilustración 81 Índice de vulnerabilidad ante inundaciones San Miguel de Cozumel	213

Ilustración 82 Índice de vulnerabilidad St. George's.....	217
Ilustración 83 Trabajo de Campo Cozumel	264
Ilustración 84 Mapa de relaciones entre actores clave en San Miguel de Cozumel	268
Ilustración 85 Trabajo de Campo St. George.....	289
Ilustración 86 Mapa de relaciones entre actores clave en St. George Granada	292
Ilustración 87 Pérdida de cobertura arbórea en Cozumel, Quintana Roo, México.....	294
Ilustración 88 Agentes involucrados en la prevención, preparación, respuesta y recuperación de zonas afectadas por fenómenos naturales	304
Ilustración 89 Pérdida de cobertura arbórea en St. George, Granada.	321
Ilustración 90 Agentes involucrados en gestión de desastres	329
Ilustración 91 Propuestas de medidas de la resiliencia ante inundaciones	348
Ilustración 92 Viviendas endebles y posible ruta de evacuación de Cozumel.....	358
Ilustración 93 Posible ruta de evacuación e infraestructura básica que requiere atención en St George's	373
Ilustración 94 Organigrama simplificado que podría adoptar Granada.....	375
Ilustración 95 Modelo de resiliencia ante inundaciones	381
Ilustración 96 Dimensiones de la vulnerabilidad ante inundaciones	388
Ilustración 97 Actores de la gobernanza urbana ante inundaciones en ciudades costeras.....	390
Ilustración 98	406
Ilustración 99 Propuesta para la priorización de la planeación estratégica de proyectos	410
Ilustración 100 Instrumentos requeridos para resiliencia urbana costera ante inundaciones.	415
Ilustración 101 Protección contra inundaciones mediante buenas prácticas recomendadas en los códigos de construcción.....	Error! Bookmark not defined.
Ilustración 102 Controles graduales de planificación del uso del suelo para reducir el riesgo de inundaciones	418
Ilustración 103. la relación entre ecología, sostenibilidad y diseño	421

Lista de tablas

Tabla 1 Los temas más mencionados entre casos revisados	108
Tabla 2 Los métodos más frecuentemente mencionados.....	111
Tabla 3 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza y los enfoques de resiliencia del marco referencial a nivel internacional	114
Tabla 4 Dimensiones de la vulnerabilidad ante inundaciones	120
Tabla 5 Relación de dimensiones e indicadores para el análisis de la vulnerabilidad a inundaciones en ciudades costeras.....	137
Tabla 6 Matriz de dimensiones vinculadas con la vulnerabilidad por inundaciones en ciudades costeras.....	139
Tabla 7 Matriz de análisis del índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones	143
Tabla 8 Actores en Cozumel y St. George	148
Tabla 9 Matriz de análisis de la gobernanza urbana de inundaciones en ciudades costeras.....	151
Tabla 10 Sector de los actores para Cozumel y St. George's respectivamente.....	154
Tabla 11 Relaciones entre los diferentes actores:	155

Tabla 12 Matriz de referencia para la formulación de propuestas para fortalecer la resiliencia ante inundaciones	160
Tabla 13 Estado económico de México	184
Tabla 14 Estado económico de Granada	200
Tabla 15 Resumen del contenido del índice de vulnerabilidad social	206
Tabla 16. Identificación de actores clave de las inundaciones en Cozumel	222
Tabla 17 Relación entre actores Cozumel	266
Tabla 18 Tabla de sectores y actores Cozumel	267
Tabla 19 Identificación de actores clave de las inundaciones en St. George	270
Tabla 20 Relación entre actores St. George	289
Tabla 21 Interacciones de los actores St. George	291
Tabla 22 Instrumentos legales para las inundaciones en Cozumel	308
Tabla 23 Principales eventos en Cozumel	311
Tabla 24 Guía de infraestructura verde Cozumel	313
Tabla 25 Marco jurídico señalado en el documento	315
Tabla 26 Recursos asignados de Fonden	317
Tabla 27 Instrumentos legales para las inundaciones en St. George	331
Tabla 28 Detalles de la póliza y pagos por el huracán Beryl	341
Tabla 29 Comparación de los elementos estructurales de la resiliencia en los casos de estudio	343
Tabla 30 Resumen de propuestas de resiliencia en Cozumel y St. George	378
Tabla 33 Resumen del paso de Programación de proyectos	408
Tabla 31. La priorización de los proyectos	410
Tabla 32. Conjunto de planes tácticos por inundaciones en ciudades costeras	411
Tabla 34 Implementación de medidas de reducción del riesgo de inundaciones	423
Tabla 35 Posibles Indicadores clave de desempeño (KPI) para monitoreo	428
Tabla 36 Resumen de la discusión general	433

Resumen

Los desastres hidrológicos y meteorológicos asociados a la variación climática, se encuentran entre los peligros más frecuentes nivel global, siendo las inundaciones una de las amenazas más significativas, pues afectan todo lo que encuentran físicamente a su paso, generando profundas problemáticas económicas, sociales, culturales y ambientales, más allá de las zonas inmediatas de impacto. En particular, las ciudades costeras de los países en desarrollo, especialmente aquellas ubicadas en regiones tropicales y ecuatoriales, están expuestas significativamente a los riesgos de inundación. Las soluciones que se han planteado, pasan por alto sus complejas realidades sociopolíticas, territoriales e institucionales, dejando a muchas de estas ciudades subrepresentadas y poco preparadas. Esta investigación tuvo como objetivo general, analizar la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada, con la finalidad de formular un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana de ciudades costeras, basado en la coordinación de los actores sociales y la capacidad institucional. Como metodología, se construyó un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) utilizando indicadores sociales, económicos, espaciales y demográficos; la gobernanza urbana se abordó a partir de la intervención de diversos actores, como funcionarios públicos, organizaciones de la sociedad civil, el ámbito académico y las empresas locales; además para el análisis de la resiliencia, se retomaron los elementos estructurales: interés general de las instituciones, participación comunitaria, liderazgo en la sociedad red, articulación de políticas y gestión en sociedad red. Los resultados indican que ambas ciudades presentan una coordinación institucional fragmentada y duplicación de responsabilidades, lo que puede generar respuestas tardías ante un evento. No obstante, las acciones comunitarias demuestran un potencial significativo, para fortalecer la resiliencia urbana costera frente a inundaciones y consolidar la gobernanza urbana. Finalmente se propone un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana, adaptable en el contexto de ciudades costeras tropicales, que puede contribuir a la toma de decisiones colaborativa y flexible, e impulsar la solución de problemáticas ante inundaciones asociadas a la variación climática.

Palabras clave: variación climática, inundaciones, vulnerabilidad, gobernanza urbana, resiliencia, ciudad costera, urbanización

A flood resilience model for coastal cities facing climate variability: a comparative Analysis of Cozumel, Mexico, and St. George, Grenada

Abstract

Hydrological and meteorological disasters associated with climate variability are among the most frequent global hazards, with floods standing out as one of the most significant threats. They affect everything physically in their path, generating deep economic, social, cultural, and environmental problems that extend beyond the immediate areas of impact. In particular, coastal cities in developing countries, especially those located in tropical and equatorial regions are highly exposed to flood risks. The solutions that have been proposed often overlook their complex socio-political, territorial, and institutional realities, regions, many of these cities underrepresented and poorly prepared. The general objective of this research was to analyse vulnerability, governance, and resilience to floods associated with climate variability in the cities of Cozumel, Mexico, and St. George's, Grenada, with the aim of formulating a resilience model for urban governance in coastal cities. This model is based on the coordination of social actors and institutional capacity. Methodologically, a Social Vulnerability Index (SoVI) was constructed using social, economic, spatial, and demographic indicators. Urban governance was examined through the participation of various actors, including public officials, civil society organisations, academia, and local businesses. For resilience analysis, the study incorporated structural elements such as institutional commitment to the common good, community participation, leadership within the networked society, policy articulation, and network-based management. The results indicate that both cities experience fragmented institutional coordination and overlapping responsibilities, which can lead to delayed responses to flood events. However, community actions demonstrate significant potential to strengthen coastal urban resilience and consolidate urban governance. Finally, the study proposes a resilience model for urban governance that is adaptable to the context of tropical coastal cities. This model can contribute to collaborative and flexible decision-making and support effective solutions to problems of floods associated with climate variability.

Keywords: climate variability, floods, vulnerability, urban governance, resilience, coastal city, urbanisation

Introducción

Las inundaciones son parte de procesos naturales, resultados de fuertes lluvias, marejadas y elevación de los niveles freáticos, que afectan a las ciudades por su ubicación, características físicas y una planificación insuficiente. Si bien las ciudades siempre han sido vulnerables a los efectos de las inundaciones, la variabilidad climática ha intensificado su impacto con el incremento en su intensidad y frecuencia. En particular, las ciudades costeras dependientes del turismo se ven mayormente afectadas, debido a su ubicación y la vulnerabilidad de esta actividad frente a las inundaciones.

A nivel internacional en las últimas décadas del siglo XX, se presenta el auge y protagonismo de la agenda mundial de los temas ambientales, incluyendo el cambio climático, la variabilidad climática y sus efectos, en el marco de las actividades operativas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). De esta forma, en 1992 se convocó a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y para 1997 se firmó el Protocolo de Kioto de la CMNUCC, que comenzó a evidenciar los impactos de las inundaciones (Jackson 2007). De esta forma, dicha temática ha sido un fenómeno estudiado desde las últimas décadas del XX, relacionando diversos tópicos como el cambio y la variabilidad climática, la resiliencia o la vulnerabilidad, donde se establece que las ciudades costeras, deberían centrarse en la resiliencia como parte de un proceso de adaptación a las inundaciones.

Es claro que las inundaciones están relacionadas con el clima que incide en las precipitaciones pluviales, fluviales y costeras, pero es importante distinguir entre clima, variabilidad climática y cambio climático. Stone (2014) define el clima como las condiciones de “promedio del tiempo”, o más rigurosamente, la clasificación estadística de variables superficiales como la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y el viento, que abarca desde un período de varios meses hasta miles de años. La Organización Meteorológica Mundial (2025) establece las referencias de los valores normales climatológicos estándar, calculadas en intervalos de 30 años.

En contraste, la variabilidad climática se define según Stone (2014), como variaciones en el estado medio y otras propiedades estadísticas del clima, como las desviaciones estándar y la ocurrencia de eventos extremos en diversos periodos de tiempo y escalas espaciales, más allá de los eventos meteorológicos aislados. Stone (2014) menciona además que el término se utiliza para

describir las diferencias entre las estadísticas climáticas de un período específico (por ejemplo, un mes, una estación o un año) y las estadísticas a largo plazo correspondientes al mismo período del calendario. En este contexto, estas diferencias en la variabilidad climática se miden mediante dichas desviaciones, que comúnmente se denominan anomalías.

En cuanto al cambio climático, la CMNUCC (1992) refiere que se relaciona directa o indirectamente a las actividades humanas, las cuales modifican la composición de la atmósfera global. Stone (2014) considera el cambio climático como una alteración en el clima que puede detectarse mediante análisis estadístico, por cambios en sus propiedades. Tales cambios persisten durante un período prolongado, típicamente de décadas o más (Stone, 2014). Además, el cambio en el clima puede atribuirse a dinámicas internas naturales o influencias externas, o a cambios antropogénicos persistentes en la composición atmosférica o en el uso del suelo. La FAO (2007) coincide en que se atribuye tanto a irregularidades naturales como a actividades humanas. Las fluctuaciones en los parámetros climáticos generalmente se asocian a procesos naturales; sin embargo, las alteraciones observadas desde la era preindustrial en el clima de la Tierra se consideran actualmente impulsadas por actividades humanas (FAO, 2007).

Esta investigación se centra en la variabilidad climática más que en el cambio climático, ya que la variabilidad climática opera en escalas temporales más cortas (mes, estación, año), mientras que el cambio climático involucra periodos prolongados de décadas o más. La variabilidad climática se ajusta al marco temporal de los patrones de inundación observados en los casos de estudio: Cozumel y St. George; proporcionando el marco contextual para el análisis dentro de los contextos urbanos. Asimismo, la variabilidad climática captura mejor las fluctuaciones climáticas regionales en frecuencia e intensidad identificadas en el Caribe. Además, los datos meteorológicos municipales y nacionales, están diseñados para medir la variabilidad climática y no el cambio climático.

En particular, sobre la relación entre inundaciones y variabilidad climática, se han desarrollado trabajos previos, como Hamlet y Lettenmaier (2007) que examinaron las implicaciones del aumento en la variabilidad de las precipitaciones en la región occidental de los Estados Unidos, desde mediados de la década de 1970. Para ello, utilizaron datos de temperatura para representar parte del siglo XX, aplicando el modelo hidrológico de Capacidad de Infiltración Variable (VIC) que permitió evaluar el riesgo de inundaciones. Sus resultados demostraron que los

cambios de temperatura espacialmente homogéneos en el área de estudio, de aproximadamente +1 °C por siglo, han influido sustancialmente en los riesgos de inundación en la región.

Hejazi *et al.* (2009) emplearon el Sistema de Modelado Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS), utilizando datos horarios de lluvia-escorrentía, en pequeñas cuencas urbanizadas en el área metropolitana de Chicago, para analizar dos grandes eventos de inundación regional ocurridos en 1954 y 1996. Realizaron un análisis de sensibilidad para evaluar los efectos de la variabilidad climática en el aumento de las inundaciones. Como resultado, identificaron que la urbanización, contribuyó a un aumento del 34% en los caudales máximos en comparación con la variabilidad climática, argumentando que una mayor urbanización, puede incrementar los picos de inundación.

Nobre *et al.* (2017), reconocieron que la variabilidad climática constituye un factor significativo en los cambios temporales y espaciales de las variables hidrometeorológicas en Europa. Investigaron la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y el patrón del Atlántico Este (EA) bajo fases neutrales, negativas y positivas, para comprender su relación con la ocurrencia y generación de daños por inundaciones y precipitaciones extremas. Estos autores, refieren que la ocurrencia y los daños por inundaciones, están fuertemente vinculados con la variabilidad climática, particularmente en las partes sur y este de Europa, por lo que deben considerarse los índices de variabilidad climática, al analizar los efectos de las inundaciones en todo el continente europeo.

Kundzewicz *et al.* (2019), identificaron la relación de diversos factores de variabilidad climática con inundaciones a diferentes escalas, desde ubicaciones globales hasta locales. Para ello, examinaron índices de variabilidad climática como la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO), El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), derivados de estudios reportados en la literatura científica, que fueron recopilados y luego clasificados según las regiones, los modos de variabilidad climática y las variables relacionadas con las inundaciones como precipitación, caudal fluvial y pérdidas por inundaciones (Kundzewicz *et al.*, 2019).

Respecto a la resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones, Ha-Mim *et al.* (2024) emplearon el marco *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) para identificar los indicadores y componentes centrales de la resiliencia; la

implementación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para asignar valores ponderados a cada indicador y componente; y la aplicación de un método de indexación para cuantificar el nivel de resiliencia de cada comunidad.

Nimako-Boateng *et al.* (2024), estudiaron la ciudad costera de Keta, que enfrenta importantes desafíos relacionados con inundaciones, erosión costera y aumento del nivel del mar. Además, exploraron estrategias de planificación urbana y diseño arquitectónico resiliente para mitigar estos riesgos, analizando las políticas públicas, la infraestructura actual y modelos de diseño arquitectónico sostenible.

Por su parte, Almheiri *et al.* (2024), realizaron una revisión sistemática de la literatura, para identificar los riesgos asociados al cambio climático, que afectan negativamente la resiliencia de las ciudades costeras, de los países del Consejo de Cooperación del Golfo (GCC). Para ello, exploraron las estrategias de resiliencia urbana, que han sido adoptadas para mitigar y adaptarse a estos riesgos, con el objetivo de fortalecer la resiliencia climática en la región (Almheiri *et al.* 2024). De igual manera Sipahi *et al.* (2025), examinaron las tendencias de investigación en la literatura reciente sobre ciudades costeras resilientes, identificando vacíos de conocimiento y futuras líneas de investigación en este campo. Del mismo modo, Monckeberg y Gómez (2025) realizaron una revisión documental sobre infraestructura azul y verde, participación comunitaria y dinámicas de gobernanza, reconociendo la importancia de la participación ciudadana y el conocimiento local, así como enfoques de justicia climática y perspectivas interdisciplinarias, para el abordaje de las complejidades ambientales actuales.

Sin embargo, a pesar de estas valiosas contribuciones, muchas de las soluciones planteadas para la gestión de inundaciones en ciudades costeras, han sido formuladas con enfoques técnicos y eurocéntricos, pasando por alto las complejas realidades sociopolíticas, territoriales e institucionales de los contextos de los países en vías de desarrollo, especialmente aquellas ciudades ubicadas en regiones tropicales y ecuatoriales, que están subrepresentadas y poco preparadas.

Tal es el caso de San Miguel de Cozumel, México y St. George, Granada, que son dos ciudades costeras caribeñas que dependen de la actividad turística, aunque también la pesca constituye un sector activo de sus economías. Miller (2022) coincide en que el turismo y la pesca artesanal son los sectores económicos más esenciales en las áreas costeras de todo el mundo. El desarrollo del turismo costero esta basado en la atracción innata de las costas, especialmente en

los trópicos, que requiere grandes extensiones de territorio para la construcción de infraestructura y equipamiento para la oferta de servicios, aunque Babinger (2012), reconoce que esta actividad es altamente vulnerable a las inundaciones.

Cozumel enfrenta constantes inundaciones pluviales y costeras, debido a su topografía relativamente plana y baja elevación, que junto con la expansión urbana y algunos desarrollos no planificados, han propiciado el aumento de la impermeabilización, lo que limita la infiltración y favorece la acumulación de agua superficial. El relleno de humedales costeros y la deforestación de zonas naturales de retención, también ha incidido en las inundaciones urbanas. La coordinación institucional para la gobernanza urbana frente a inundaciones en Cozumel, sigue siendo fragmentada, la infraestructura y el mantenimiento del drenaje son insuficientes, y se presenta una limitada participación de los actores locales en la toma de decisiones sobre las inundaciones.

De manera similar, St. George enfrenta inundaciones pluviales, fluviales y costeras. La ciudad se localiza en una combinación de terrenos escarpados hacia el interior y costas bajas que aceleran las escorrentías. La vulnerabilidad urbana ante inundaciones, podría atribuirse al crecimiento urbano no planificado, a la insuficiente infraestructura de drenaje, así como a la débil capacidad institucional enmarcada por las fragmentadas estructuras de gobernanza urbana, una colaboración insuficiente entre los diversos actores sociales, y a una reducida participación social que pueda trascender el conocimiento intergeneracional.

Frente a esta compleja realidad, la investigación tuvo como objetivo general, analizar la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada, con la finalidad de formular un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana de ciudades costeras, basado en la coordinación de los actores sociales y la capacidad institucional.

El documento está estructurado en diversos apartados. Inicialmente presenta el diseño de la investigación, incluyendo el planteamiento del problema, pregunta e hipótesis, los objetivos del estudio y la justificación. Esta sección establece la base y guía para el desarrollo de la investigación. El primer apartado corresponde al marco teórico conceptual, que recupera diversos planteamientos teóricos sobre cambio climático y variabilidad climática, la sociedad del riesgo, vulnerabilidad, urbanización, riesgo de inundaciones y la resiliencia como respuesta a las inundaciones.

El segundo apartado es el marco de referencia de la investigación, que describe el abordaje de la resiliencia ante inundaciones en diversos contextos espaciales, temáticos y metodológicos. Así, se presentan diversas experiencias en países con ingresos diferenciales, temáticas asociadas con la resiliencia ante inundaciones, abordajes metodológicos, los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza urbana y los enfoques de resiliencia aplicada. Además se identifican distintas variables e indicadores empleados en dichos aportes. En síntesis, esta sección analiza los niveles de ingreso y los dominios temáticos, destacando las disparidades en la capacidad institucional, el rigor metodológico y las estrategias de adaptación para lograr la resiliencia.

El tercer apartado corresponde a la metodología de la investigación, la cual se integra con cinco fases principales. La primera implica el análisis multidimensional de la vulnerabilidad. La segunda se centra en la construcción del índice de vulnerabilidad ante inundaciones aplicando el software SPSS y el método de Dalenius Hodges, basado en 20 indicadores y la generación de un mapa índice de vulnerabilidad utilizando herramientas SIG. La tercera fase se enfoca en el análisis de la gobernanza urbana, incluyendo la definición de actores, la recopilación de información y el mapeo de actores sociales.

En la cuarta fase se proponen estrategias de resiliencia adaptadas a cada estudio de caso, basadas en las aportaciones de Diez *et al.* (2022), respecto a los siete enfoques de resiliencia que fueron planteados en el Marco de Sendai de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015) y la Nueva Agenda Urbana de ONU-Hábitat (2016). Finalmente la quinta fase, desarrolla el modelo de resiliencia para ciudades costeras frente a inundaciones asociadas a la variabilidad climática.

En el cuarto apartado se presentan los resultados de la investigación, a partir de la descripción de las dimensiones de la vulnerabilidad por inundaciones, que fueron consideradas para el abordaje de cada estudio de caso, siguiendo el análisis de las dimensiones territorial, ambiental, social, política, económica e infraestructural. En el quinto apartado se presentan los resultados de la construcción del índice de vulnerabilidad social (IVS) de Cozumel y St. George, a partir de los indicadores seleccionados.

Posteriormente en el sexto apartado, se presenta el análisis de la gobernanza urbana frente a inundaciones, para lo cual se definen los actores, se construye una matriz de actores y red de gobernanza urbana, señalando los recursos y las relaciones entre actores. Además, para el séptimo

apartado se desarrollan los elementos estructurales de la resiliencia urbana ante inundaciones, considerando el interés general de las instituciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad red, la articulación de políticas ante inundaciones y la gestión en la sociedad red.

El octavo apartado corresponde a las propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones basadas en los diferentes enfoques de resiliencia: prevención, resistencia, adaptación, transformación, restauración, recuperación y reconstrucción. El noveno apartado es el modelo de resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática, el cual puede ser replicado para hacer frente a otros tipos de amenazas como deslizamientos, huracanes, sequías, islas de calor urbano e incluso la gestión de residuos sólidos. Es modelo se divide en cuatro fases: caracterización y diagnóstico de la vulnerabilidad y riesgo de inundaciones, el plan de desarrollo estratégico, la operacionalización del modelo e implementación y evaluación.

La discusión general se sitúa en el décimo apartado, y permite contrastar los resultados de la investigación con estudios e investigaciones previas, en tanto que, en la conclusión, se destacan los hallazgos más relevantes y se establece la agenda futura de investigación. Finalmente se presentan los anexos, que integran instrumentos de investigación incluyendo las guías de entrevista dirigidas a funcionarios públicos, académicos e investigadores de universidades y centros de investigación, organizaciones de la sociedad civil y el sector empresarial. Además, se incluye la Guía H12 del plan de participación, diseñada para incorporar la participación comunitaria, los indicadores de resiliencia y las producciones científicas.

Diseño de la investigación

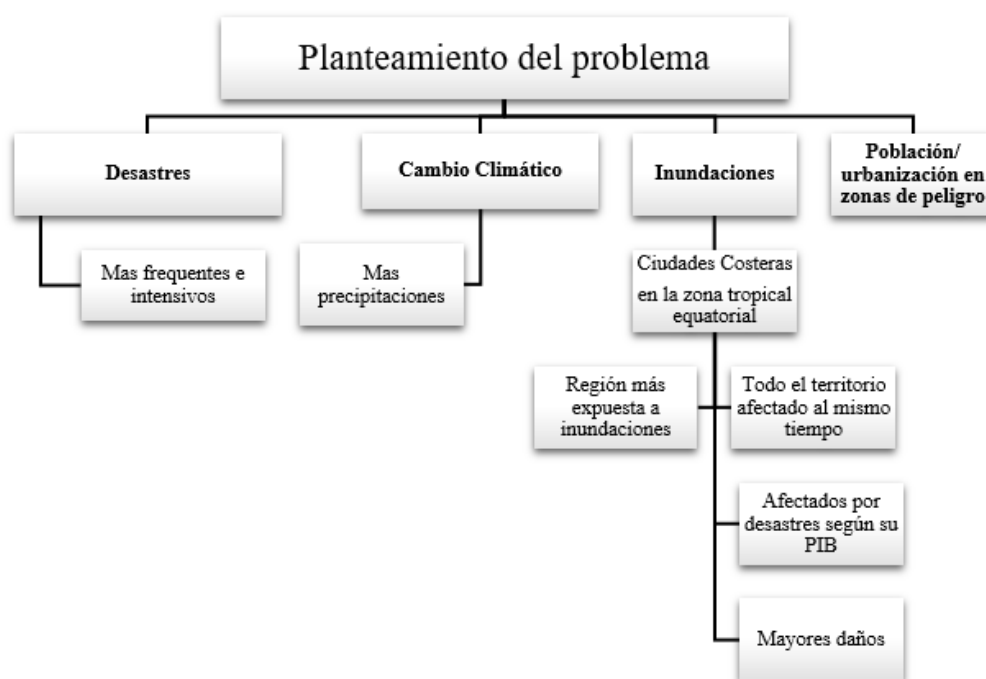


Ilustración 1 Esquema del planteamiento
Fuente: Elaboración propia

Planteamiento del problema

Las ciudades costeras son áreas urbanas que están ubicadas en la frontera o transición entre la tierra, el mar y/o los grandes lagos interiores, en las que no existen límites naturales exactos, pero están delimitadas por áreas litorales y tienen acceso a través de puertos y/o ríos principales al mar y lagos más grandes (FAO, 1998). La evaluación de los Ecosistemas del Milenio midió que las ciudades costeras se encontraban a menos de 100 km de la costa (Agardy *et al.*, 2005). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (OAA, 1998) indicó que muchas ciudades principales del mundo son costeras, y un gran porcentaje de las actividades económicas se concentran aquí, en particular en los centros urbanos, en estas ciudades convergen actividades como el transporte marítimo desde los principales puertos y las principales instalaciones industriales. “Actualmente, 2.150 millones de personas viven en la zona costera cercana y 898 millones en la zona costera de baja elevación a nivel mundial, estas cifras podrían

aumentar a 2.900 millones y 1.200 millones, respectivamente, dependiendo del escenario socioeconómico considerado” (Reimann *et al.* 2023).

El número de personas que viven en ciudades en la zona costera ha aumentado. Muchos países, especialmente en el hemisferio oriental, han tenido aumentos en los habitantes. La metrópoli de Shanghái en 2000, 2010 y 2020 fue de 16 470 734, 23 019 196 y 24 870 895 respectivamente, mientras que Mumbai en 1991, 2001 y 2011 tenía una población de 12 596 243, 16 434 386 y 18 394 912 (Población de la ciudad, 2023). Aproximadamente 600 millones de seres humanos viven en zonas costeras de baja elevación, lo cual es a menos de 10 metros sobre el nivel del mar (UNFCC, 2020) que generan anualmente entre US\$3 y 6 billones de riqueza mundial (ONU, 2017). La Ilustración 2 se presenta un mapa de ciudades costeras.

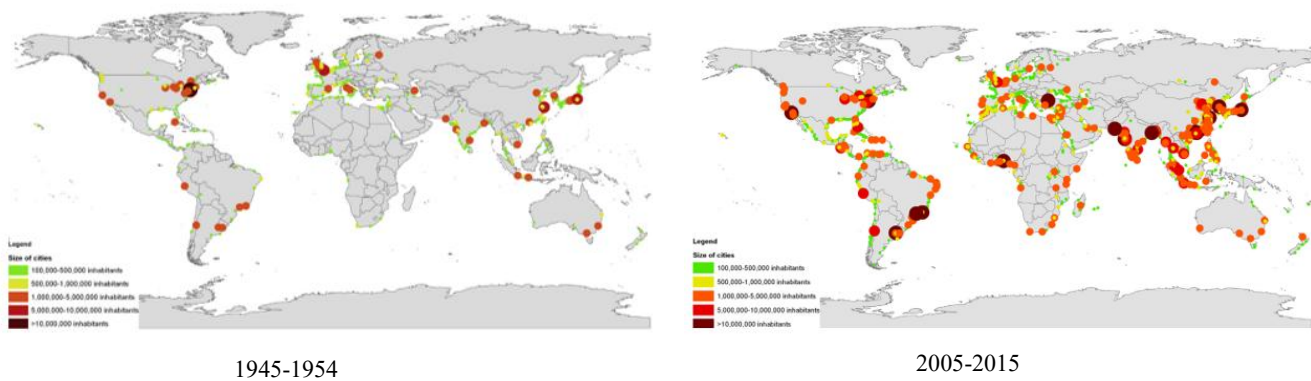


Ilustración 2 Mapa mundial de ciudades con más de 100.000 habitantes en el período. Ciudades clasificadas por tamaño: 100.000-500.000 habitantes, 500.000-1.000.000 habitantes, 1.000.000-5.000.000 habitantes, 5.000.000-10.000.000 habitantes y >10.000.000 habitantes

Fuente:(Kirezci *et al.* 2020)

La Ilustración 2 muestra un mapa mundial de ciudades con más de 100,000 habitantes entre 2005 y 2015. Se puede deducir del mapa que antes de 1954 solo Estados Unidos tenía una población de más de diez millones de habitantes, todas las otras áreas urbanas con esta cifra emergieron después de la década de 50's principalmente en el hemisferio norte en regiones como América del Norte, Europa y Asia con la excepción de tres en América del sur y uno en África. En comparación con 1945-54, ha habido un mayor crecimiento de los habitantes urbanos en solo 5 décadas, además, se representan como ciudades costeras. UN Ocean Atlas (2023) menciona que el

top 10 de las ciudades más grandes son ocho ciudades costeras como Tokio, Mumbai, Nueva York, Shanghái, Lagos, Los Ángeles, Calcuta y Buenos Aires. Ha habido un cambio histórico en la población de las zonas rurales a las urbanas (UN Ocean Atlas, 2023). En un siglo, la población casi se triplicó, alcanzando aproximadamente los 6 mil millones (UN Ocean Atlas, 2023).

Hay evidencia de que la urbanización está aumentando mundialmente, UNDESA (2018) menciona que, a nivel mundial, la cantidad de personas que viven en áreas urbanas ha ido en aumento con el 55% de la población mundial viviendo en ciudades en 2018, en 1950 era 30% pero para 2050 será 68%. Existe una diversidad sustancial en la urbanización por diferentes regiones geográficas a continuación describe la evolución y la proyección UNDESA (2018). La ilustración 3 muestra tendencias y proyecciones de urbanización mundial.

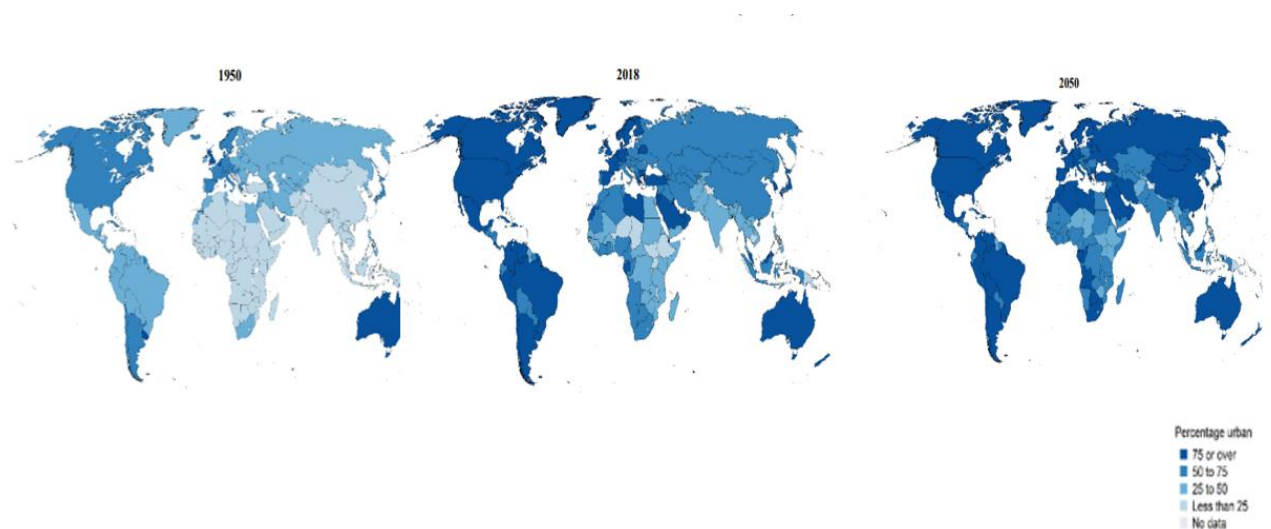
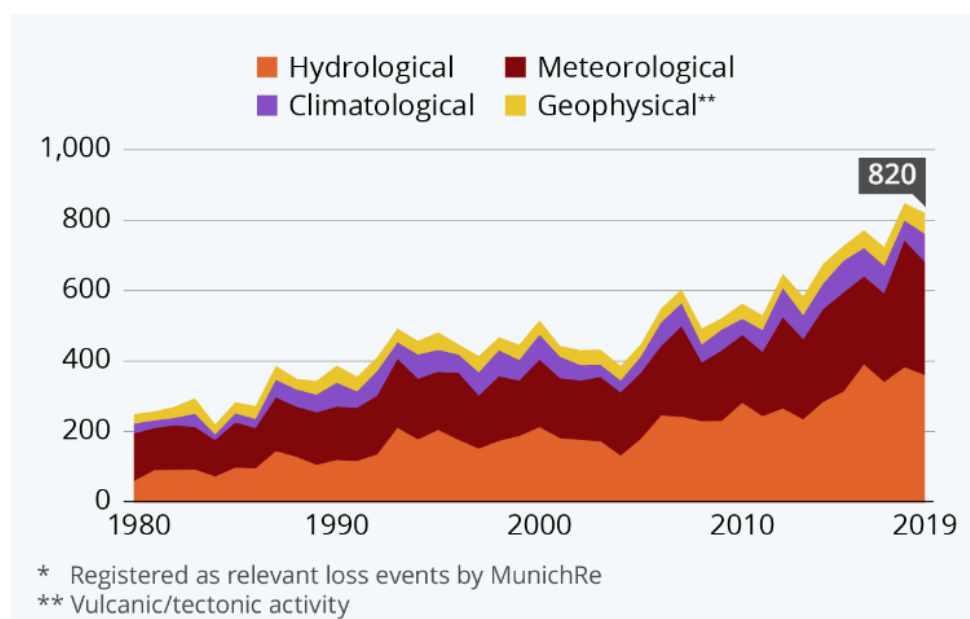


Ilustración 3 urbanización mundial de 1950, 2018 y las proyecciones de 2050
Fuente UNDESA (2018)

La Ilustración 3 muestra los aumentos globales en las áreas urbanas. Entre 1950 y 2018 hubo un aumento general de las áreas urbanas, especialmente en países con ciudades que tienen poblaciones superiores al 75% de las áreas urbanas. Esto ocurrió principalmente en América y Europa y, en menor medida, en África. Sin embargo, se espera que para 2050 los países con poblaciones urbanas superiores al 75% aumenten, especialmente en Europa y Asia.

Los desastres se asocian a cambios demográficos de áreas rurales a urbanas, pues más gente vive en ciudades y la mayoría de estas ciudades son costeras. Simultáneamente está aumentando

los desastres y por lo tanto las inundaciones en las áreas urbanas en la orilla del mar, pero la urbanización sigue aumentando en esas áreas. Respecto a nivel mundial, entre 1991 y 2000 hubo 211 millones de personas afectadas por desastres, sin embargo, no todos los países se vieron afectados de la misma manera. Aproximadamente solo el 10% de las muertes ocurrieron en países desarrollados, mientras que el 90% de las personas afectadas se encontraban en países en desarrollo (Balk *et al.*, 2009; McGranahan *et al.*, 2007). La Ilustración 4 se presenta los *desastres naturales*¹ por tipo y año.



¹ Los desastres naturales no existen. Los desastres son siempre el resultado de las acciones y las decisiones humanas. El uso de la palabra “natural” para describir los desastres puede dar la impresión de que estos son inevitables y que las acciones humanas pueden hacer muy poco para prevenir o mitigar sus impactos. Debemos asociar el desastre con lo cotidiano: vulnerabilidad, pobreza, marginalización. Los desastres no son algo fortuito que cae del cielo. Hay muchas palabras que usamos comúnmente y que transmiten la misma noción que ‘desastres naturales’, como utilizar sismos, inundaciones y tormentas como ejemplos de desastres, cuando estos son solamente eventos que contribuyen a daños y pérdidas. Se ha enlazado desastre con eventos. Más que ser un tema semántico, el cambio de concepto forma parte de una comprensión más profunda de los desastres y los fenómenos naturales; es también un paso hacia adelante en el desarrollo de la buena gobernanza del riesgo. Decir que los desastres son naturales aboga por restar responsabilidad a la gobernanza, que suministra justamente los mecanismos para incidir en las variables de exposición, vulnerabilidad y capacidad. En asegurar que los desastres son naturales exime de responsabilidad a los espacios de poder y se culpa, en su lugar, a la naturaleza o a voluntades divinas. Adoptado por Burón, L. (2020) UNDRR El poder de las palabras: los desastres no son [https://www.undrr.org/es/news/el-poder-de-las-palabras-los-desastres-no son- naturales](https://www.undrr.org/es/news/el-poder-de-las-palabras-los-desastres-no-son-naturales)

Ilustración 4 Desastres por tipo de evento (1980-2019)
Fuente: Buchholz (2020)

La ilustración anterior muestra que el número total de desastres registrados en 2019 fue aproximadamente tres veces mayor que en 1980. Esta tendencia refleja la creciente influencia del cambio climático en la frecuencia e intensidad de los peligros naturales, así como el papel de la intervención humana en los sistemas naturales como factor de amplificación de las pérdidas (Buchholz, 2020). Los desastres hidrológicos y meteorológicos son las categorías más prevalentes, representando conjuntamente alrededor del 73% de todos los eventos registrados en 2019. La escala y velocidad del proceso de urbanización en la costa genera cambios en el uso del suelo nunca vistos. Cuando se exponen a inundaciones de la misma magnitud, las ciudades desarrolladas pueden enfrentar mayores riesgos de inundaciones que las ciudades costeras en países emergentes. Los países en desarrollo representan el 98% de los 211 millones de personas afectadas por desastres entre 1991 y 2000. Las ciudades costeras de las naciones con economías que no son desarrolladas, pueden tener una recuperación más difícil y extensa debido a sus características (Akubia 2021, Singh *et al.* 2020, Balk *et al.*, 2009; McGranahan *et al.*, 2007 Jevrejavál *et al.* 2018, Kirezci *et al.* 2020).

El Banco Mundial (2019) menciona que el aumento del nivel del mar amenaza las áreas bajas alrededor de la costa del mundo con un aumento de las inundaciones costeras durante las tormentas. Sin embargo, significativamente menos de la mitad de la costa mundial está protegida con un costo total de defensa estimado en US\$ 18,3 billones. El Banco Mundial (2019). Kirezci & Young (2020) mencionaron que numerosas naciones en desarrollo experimentarían una pérdida de más del 5 % de su Producto Interno Bruto (PIB) anualmente debido a la ausencia de medidas de adaptación de defensa costera para reducir los impactos de las inundaciones costeras. Las naciones desarrolladas, por el contrario, solo experimentarían menos del 3% de su PIB nacional debido a su capacidad para emprender medidas de adaptación para la defensa costera, Kirezci & Young (2020).

Un estudio realizado por la Universidad de Melbourne y la Universidad de East Anglia encontró que las inundaciones costeras aumentarán en un 52% a lo largo de este siglo, como consecuencia, la economía global se verá amenazada, poniendo en riesgo activos por valor del 20% del PIB mundial, agrega esto a las preocupaciones sobre cómo la crisis climática afectará el bienestar social y financiero del planeta (earth.org 2020).

La Ilustración abajo demuestra el aumento del nivel del mar con el extremo histórico y las proyecciones de futuros puntos críticos de inundaciones globales, lo que significa que la región no se encuentra en una posición crítica en lo que respecta al aumento del nivel del mar, de hecho, no ha habido indicios de que el Caribe esté en riesgo de sufrir extremos futuros del evento.

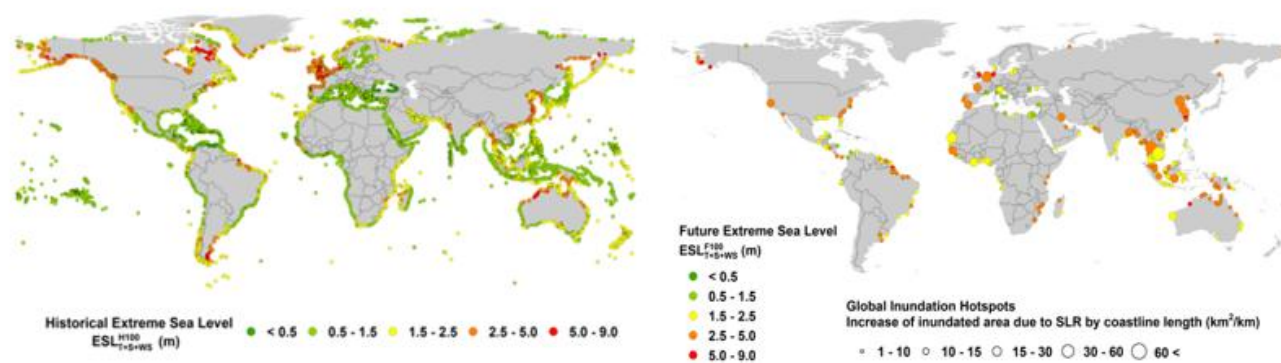


Ilustración 5 Nivel del mar extremo histórico y puntos calientes globales
Fuente: (Kirezci *et al.* 2020).

El histórico aumento del nivel del mar muestra que la región ecuatorial y tropical se encuentra entre las menos afectadas a nivel mundial, con un rango entre menos de 0,5 y 1,5. Los países desarrollados están en rojo porque tienen mayor población, más infraestructura y centros económicos más grandes que están expuestos (Nicholls *et al.* 2007). Sin embargo, es importante mencionar que exposición no siempre significa vulnerabilidad. En primer lugar, los países desarrollados son capaces de implementar medidas defensivas debido a su economía y tecnología e instituciones desarrolladas. En segundo lugar, la mayoría de los países desarrollados están ubicados en continentes y significa que no están completamente rodeado de agua o una gran porción de su superficie no está afectado al mismo tiempo debido a su tamaño y ubicación continental. En este mapa de riesgo global, muchas islas del Caribe suelen quedar excluidas de la proyección debido a problemas de resolución o proyección. Esta falta de representación contribuye a la invisibilidad de los datos, a pesar de que, en realidad, estas islas soportan desproporcionadamente el mayor impacto de las amenazas naturales.

Jevrejeva *et al.* (2018) evaluaron los costos de los daños causados por las inundaciones debido al aumento de 1,5 °C y 2 °C del nivel del mar con el calentamiento. Los resultados incluyen:

“Las ciudades grandes en todos los grupos de ingresos tienden a estar bien protegidas porque los niveles significativos de infraestructura y activos tienden a estar (aunque no exclusivamente) ubicados allí... Los países de bajos ingresos pueden experimentar un mayor costo de inundación como porcentaje del PIB en comparación con los grupos de ingresos más altos debido a sus medios limitados para implementar medidas de adaptación. A pesar de esto, existe un gran potencial para la adaptación costera en todos los grupos de ingresos” (Jevrejeva *et al.*, 2018, p. 8)

Estas naciones insulares de baja altitud en los trópicos, son particularmente vulnerables a las inundaciones provocadas por las tormentas. Bajo el supuesto de que no se requiere una adaptación adicional, los mayores costos anuales de inundaciones para 2100, como proporción del PIB para todos los escenarios, se proyectan para los países de ingresos medianos altos. Una gran proporción de este costo se atribuye a China, ya que tiene una costa larga, una gran población costera y un PIB en rápido crecimiento (Jevrejeva *et al.*, 2018).

Las precipitaciones es una de las principales causas de las inundaciones, Arnfield (2023) menciona que normalmente el clima ecuatorial es húmedo con abundantes precipitaciones que oscilan entre (150 y 1000 cm [59 y 394 pulgadas]), también tiene muy poca variación de temperatura anual con una densa nubosidad y alta humedad, el clima húmedo Las regiones se encuentran aproximadamente a 12° de latitud del ecuador. El sistema Köppen-Geiger-Pohl abrevia esta región AF. La ilustración 6 se presenta la zona de más precipitación mundialmente.

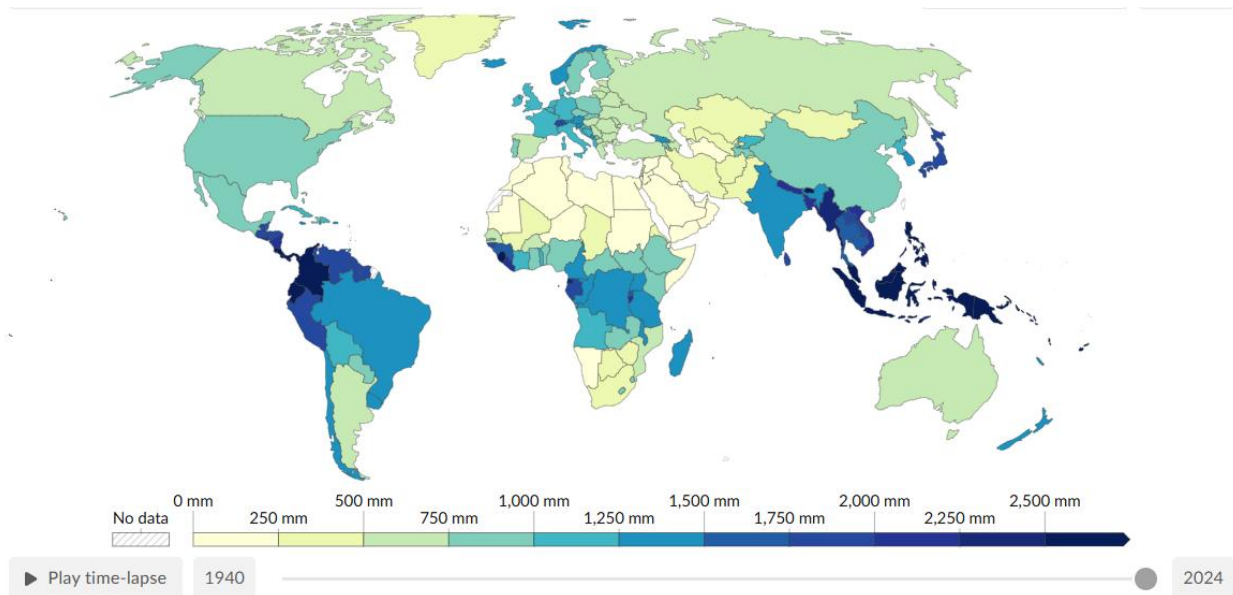


Ilustración 6 Precipitación promedio en profundidad

Fuente: Ritchie *et al.* (2024)

La ilustración 6 muestra muchas de las economías en desarrollo y las zonas tropicales del Caribe, África y Asia donde experimentan más precipitaciones que cualquier otro lugar del mundo (Banco Mundial, 2019) además, hay más precipitaciones en esta región, por lo que las ciudades en desarrollo son más vulnerables a los efectos del aumento del nivel del mar y el cambio climático. La temporada de lluvias, seca y de huracanes agravan las inundaciones en un contexto global explican “Irónicamente, las inundaciones son comunes en áreas que son propensas a la sequía. Cuando el suelo está demasiado seco, no puede absorber la lluvia lo suficientemente rápido, por lo que el agua corre sobre la tierra, inundando el área circundante” (UNWFP, 2021). Existe un vínculo claro entre las inundaciones pluviales y fluviales y las precipitaciones.

La zona tropical ecuatorial está ubicada en las zonas de huracanes, tifones y ciclones, la ilustración siguiente muestra la zona de huracanes mundiales.

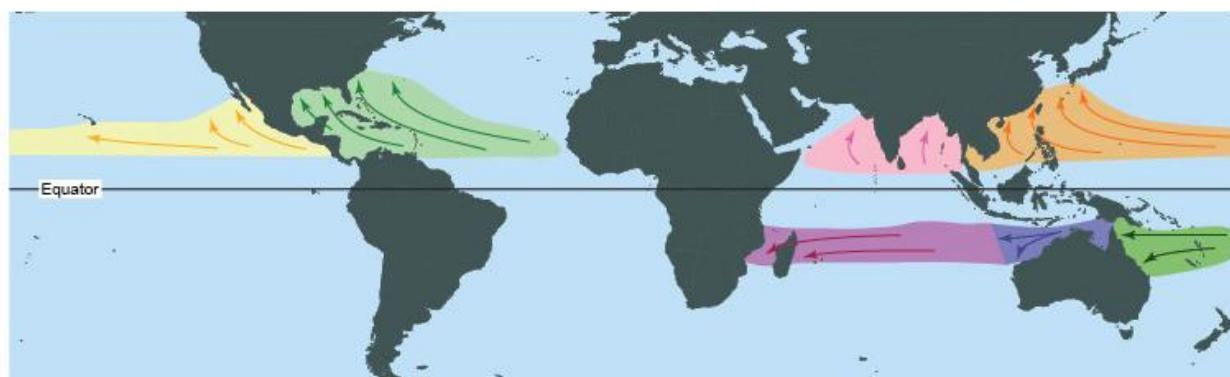


Ilustración 7 Cuenca de formación de ciclones tropicales

Fuente: Ellis y Grondin (2023)

La literatura actual sobre el aumento del nivel del mar globalmente y la vulnerabilidad a las inundaciones en ciudades costeras, no toman en cuenta que los estados en las zonas tropicales y ecuatoriales del Caribe, África y Asia, experimentan temporadas de los huracanes, tifones y ciclones que llevan consigo efectos devastadores en las economías de la región, muchas llevan lluvias y aunque el evento no afecta directamente a un estado en particular, eso no los exime de experimentar aumentos significativos en las precipitaciones que, en última instancia, provocan inundaciones tierra adentro y marejadas ciclónicas. Un aumento en las temperaturas globales

puede aumentar las precipitaciones extremas asociadas con los huracanes que conducen al aumento del nivel del mar (Li *et al.*, 2023). Las marejadas ciclónicas están directamente influenciadas por los huracanes, de hecho, los huracanes tienen mayores magnitudes de marejadas ciclónicas en áreas agrupadas en comparación con áreas generalizadas con extensiones más bajas (Camelo *et al.*, 2020).

La región más expuesta a inundaciones está en la zona ecuatorial tropical, sin embargo, Nicholls *et al.* (2007) mencionan que los países más expuesta a inundaciones costales en 2070, están India, Bangladesh, China, Vietnam, Tailandia, Myanmar, Estados Unidos, Egipto, Nigeria, Cote D' Ivoire, Japón e Indonesia no obstante la zona ecuatorial tropical es la región más expuesta a inundaciones mundialmente. La Ilustración 8 demuestra la zona de población mundial más expuesta a inundación.

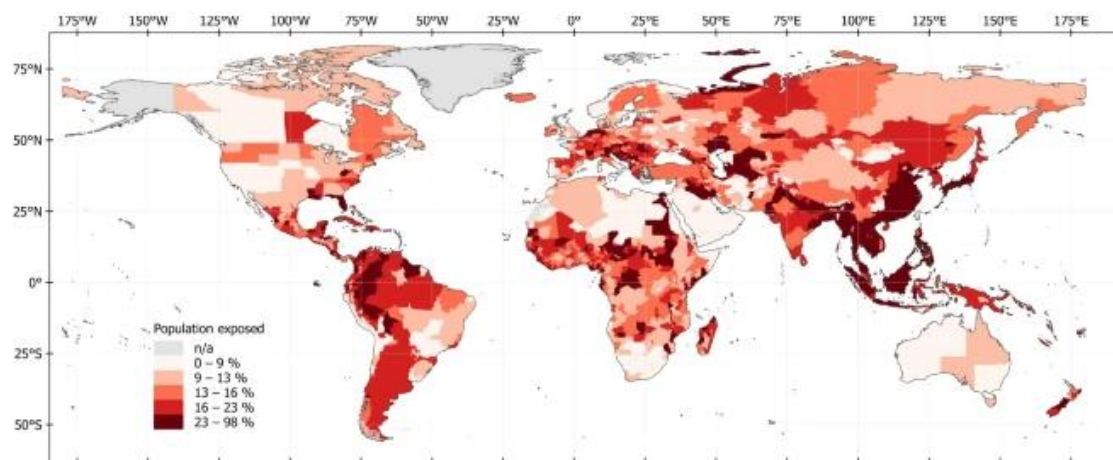


Ilustración 8 Población expuesta a inundaciones
Fuente: Rentschler *et al.*, (2022b)

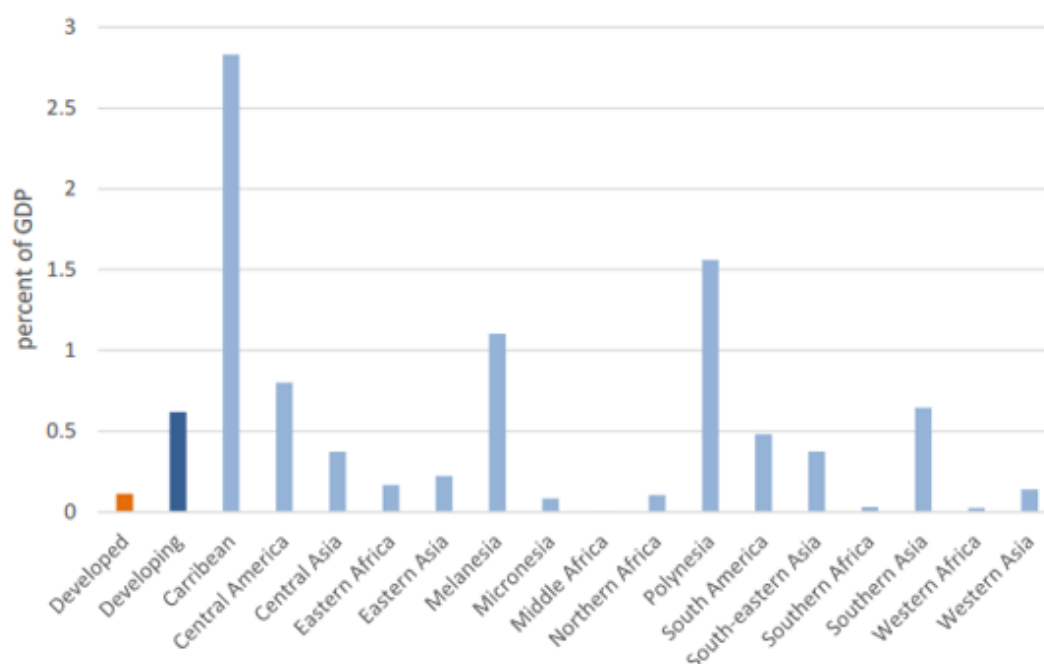
La ilustración 8 muestra un mapa global de las áreas afectadas por las inundaciones. Sin embargo, se puede deducir que un país puede tener una tasa de exposición entre 23-98% pero no todas las áreas dentro de ese país se ven afectadas de la misma manera, diferentes ciudades pueden verse afectadas en menor o mayor escala que otras, utilizando el Caribe como un ejemplo típico en comparación con el resto del mundo. Al observar el mapa, las regiones tropicales y ecuatoriales tienen predominantemente algunas de las exposiciones más altas a inundaciones a nivel mundial.

En muchos territorios pequeños cuando hay una inundación, todo el territorio está afectado al mismo tiempo. Cuando se trata de desastres, los Estados en desarrollo de tamaño pequeño son

desproporcionadamente vulnerables, y una mayor frecuencia de desastres, que se ajusta por superficie terrestre (FMI, 2016). El área tropical y ecuatorial es la parte del mundo en la que los países e islas tienen superficies más pequeñas en todo el mundo, por lo tanto, puede ser menor, pero la proporción de daño es mucho mayor en esta región. Los países más pequeños por su tamaño son propensos a la destrucción masiva ya que los desastres presentan un riesgo sistémico, ya que la mayor parte de su territorio podría verse afectada al mismo tiempo (Slany, 2020). Al ser un estado más pequeño, significa que los desastres tienen la propensión a afectar a todo el país al mismo tiempo, cuando se trata de países más grandes, especialmente aquellos que están en continentes y sin salida al mar, este no es el caso. Por lo tanto, cuanto más pequeño es el país, mayor es la propensión al daño, cuanto más grande es el país, es la inversa.

La habilidad de responder a las inundaciones depende de la afectación de su PIB. En el caso de los países en la zona tropical ecuatorial a veces la preocupación es la evitar la pobreza y no las inundaciones. Ilustración 9 se presenta los costos anuales de daños por desastres y el promedio por región el % del PIB.

Ilustración 9 Costos anuales mundialmente (promedio de 1970-2018) de daños por desastres, promedio por región (incluidos solo países en desarrollo), en porcentaje del PIB



Fuente: Slany (2020)

La Ilustración 9 muestra de acuerdo con su PIB, a nivel mundial entre países en desarrollo, el Caribe experimentó el mayor daño (Slany, 2020) en relación con cualquier otra región. Sin embargo, la literatura actual a menudo omite abordar el Caribe en su totalidad en relación a desastres. Ni siquiera están representados en muchos mapas globales. Los países desarrollados vieron afectado aproximadamente el 0.2% de su PIB, mientras que aproximadamente el 0.6 % de los países en desarrollo se vieron afectados. La ilustración siguiente representa los años de desastres relacionados con el clima y las personas afectadas.

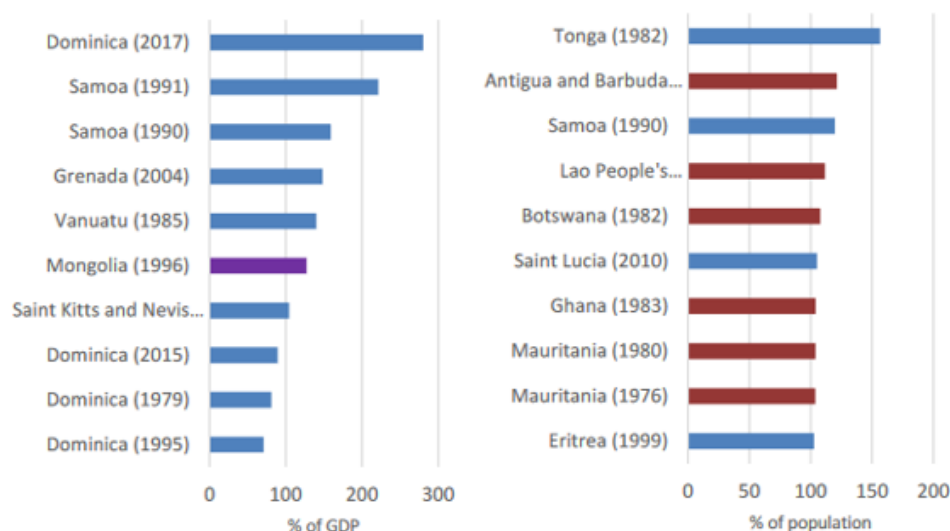


Ilustración 10 Años de desastres relacionados con el clima más severos, por daños (en % del PIB (izquierda) personas afectadas (en % de la población) (derecha), Global, 1970-2018

Fuente: Slany (2020)

Los peores desastres medidos por daños en relación con el PIB han ocurrido casi exclusivamente en los PEID (excepto Mongolia) y son principalmente tormentas. De hecho, 60% de los estados más afectados por su PIB de estos eventos ocurren en las islas del Caribe. Estas economías se basan en gran medida en el turismo y dependen de la pesca. Miller (2022) está de acuerdo en que, en las zonas costeras, la pesca artesanal y el turismo son los sectores económicos más esenciales alrededor del mundo. Además, muchos de los residentes viven a lo largo de la costa y están en primera línea de devastación debido a su fragilidad. El desarrollo del turismo costero se atribuye en parte a la atracción innata de las costas, especialmente en los trópicos y las regiones rurales (Miller, 2022).

En la región tropical y ecuatorial, existen eventos que las hacen más vulnerables a las inundaciones. Los países en esta zona, incluyendo el Caribe, no están en mayor riesgo debido al aumento extremo del nivel del mar según Kirezci *et al.* (2020). Esto significa que históricamente el aumento del nivel del mar ha sido menor de 1.5, y en las zonas de mayor incremento proyectado a futuro no hay representación en el Caribe. No obstante, las lluvias y los huracanes pueden aumentar su vulnerabilidad, junto con las composiciones socioeconómicas e institucionales que

tienden a empeorar la situación. A nivel mundial, la precipitación más alta en esta región ecuatorial tropical (ver ilustración 6), además, por su pequeño tamaño y población, la realidad de su vulnerabilidad no se refleja en este en las proyecciones de Kirezci *et al.* (2020).

En resumen, ubicación de la isla de Cozumel, México y St. George Granada junto con sus condiciones climáticas, nivel de precipitación, la ubicación de la población en zonas de peligro de inundaciones, son factores que impulsan las inundaciones no solamente en las zonas del estudio sino en el Caribe. En esencia, la exposición del Caribe provoca más vulnerabilidades y menos resiliencia.

Descripción

Cozumel y Granada están afectadas por inundaciones, ambas islas se encuentran en el cinturón de huracanes, traen más lo que conlleva a un mayor número de precipitaciones y provocan inundaciones. En ambos casos, la industria del turismo constituye su principal fuente de ingresos, pero es altamente vulnerable a shocks externos, incluyendo inundaciones (Babinger, 2012).

La región ecuatorial tropical se clasificó según su clima, esto incluye temperaturas cálidas y áreas húmedas con bosques tropicales. El clima es húmedo principalmente durante todo el año debido a su ubicación en la Zona de Convergencia Intertropical ITCZ y en las regiones monzónicas (Arnfield 2023). La condición climática en esta zona, está bien desarrollada con precipitaciones durante los meses de mayo a octubre teniendo el doble de precipitación máxima (Obiero y Onyando, 2013). La temperatura es mayor de 18°C o 64°F sin distinción entre verano e invierno (Henry, 2005), esta temperatura es uniforme anualmente con noches más frescas y bajas velocidades de viento (Flores, 2014).

Respecto a los casos de estudio de la investigación, se estima que cada 2,45 años Cozumel es rozado o azotado por un huracán y el promedio de años entre azotes directos de huracanes en Cozumel es de 6,33 años. En Granada, el período de retorno es el tiempo promedio estimado entre inundaciones. Con base en datos históricos obtenido de NaDMA (2018) durante un período prolongado de tiempo para determinar, se calculó un análisis de riesgo.

$$\begin{aligned} \text{Intervalo de recurrencia } & \frac{89+1}{33} \\ \text{Intervalo de recurrencia} & = 2,727 \end{aligned}$$

El período de retorno en promedio es de 2,7 años para inundaciones e inundaciones acompañadas de otras condiciones climáticas durante 89 años desde 1925-2014 en el área de estudio.

En el caso de Cozumel Frausto *et al.* (2016) mencionan que, en la isla de Cozumel, las inundaciones habituales son consecuencia de precipitaciones intensas y drenajes deficientes que son producto del sustrato calizo que contiene baja permeabilidad; de junio a noviembre son los meses de lluvia o durante episodios de fuertes lluvias, se han ocasionado embalses e inundaciones recurrentes.

Además, existen grandes vulnerabilidades en los hogares con extrema pobreza y los huracanes muchas veces provocan inundaciones recurrentes, como fue el caso de los huracanes Emily y Wilma en julio y octubre de 2005 respectivamente (Frausto *et al.*, 2016). Algunas de las medidas implementadas según Frausto *et al.*, (2016) son mencionados en lo siguiente:

“El Atlas de Riesgos de la Isla de Cozumel sigue los lineamientos de la Ley General de Protección Civil; si bien se cumple con los términos de referencia para su elaboración, estos no son suficientes o no son considerados para la planificación de los municipios o ciudades; asimismo, debido a la información de cohorte... se encuentra desactualizado, lo cual no permite una identificación de zonas de riesgo...debido a que el diagnóstico se realiza exclusivamente para las áreas reconocidas en el Plan de Desarrollo Urbano o Municipal, los asentamientos irregulares quedan fuera del sistema de acción de prevención ante riesgos, lo que se identifica como zonas “grises” o “inexistentes”. Las áreas que no fueron integradas al Atlas” (Frausto *et al.*, 2016 p 87)

A pesar de las medidas de inundaciones en el estado de Quintana Roo, se ha reportado que en seis colonias distintas se crean nueve zonas de inundación y el 7.8% de las manzanas de la ciudad de Cozumel se considera de alto riesgo de inundación, con recurrencia anual.(Diario Imagen QROO,2022).

Además, las inundaciones afectan la dinámica económica de Cozumel, incidiendo directamente en el desarrollo de la actividad turística. La OMT (2008) refiere que el turismo tiene una estrecha conexión con el medio ambiente y el clima, por lo tanto, las ciudades costeras que dependen del turismo tendrían un sector económico extremadamente sensible al clima. Para el

turismo, el clima es un recurso fundamental porque determina la idoneidad de los lugares para muchos intereses turísticos; también es un impulsor principal de la demanda turística global estacional con una influencia significativa en los costos de operación (calefacción y refrigeración, riego, alimentos y agua oferta y coste de los seguros). En consecuencia, cualquier cambio en la duración y la calidad de las temporadas turísticas, podría tener implicaciones sustanciales para las relaciones competitivas y la rentabilidad, lo que representa mayor vulnerabilidad social para la isla de Cozumel.

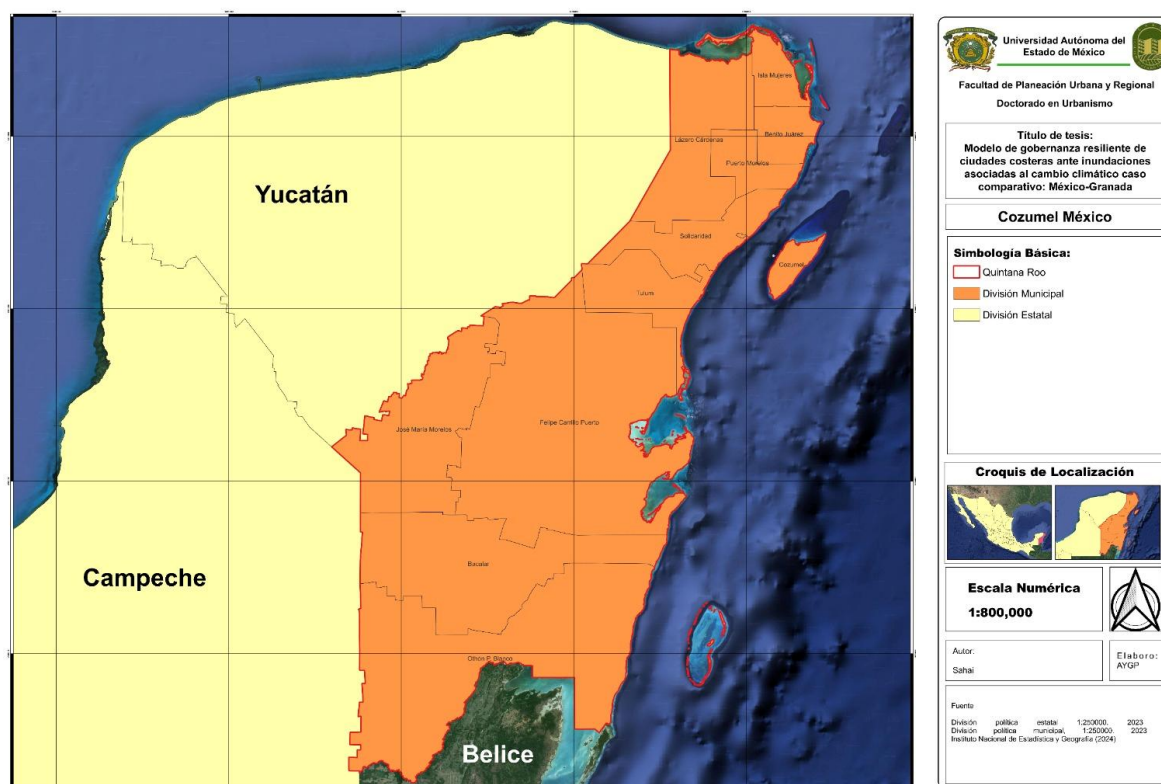


Ilustración 11 Ubicación de Cozumel, Quintana Roo México
Fuente: Abril Yesenia González Piña y Alejandro Carranza Mier y Terán

Para el caso de St. George, se presentan los datos generales de la superficie y población a nivel nacional, debido a falta de datos específicos sobre dicho espacio urbano. Granada es un estado triangular que mide 344 km² (GoG, 2024), con una población de 113.703 habitantes (Oficina Central de Estadística, 2021). La división administrativa en Granada ha sido tradicionalmente parroquias que se centraban en una iglesia que luego creció. Granada se encuentra en el sudeste

del Caribe y sus zonas costeras enfrentan los impactos adversos del cambio y la variabilidad climática, lo que resulta en un aumento del nivel del mar, intensos huracanes y una degradación de los arrecifes. La situación se ve agravada aún más por las actividades antropogénicas, ya que muchas de las comunidades del país se encuentran en zonas bajas y la mayoría del desarrollo de infraestructura concentrado en la costa (Posen *et al.*,2023).

La isla de Granada ha experimentado inundaciones recurrentes en la última década; las más notables fueron eventos que ocurrieron en 2018, 2021 y 2023. La isla fue azotada por huracanes como Janet, Flora, Ivan y Emily en 1955, 1963, 2004 y 2005, respectivamente. En 2011 el huracán Ofelia tuvo efectos dañinos y provocó inundaciones repentinas (Pratomo *et al.*,2016). Cabe señalar también que en 2009 el huracán Lenny, aunque no azotó Granada, provocó marejadas ciclónicas que destruyeron infraestructuras en la costa occidental.

Posen *et al.* (2023) mencionan que existen predicciones sobre la gravedad de la magnitud de las inundaciones y el aumento del nivel del mar, que son potencialmente destructivas para las principales infraestructuras costeras, lo que podría tener importantes resultados sociales y económicos para las comunidades locales. Además, los materiales de construcción de mala calidad se han visto gravemente afectados en las comunidades costeras (Posen *et al.*,2023). Se han implementado medidas para mitigar las inundaciones en Granada, como muros marinos y fluviales, y también se ha implementado un ministerio gubernamental de Resiliencia Ambiental y Climática.

“El Gobierno de Granada está avanzando en la agenda de la economía azul y ha actualizado su Política Nacional de Cambio Climático y su Plan Nacional de Adaptación (PAN); estableció el Área Marina Protegida de Grand Anse; estableció el Instituto de Innovación Azul; firmó un Acuerdo de Asociación entre el Fondo Fiduciario de Desarrollo Sostenible y el Fondo de Biodiversidad del Caribe; promulgó la Ley de Gestión Integrada de las Zonas Costeras (ICZM); y puso a prueba el Fondo para la Sostenibilidad de la Acuicultura y los Océanos del Caribe (COAST), un producto de seguro paramétrico para generar resiliencia en el sector pesquero. El Banco Mundial también está apoyando al Gobierno de Granada en la actualización de su Ley de Gestión de Desastres para centrarse en acciones de gestión de riesgos más integrales, así como en la inclusión de opciones de financiamiento para la gestión de riesgo de desastres que se basan en

la estrategia de financiamiento del riesgo de desastres (DRF en inglés) del país”
(BM, 2022a p 5)

Sin embargo, las inundaciones persisten en Granada a pesar de las medidas; de hecho, el 25% de la población y el 22% de los hogares corren el riesgo de sufrir inundaciones fluviales y pluviales, mientras que los hogares que viven en la pobreza se ven afectados más gravemente durante un evento. En episodios de inundaciones más grandes, estos hogares tienen tres veces más probabilidades de enfrentar inundaciones de mayor profundidad que los hogares que no están empobrecidos (Ervin *et al.*, 2024). Los hogares que viven en la pobreza en áreas propensas a inundaciones tienen el doble de probabilidades de estar expuestos a inundaciones, con una exposición del 26%, que aquellos fuera de la zona de inundación con un 13% (Ervin *et al.*, 2024).

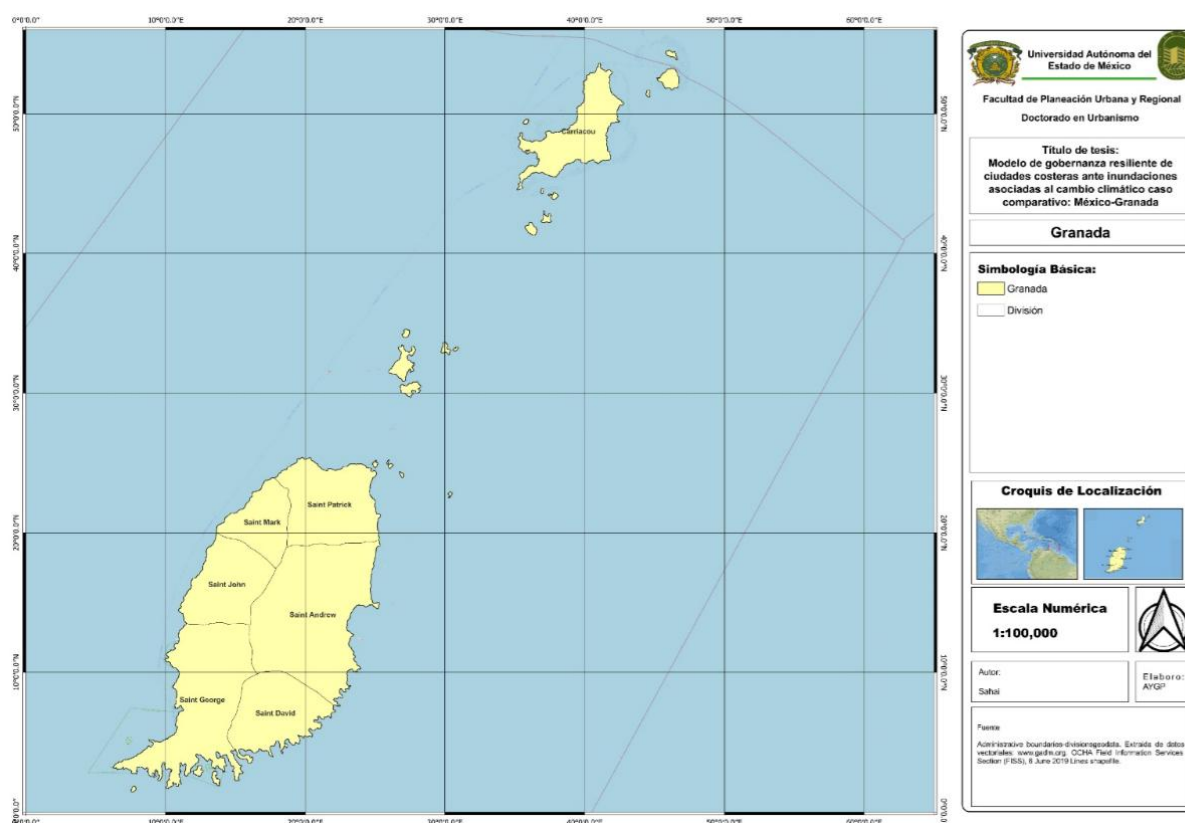


Ilustración 12 Ubicación de St. George, Granada
Fuente: Abril Yesenia González Piña y Alejandro Carranza Mier y Terán

La adaptación de la defensa costera contiene, entre otras, medidas que rodean diques, así como intervenciones naturales para circunscribir dunas de arena y mejoras de drenaje y la plantación de manglares (Kirezci & Young 2020). Nicholls *et al* (2019) menciona que además de la inversión de capital, son necesarios mecanismos institucionales y gubernamentales adecuados para que el mantenimiento y el financiamiento sean efectivos. El uso de modelos indicó que tales medidas juegan un papel fundamental en la reducción del impacto de las inundaciones costeras extremas Nicholls *et al* (2019).

La gestión del riesgo de inundaciones se ocupa principalmente de los daños a los bienes. Este es un método centrado en los aspectos de la gestión de inundaciones que pueden medir directamente frente a los aspectos más cualitativos que pueden ser difíciles de ponderar. Incluyen un sentimiento de seguridad, sentido de comunidad o diversidad e inclusión de las minorías (Disse *et al*, 2020). La resiliencia a las inundaciones se aplica como una adición a la gestión del riesgo de inundaciones, en lugar de desempeñar un papel integral en la política de gestión de inundaciones. (Ashley *et al*. 2010; White *et al*. 2016) La gestión del riesgo de inundaciones tampoco es especialmente adecuada para gestionar la forma en que un área afectada se recupera de un evento.

Las técnicas de detención que son principalmente estructurales son tan efectivas como la exposición máxima estimada. Estos enfoques pueden ser ineficaces en islas pequeñas como los casos de estudio, que tienen múltiples fuentes de inundación muy cerca y asentamientos que están escasamente distribuidos en estructuras separadas de un solo uso.

El Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD), similar a las técnicas de detención, puede no ser aplicable en las ciudades de los países en desarrollo porque la densidad es menor y los habitantes están más separados en áreas que parecen ser más rurales en comparación con las ciudades de los países desarrollados. WSUD también puede ser inalcanzable para las pequeñas economías que no tienen regulaciones de zonificación.

Para la implementación de la ciudad esponja en áreas tropicales, las pautas proponen recolectar y reutilizar alrededor del 60–85 % de la escorrentía urbana anual, enfocándose en tormentas con lluvias moderadas a pequeñas. Sin embargo, se sugiere una tasa de recolección más baja si los costos económicos son demasiado altos o si las instalaciones de esponjas no se pueden fusionar en el entorno urbano (Lacina *et al*. 2020). Los conceptos de la ciudad esponjan pueden

diseñarse para nuevos distritos, o el concepto puede aplicarse para convertir áreas urbanas convencionales caracterizadas por superficies impermeables.

La infraestructura verde y los ecosistemas son extremadamente importantes para la supervivencia humana, su protección y restauración están inseparablemente relacionadas con los peligros. El creciente crecimiento de la población a lo largo de las zonas costeras ha comprometido significativamente los ecosistemas y ha reducido su capacidad de protección contra inundaciones cuando brindan los máximos servicios (Masterson *et al.*, 2014). Además, necesitan grandes extensiones para tener un impacto significativo.

Las soluciones estructurales se utilizan a menudo para combatir las inundaciones, normalmente son soluciones de ingeniería y pueden variar desde presas hasta diques y represas. Existen soluciones a corto plazo para las inundaciones y también pueden incluir programas de restauración de playas. Al mismo tiempo, pueden tener consecuencias perjudiciales para el medio ambiente. Estas soluciones a corto plazo tienden a fomentar el desarrollo en áreas vulnerables (Masterson *et al.*, 2014). Frente a las incertidumbres del cambio y la variabilidad climática, la infraestructura de control de inundaciones no es una táctica de mitigación confiable (Zevenbergen y Gersonius 2007). Por lo tanto, se debe crear un modelo para esta región para comprender mejor la dinámica del Caribe.

Pregunta de investigación

- ¿De qué forma es posible formular un modelo de resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática en ciudades costeras de la zona tropical ecuatorial?

Hipótesis

- Mediante el análisis de la vulnerabilidad por inundaciones, la intervención de diversos actores y la coordinación institucional para la formulación de planes, programas y proyectos, así como los elementos estructurales de la resiliencia para los casos de estudio de Cozumel, México y St. George, Granada, es posible formular un modelo de resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática, adaptado y flexible para las ciudades

costeras de la zona tropical ecuatorial, que les permita el desarrollo de estrategias colaborativas para la mitigación y la adaptación a los problemas territoriales.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada, con la finalidad de formular un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana de ciudades costeras, basado en la coordinación de los actores sociales y la capacidad institucional.

Objetivos específicos

- Relacionar distintos aportes teóricos, conceptuales y metodológicos relacionados con vulnerabilidad, resiliencia y gobernanza urbana, con la finalidad de formular un marco de análisis propio sobre la vulnerabilidad y resiliencia por inundaciones en las ciudades costeras de Cozumel, México y St. George, Granada.
- Analizar la incidencia de las dimensiones territoriales, ambientales, sociales, políticas, económicas y de infraestructura, ante inundaciones asociadas a la variación climática, en estos dos contextos caribeños.
- Valorar el grado de vulnerabilidad a inundaciones en las ciudades de Cozumel y St. George, utilizando indicadores sociales, económicos, espaciales y demográficos, con el fin de determinar su nivel de exposición y susceptibilidad.
- Analizar el estado de la gobernanza urbana frente a inundaciones para los casos de estudio, identificando la coordinación de los actores y la capacidad institucional para la gestión de las inundaciones.
- Analizar de los elementos estructurales de la resiliencia urbana ante inundaciones en ambos contextos, considerando el interés general de las instituciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad red, la articulación de políticas y la gestión en la sociedad red.

- Delinear propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones, basadas en los enfoques de la resiliencia: adaptación, prevención, restauración y recuperación, transformación, resistencia y reconstrucción.
- Formular un modelo de resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática, a partir de la coordinación de los actores y la capacidad institucional en la formulación de planes, programas y proyectos, para la adaptación a los problemas territoriales.

Justificación

La investigación se orienta al análisis de los impactos que generan las inundaciones asociadas a la variación climática en ciudades costeras. Se ha elegido la variabilidad climática como el principal factor condicionante de las inundaciones, debido a la falta de disponibilidad de datos a largo plazo. Por lo tanto, se concentra en las anomalías para denotar desviaciones de las estadísticas climáticas en intervalos de mes, estación o año mostrando como puede fluctuar el promedio de largo plazo.

Respecto a las inundaciones, los datos de la base de datos internacional sobre desastres 2023 indicaron que más del 72% de los desastres en 2023 estuvieron relacionados con inundaciones y condiciones climáticas. Sin embargo, no se pueden prevenir por completo; en general, las inundaciones son considerablemente responsables de la pérdida de vidas y propiedades, incluida la infraestructura, y de una destrucción importante de la economía (Munawar *et al*, 2022).

Las inundaciones también son una fuente importante de destrucción ecológica y antropológica que empeora la salud pública y genera desempleo. La gravedad y la extensión están en una espiral ascendente; sin embargo, puede haber una reducción considerable si se planifica cuidadosamente y se adopta una formación competente (Manzoor *et al.*, 2022). La importancia de la investigación se revela en lo costosas y cada vez más frecuentes las inundaciones, que representan desastres relacionados con el clima, que provocan la pérdida de vidas y daños a la propiedad y la infraestructura crítica (OMS, 2023b; NOAA, 2023a). Las inundaciones afectaron a más de 2 mil millones de personas en todo el mundo durante 1998 y 2017 (OMS, 2023b).

Si bien se ha desarrollado significativas aportaciones sobre el tema desde el estado del arte del Urbanismo, los impactos de las inundaciones siguen incrementando por la variabilidad climática, además que la solución a las inundaciones se sigue abordando con un enfoque eurocéntrico de naturaleza técnica, como se ha visto en Europa, América del Norte, Asia y Australia, y por lo tanto, las ciudades costeras de los países en desarrollo tienden a quedar excluidas. Se requiere una nueva representación para las ciudades costeras de los países en desarrollo ante los efectos de las inundaciones, donde los actores locales, estén interrelacionados entre sí, al tiempo que las regulaciones, la norma jurídica y política del gobierno, confluyan recíprocamente para dar respuesta a los problemas territoriales.

Con relación a los criterios de selección de los lugares de estudio, Cozumel Quintana Roo México y St. George, Granada, las dos son islas ubicadas en el caribe, son ciudades costeras que pertenecen a países en desarrollo, y la mayor parte de su economía está orientada a la prestación de servicios turísticos, que se ve afectada por las inundaciones. Su ubicación en la zona tropical ecuatorial, recibe el mayor número de huracanes y la mayor precipitación del mundo, por lo que presentan un importante número de incidencias de inundación per habitante.

La economía de los lugares de estudio depende del turismo y por lo tanto se requieren lugares amplios para recreación y navegación, con una latente disminución de espacios verdes (bosques, humedales, parques) destinados para la recreación turística, y donde las actividades de ingeniería de la construcción (puertos, edificios, transporte) se orientan principalmente para apoyar el desarrollo de la actividad turística.

Los datos y el modelo de resiliencia para la gobernanza urbana de ciudades costeras que se pretende generar, pueden servir para no solo para el caso de estudio en México y Granada, sino para cualquier otra ciudad costera en desarrollo en la zona ecuatorial y tropical. Los resultados de esta investigación van a tener contribuciones sociales proponiendo más seguridad urbana en cuanto a vida y bienes y en el diseño sostenible en el entorno construido, fomentando la cohesión social y el desarrollo de un mayor número de investigaciones científicas enfocadas a las inundaciones en esta región del mundo.

Esta investigación contribuye al cumplimiento los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, de los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) de México y el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada (PNDS) 2020-2035, mediante el análisis de la

problemática actual y la solución de complejos problemas nacionales asociados a la vivienda y el hábitat sustentable, a través de la creación de espacios de acción social participativa y responsabilidad ambiental en cumplimiento de las agendas internacionales concurrentes en las que participa México y Granada.

En concreto, este trabajo pretende contribuirá especialmente a las metas de ODS número 11, en crear ciudades y asentamientos humanos inclusivos, que sean seguros, resilientes y sostenibles

- *Garantizar el acceso de todas las viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales*
- *Mejorar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y gestión participativa, integrada y sostenible de los asentamientos humanos en todos los países*
- *Reducir significativamente el número de muertes y el número de personas afectadas y disminuir sustancialmente las pérdidas económicas directas en relación con el producto interno bruto mundial por desastres, incluidos los relacionados con el agua, centrándose en la protección de los pobres y las personas en situaciones vulnerables*
- *Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales mediante el fortalecimiento de la planificación del desarrollo nacional y regional ONU (2025a) metas del objetivo 11 línea 1-25.*

Objetivos de Desarrollo Sostenible número 13, adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

- *Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.*
- *Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.*
- *Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional sobre la mitigación del cambio climático, la adaptación, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.*
- *Cumplir el compromiso asumido por los países desarrollados que son parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de movilizar conjuntamente 100 000 millones de dólares anuales para 2020 procedentes de todas las fuentes, a fin de atender las necesidades de los países en desarrollo en el contexto de significativas acciones de mitigación y transparencia en la aplicación, y poner plenamente en funcionamiento el Fondo Verde para el Clima mediante su capitalización lo antes posible.*

- *Promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión efectiva en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, prestando especial atención a las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas.*
- **Nota: Reconociendo que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático es el principal foro internacional e intergubernamental para negociar la respuesta global al cambio climático ONU (2025b) metas del objetivo 13 línea 1-13.*

Respecto al PRONACE, se contribuye a los problemas de agua. La Autoridad del SECIHTI (2025) reconoce que las actividades económicas, junto con la urbanización en México y la integración del país a los mercados globales, han desencadenado una intensa crisis en el ciclo socio-natural del agua, que ya representa una amenaza para los derechos humanos fundamentales en algunas regiones. Adicionalmente, el Programa Nacional Estratégico de Recursos Hídricos (Pronaces Agua) ha sido creado en respuesta a esta situación; es decir, para revertir y mitigar estos escenarios, con el objetivo de impulsar soluciones efectivas en materia de agua mediante la colaboración entre el gobierno, el sector público y privado, y las comunidades locales.

Finalmente, para el caso de Granada, se pretende contribuir al cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo Sostenible 2020-2035 que aborda las inundaciones a través de su resiliencia climática y reducción del riesgo de desastres, y el Resultado n.º 3 sobre una sociedad resiliente, inclusiva, con perspectiva de género y pacífica en la construcción de comunidades resilientes (National Plan Secretariat, 2019). También aborda la vivienda, considerando el acceso a viviendas asequibles y resistentes al clima y a los desastres como un elemento fundamental para la construcción de comunidades y una sociedad resilientes (National Plan Secretariat, 2019).

1. Marco teórico conceptual: vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática

La sociedad del riesgo de Ulrich Beck se emplea como el fundamento teórico para este análisis. Leiss *et al.* (1995) explican que Ulrich Beck define el riesgo como un enfoque estructurado para tratar los peligros e inseguridades inducidos e introducidos específicamente por la modernización. Contrario a los períodos históricos, la sociedad del riesgo se caracteriza por su incapacidad para asignar los peligros a fuerzas externas (Leiss *et al.*, 1995). Además, Leiss *et al.* (1995) mencionan que, en esencia, el riesgo depende de las decisiones industriales y, por lo tanto, es inherentemente político y autorreflexivo. Esta visión se alinea con la perspectiva de Beck, señalando que los peligros naturales como las inundaciones, junto con los peligros socialmente impuestos como la invasión, la conquista y las jerarquías de clase rígidas, han moldeado cada vez más el futuro de los individuos y los grupos y han sido conformados por riesgos que se asumen conscientemente y se persiguen por los beneficios previstos con antelación, habilitados por nuestro control tecnológico sobre la naturaleza (Leiss *et al.*, 1995).

Beck (1992) afirma además que “los problemas ambientales no son problemas de nuestro entorno, sino que, en sus orígenes y a través de sus consecuencias, son problemas profundamente sociales, problemas de las personas, su historia, sus condiciones de vida, su relación con el mundo y la realidad, sus situaciones sociales, culturales y políticas”. Esta perspectiva establece como requisito comprender las raíces sociales de los problemas ambientales en lugar de centrarse simplemente en desafíos técnicos o científicos. También abre el puente conceptual hacia la teoría de la complejidad propuesta por Edgar Morin al enfatizar la necesidad de incorporar diversos sectores o instituciones al abordar la resiliencia ante inundaciones.

Morin (1996) ofrece la visión fundamental del análisis de sistemas, mencionando que "el todo es más que la suma de sus partes". Morin (1996) ofrece que la emergencia de propiedades de la organización como un todo puede influir en sus partes a su vez, en ocasiones inhibiendo características que las partes podrían exhibir si no actuaran de manera independiente. En esencia, Morin reconoce la interconexión e interdependencia de las partes dentro de un sistema.

Además, Morin, (1996) argumenta que pensar en términos de complejidad no significa adaptar la incertidumbre descartando la certeza, ni la lógica con excepciones especiales; más bien, implica

un ir y venir constante entre la certeza y la duda, entre lo local y lo global, y entre lo separable y lo inseparable. El marco de Morin está incrustado en los principios de la ciencia clásica orden, lógica y separabilidad, e integra la lógica en un esquema más amplio y enriquecido en lugar de abandonarlos. En el esquema más amplio de las cosas, este enfoque fomenta una visión más holística y menos reduccionista de las inundaciones.

Finalmente, el paradigma de la complejidad de Morin destaca que estos no pueden gestionarse o entenderse mediante variables fragmentadas o intervenciones sectoriales; más bien, requieren enfoques holísticos y transdisciplinarios (Rigolot, 2020).

1.1 Efectos de cambio climático y la variabilidad climática en el desarrollo urbano

La variabilidad climática por sí sola puede causar inundaciones, sin embargo, el desarrollo urbano lo lleva a otro nivel. Hay numerosos ejemplos de ciudades densamente pobladas que se encuentran demasiado cerca del agua (Nueva York, Buenos Aires, Shanghai, Mumbai y Lagos) y presentan una escasez de suelo, que a menudo conduce a la infraestructura no planificada y asentamientos humanos en llanuras aluviales que se construyen sin permiso y no están diseñados ni contruidos con materiales que puedan soportar inundaciones.

Mundialmente se utiliza una forma muy extensa de suelo para usos urbanos, lo que tiene efectos ambientales perjudiciales (Nuissl y Siedentop, 2020) como la inundación. Semeraro *et al.*, (2021) menciona que aunque el uso del suelo representa el 2% del uso mundial del suelo, tanto a escala global como local, es la principal causa de impactos ambientales y la mayoría de las actividades industriales están ubicadas en las ciudades que obviamente aumenta las superficies impermeables que a su vez, exacerba las inundaciones relacionadas con los efectos del cambio climático y la variabilidad climática.

ONU (2023) define el cambio climático como los cambios a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos, este cambio puede ser natural y consecuencia de grandes erupciones volcánicas o cambios en la actividad del sol y puede afectar la salud, la seguridad, la capacidad de producción de alimentos y el trabajo. El cambio climático puede generar desastres, la ONU (2021) menciona que durante el último medio siglo se ha producido un aumento de los desastres que se

producen como consecuencia del cambio climático que genera fenómenos meteorológicos extremos. La figura sucesiva se presenta como el cambio climático afecta el riesgo de inundaciones.

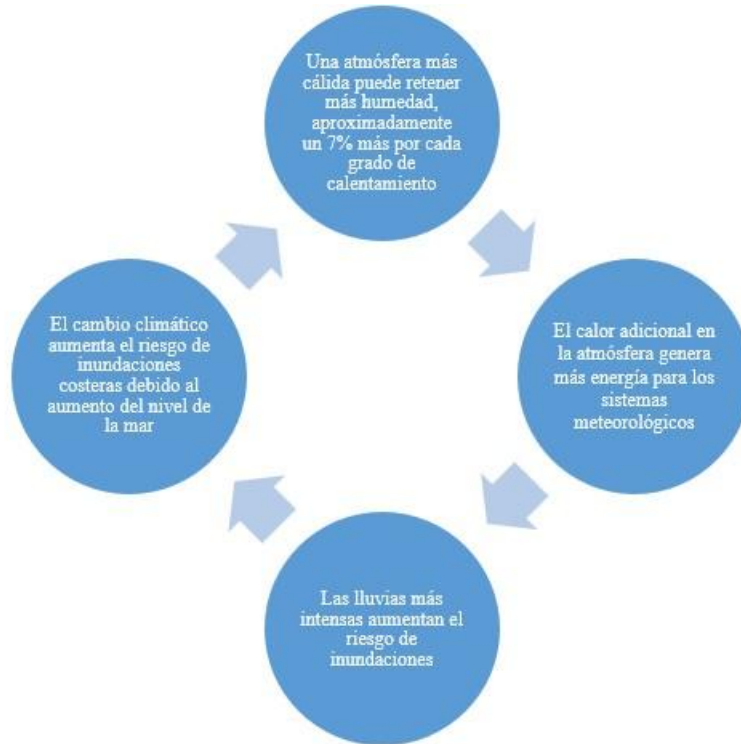


Ilustración 13 Cómo el cambio climático afecta el riesgo de inundaciones
Modificado de (Consejo del Clima, 2022).

Por otro lado, la variabilidad climática es definida como fluctuaciones en los parámetros climáticos desde un mes, temporada o año mientras y las estadísticas a largo plazo para el período calendario correspondiente cambio climático modifica la tendencia durante un largo plazo (Stone, 2014).

El clima que tenemos ahora es más energético, más cálido y húmedo que antes, en primer lugar, hay un calor atmosférico que genera sistemas climáticos, en segundo lugar, más energético debido al calor adicional que genera más lluvia, el calor adicional es el resultado de una atmósfera más cálida que retiene de hecho, se retiene más agua, aproximadamente el 7% de la humedad por cada grado de calentamiento que se produce y, por último, se genera una atmósfera más húmeda debido a una mayor humedad, lo que genera inundaciones e inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar (Consejo del Clima, 2022).

Ziebi *et al.* (2020) están de acuerdo en que el cambio climático y la variabilidad climática tienen un impacto directo en las inundaciones, de hecho, en los últimos años, se ha convertido en uno de los problemas más importantes que estimula una alta incidencia de inundaciones. Esto es debido a que la situación actual de las ciudades provoca eventos atmosféricos extremos que ponen en riesgo la humanidad de inundaciones (Olcina Cantos, 2023; IPCC, 2021).

Un clima más cálido, los aumentos de superficies impermeables junto con, el ciclo hidrológico y la calidad del agua se han atribuido al aumento de cambios en la distribución de las precipitaciones, el contenido de agua y la escorrentía superficial sobrecargarán los sistemas de drenaje actuales, lo que en consecuencia, provoca cambios en la reposición de las aguas subterráneas, la infiltración y, en última instancia, inundaciones (Adobati y Garda, 2020; Agonafir *et al.*, 2023). Los factores hidrológicos junto con las actividades humanas provocan que ningún lugar sea seguro para vivir, ya que las ciudades que antes eran secas y no se consideraban propensas a las inundaciones ahora se están inundando, urbanizando y los ríos ajustándolo al punto que no serpentean de forma natural.

Generalmente las inundaciones más peligrosas ocurren en ciudades donde hay una concentración de población y activos, esto es resultado directo de las tendencias de urbanización (Arosio *et al.*, (2020). Por lo tanto, el aumento de la población urbana costera, así como de la infraestructura en las llanuras de inundación, los pone en peligro (Olcina Cantos, 2023; IPCC, 2023).

Sin embargo, si el cambio climático y la variabilidad climática continúan acelerándose, puede llevar a un mayor aumento de eventos atmosféricos extremos, incluso más de lo que ya existe a través de acciones humanas territoriales y un mayor riesgo para el bienestar y la seguridad (Lancis UAEMex, 2023; OMS, 2023a).

1.2 Riesgos socio naturales: conceptualización y elementos

Trinidad-da Silva (2021) menciona que los riesgos naturales deriven de procesos propios de la dinámica ambiental mientras que los riesgos socio-naturales deriven de la intervención del ser humano en la naturaleza generando circunstancias físicas adversas, adicionalmente, los riesgos antrópicos son producidos por actividades humanas. Cuando una amenaza natural puede

transformarse en un desastre debido a la combinación de un sistema social frágil y la amenaza natural, se considera un riesgo socio-natural. Las inundaciones son procesos naturales que siempre han existido, ocurren sin las intervenciones humanas y no pueden controlarse por completo (Hunter, 2019).

Las inundaciones se consideran riesgos socio naturales porque son causadas por riesgos tanto naturales como provocados por el hombre. Como desastre, las inundaciones pueden ser causadas por factores meteorológicos tales como cantidad, duración e intensidad de precipitación, humedad, temperatura, huracán y estación. Clement y Cassani (2016) también refieren a factores topográficos que incluyen tipo de suelo y vegetación, que son riesgos naturales que pueden ser manipulados por el ser humano y acelerar las posibilidades de inundaciones. El uso de suelo, urbanización, cambio climático, drenaje insuficiente, cobertura impermeable son actividades humanas que acentúan los riesgos socio naturales.

Para Tariq *et al.* (2020) el término riesgo se relaciona con la amenaza, la vulnerabilidad, el valor del impacto, la preparación, los elementos en riesgo, las consecuencias y las posibilidades de que ocurran. También se anticipa como “una estimación de las consecuencias potenciales asociadas con un desastre”. Mientras tanto, Tascón *et al.* (2020) mencionan que los principales componentes del riesgo incluyen desastre, vulnerabilidad, exposición y resiliencia. La ilustración abajo presenta los elementos del riesgo.



Ilustración 14 Elementos del riesgo
Fuente: Srivastava y Roy (2023)

La amenaza de inundación es la probabilidad de la ocurrencia de una inundación (Tascón *et al.* 2020; Srivastava y Roy 2023). El IDEAM (2023) menciona que las inundaciones son anomalías hidrológicas recurrentes y potencialmente destructivas, que provocan una dispersión y desbordamiento de agua en zonas propensas a inundaciones adyacentes a cursos de agua que normalmente no se inundan. Hay tres tipos de inundaciones: la OMS (2023b) menciona que son repentinas, de los ríos y costeras. Las más peligrosas son las repentinas (OEA, 1993) y resultados de fuertes lluvias (NOAA, 2023b). Debido a que pueden ocurrir en cuestión de minutos, limita el tiempo disponible para advertir y proteger a las personas, también es importante señalar que todos los tipos de inundaciones afectan a las ciudades costeras, pero no todos estos fenómenos afectan las ciudades internas.

De manera física, *la exposición* depende de factores topográficos, meteorológicos y hidrológicos. Los elementos de la exposición incluyen población (edad, género de la población), infraestructuras (básica, de línea, edificación, valor monetario, tipo de construcción, altura, uso de planta baja, ocupación principal) y recursos (el PIB, la distribución del ingreso y los lugares de trabajo, la economía dependiente del turismo) (Srivastava y Roy 2023; UNISDR, 2017)

La vulnerabilidad a las inundaciones es una incapacidad que depende de la amenaza y la exposición, Tascón González *et al.*, (2020) mencionan que la vulnerabilidad representa la capacidad y condiciones que somete a un sistema a un daño. Srivastava y Roy (2023) la definieron como la probabilidad de verse afectado negativamente por un evento de desastre, sus indicadores suelen ser variables únicas, aunque significan factores que son multidimensionales, como procesos sociales, económicos, culturales e históricos que afectan la capacidad de afrontamiento y la supervivencia de la ciudad o dar respuesta ante el desastre de inundaciones. Los factores que afectan la vulnerabilidad social se pueden dividir en dos grandes categorías: (i) exposición física a inundaciones de la población de la ciudad; y (ii) resistencia, que incluye un conjunto de componentes menores, por ejemplo, capacidad de protección, reacción y afrontamiento (Tascón *et al.* 2020).

Finalmente, *la resiliencia* implica la capacidad de superar la vulnerabilidad a las inundaciones que son debidas a la exposición a la amenaza de inundaciones. Tascón *et al.* (2020) están de acuerdo en que son los factores de resiliencia que afectan la resiliencia de las comunidades para hacer frente a los efectos de las inundaciones.

Estos elementos que caracterizan los riesgos socio naturales, se vinculan con los atributos sociales, económicos y físicos de las inundaciones. La prevención de las precipitaciones no es factible y la recuperación de las inundaciones no es suficiente. Por lo tanto, se necesita un enfoque colaborativo entre disciplinas para combatir las inundaciones y, dado que estos cambios son difíciles de realizar por sí solos, la ciudad debe asumir la responsabilidad.

1.3 Urbanización e inundaciones

1.3.1 Inundaciones urbanas

Las inundaciones urbanas son un completo desafío actual, que revela la falta de capacidad adecuada de gestión de las aguas pluviales y una cubierta impermeable que provoca escorrentías (Agencia Metropolitana de Planificación de Chicago, 2023). Existen causas directas e indirectas de las inundaciones, Asiedu (2020) menciona que las causas directas incluyen lluvias intensas, sistemas de drenaje deficientes o inadecuados, mientras que las causas indirectas incluyen la construcción en áreas bajas, la sedimentación y el bloqueo por desechos.

Normalmente las precipitaciones extremas son una fuente importante de inundaciones urbanas que causan daños a los seres humanos y a los bienes, consisten en inundaciones pluviales y fluviales (Tanaka *et al.* 2020). Las inundaciones pluviales ocurren cuando las lluvias intensas exceden la capacidad de infiltración y la capacidad de drenaje de los sistemas de alcantarillado, el agua de la inundación es generalmente poco profunda ($< 1,0$ m) y puede superar distancias de los canales de los ríos (Yin *et al.*, 2016).

Por otro lado, las inundaciones fluviales se producen cuando el nivel del agua de los ríos supera la altura de sus orillas y/o provoca la rotura de los diques, en comparación con las inundaciones pluviales, las inundaciones fluviales suelen tener una profundidad mayor que provoca graves daños humanos y económicos (Tanaka *et al.* 2020). En general, las inundaciones pluviales ocurren con más frecuencia que las inundaciones fluviales, lo que puede generar un riesgo económico comparativo o mayor Kundzewicz y Pińskwar (2022).

Las inundaciones urbanas están altamente vinculadas con factores como el clima, la planificación urbana, las actividades humanas y los sistemas de drenaje, además, es un desastre

climático que puede ocurrir en cualquier lugar del ámbito urbano (Khodadad *et al.*, 2023) y especialmente en las ciudades costeras. Sin embargo, Angelakis *et al.*, (2023) mencionan que las inundaciones urbanas se registran a lo largo de toda la historia humana, aunque las recientes aceleraciones en el crecimiento demográfico y los cambios en los patrones de uso del suelo han aumentado sus impactos. La siguiente ilustración representa algunos factores determinantes de las inundaciones urbanas.

Proceso urbano= Crecimiento urbano + crecimiento demográfico+ área construida

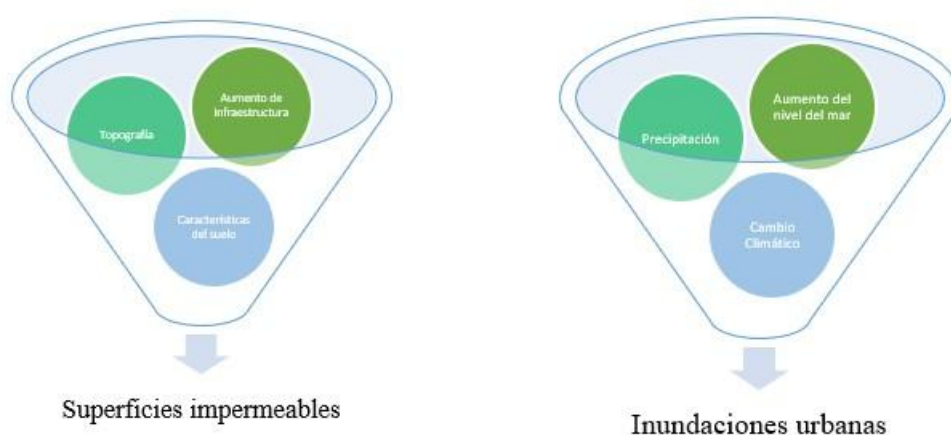


Ilustración 15. Factores determinantes de las inundaciones urbanas modificado de (Agonafir *et al.*, 2023)

La ilustración 15 muestra que, debido al aumento del crecimiento urbano y demográfico en áreas susceptibles provocan más eventos y destrucción de inundaciones urbanas. Varios factores como la topografía del terreno, la ubicación de la ciudad, las características del suelo, sea impermeables o porosos que no permiten una fácil infiltración, el aumento del tipo de infraestructura que normalmente no está a prueba de inundaciones según el diseño, la edad, el material y la altura. En última instancia, pueden provocar inundaciones (Agonafir *et al.*, 2023; Fatemi *et al.*, 2020).

Las inundaciones tienen consecuencias graves, como mortalidad humana, lo que daños y efectos sobre la salud a largo plazo, que son resultados probables debido a ahogamientos (Agonafir *et al.*, 2023). También existen importantes costos económicos asociados con las catástrofes por inundaciones urbanas durante un evento de inundación urbana, se puede experimentar destrucción

de la infraestructura, como fallas de energía, interrupción de los servicios de transporte y daños estructurales a los edificios, daños vehiculares y accidentes (Agonafir *et al.*, 2023). Esos danos son ampliados en las ciudades costeras porque además de experimentar inundaciones pluviales y fluviales, las inundaciones costeras son exclusivas del mar y donde hay eventos de infiltración limitados, como lluvias, pueden provocar una rápida elevación de las aguas de la inundación (Agonafir *et al.*, 2023).

La urbanización sigue en zonas no aptas o susceptibles a inundar “a medida que los espacios seguros en las áreas urbanas se vuelven cada vez más ocupados y el suelo escasea, se construyen nuevos desarrollos de manera desproporcionada en áreas previamente evitadas, como lechos de ríos, llanuras aluviales o humedales” (Rentschler *et al.* 2022a).

1.3.2 Inundaciones urbanas costeras

La urbanización costera no es nada nuevo ya que históricamente las ciudades costeras comenzaron en el tercer milenio a.C. (Hart, 2016). Al igual que las inundaciones urbanas, las inundaciones costeras urbanas tienen todos sus elementos y más. Estas se describen como un fenómeno de naturaleza compleja que puede manifestarse de varias formas debido a precipitaciones de alta intensidad, drenaje inadecuado, desbordamientos en los canales o ríos, mareas altas, entre otros factores (Eldo *et al.* 2018).

Las comunidades costeras se han visto progresivamente expuestas a tormentas tropicales, tifones y huracanes más intensos y frecuentes, y al aumento acelerado del nivel del mar, lo que genera molestias e inundaciones relacionadas. Ya se han observado tendencias de aumento acelerado del nivel del mar en numerosos lugares costeros, con proyecciones que indican inundaciones importantes de muchas zonas costeras pobladas (Bukvic y Harrauld, 2019).

Las causas de las inundaciones en las ciudades del interior son las precipitaciones extremas y su distribución desigual (inundaciones pluviales), el flujo de los ríos, la descarga de los ríos (inundaciones fluviales) y la descarga de aguas subterráneas. Mientras que las inundaciones de las ciudades costeras pueden incluir marejadas ciclónicas, huracanes y tormentas tropicales que son estacionales, el aumento del nivel del mar, fenómenos astronómicos. las mareas que ocurren dos veces al día y los tsunamis como resultado del cambio climático son todos responsables de las

inundaciones costeras; su intensidad, fuerza, frecuencia y magnitud fluctúan (Jayaraju *et al.*, 2023, Brody *et al.*, 2022 y Paul, 2020). Si bien existen tipos limitados de inundaciones que afectan a las ciudades continentales, las ciudades costeras suelen verse afectadas por todo tipo de inundaciones. La Ilustración 19 presenta los principios de inundaciones urbanas costeras.



Ilustración 16. Causas de las inundaciones costeras urbanas
Adaptado de (Jayaraju *et al.* 2023; Brody *et al.* 2022; Paul, 2020).

Un significativo número de las muertes que ocurren en las ciudades costeras durante los huracanes y atribuyen a las inundaciones por marejadas ciclónicas, que están directamente relacionadas con la elevación de las regiones costeras, ya que determina la magnitud de las inundaciones tierra adentro. Además, el agua de las inundaciones costeras es destructiva para los cultivos extensivos (Paul, 2020). La necesidad de cultivar junto con el crecimiento de ciudades costeras tiene un profundo efecto en la explotación de los recursos naturales.

Hay varias causas de inundaciones urbanas costeras, una de ellas es la atracción para el crecimiento urbano. Históricamente, las ciudades se han ubicado en la costa porque las ciudades costeras tienen muchos beneficios, como alimentos, transporte y otros beneficios ecológicos (UN Ocean Atlas, 2023). Las ciudades costeras son económicamente atractivas porque ofrecen oportunidades de turismo, servicios, logística y actividades industriales, también tienen importantes contribuciones espaciales, económicas, sociales y culturales al desarrollo urbano Yılmaz y Terzi (2021). El precedente para que las poblaciones migren a las ciudades costeras ha sido establecido por la existencia de puertos que son fundamentales en el flujo de productos y dinero para ingresar a los países (UN Ocean Atlas, 2023).

El turismo es otra atracción a las ciudades costeras, pero se ha convertido en un fenómeno de masas. El turismo, junto con los recursos internacionales y naturales, constituye la mayor riqueza de las zonas costeras que atrae a estas abundantes poblaciones, lo que finalmente conduce a su destrucción (UN Ocean Atlas, 2023). Esto se debe a que los entornos costeros son los más valorados en las regiones tropicales, ofreciendo belleza escénica y oportunidades recreativas.

Sin embargo, el turismo requiere grandes extensiones de terreno para infraestructura, recreación y agricultura. Los altos precios de las habitaciones se asocian con ubicaciones más cercanas a la costa debido a las vistas panorámicas, la proximidad y las comodidades no basadas en el ecosistema. Estos factores llevan a la construcción de hoteles muy cerca de la costa, a pesar del alto riesgo de fenómenos meteorológicos frecuentes y extremos (Mendoza-González *et al.*, 2018).

Yılmaz y Terzi (2021) mencionan que geográficamente, las ciudades costeras experimentan un mayor crecimiento demográfico, densidad y concentración de comercio e industria que las ciudades del interior; estas actividades económicas provocan urbanización y grandes asentamientos urbanos con crecimiento lineal predominantemente a lo largo de la costa. La migración interna eventualmente crea presión sobre las áreas urbanizadas para que sigan construyendo en el entorno natural.

Una serie de daños y sobreexplotación se producen con un gran costo ecológico y económico, conducen a inundaciones, ejemplos son la recuperación de aguas costeras y lagunas, el drenaje de humedales y su contaminación con basura, la construcción y reducción de llanuras aluviales y estuarios, los manglares y los bosques son frecuentemente dañados y puede perderse para siempre (UN Ocean Atlas, 2023). La sobreexplotación y la degradación ambiental deja las ciudades susceptibles a eventos de cambio climático. Como respuesta las ciudades de los países en desarrollo tienden a reproducir el enfoque higienista en los sistemas de aguas pluviales y tienen una planificación inadecuada, por lo que las llanuras aluviales están ocupadas y las fallas en el drenaje crean efectos en cascada (Miranda *et al.* 2023).

Steven *et al.* (2025) mencionan que toda sociedad tiene la infraestructura costera como su columna vertebral, ya que proporciona servicios esenciales como defensa costera, turismo, comercio, transporte, pesca y acuicultura, suministro de energía, sistemas de agua, procesamiento de desechos y comunicaciones, entre otros. Además, la infraestructura costera de primera línea, la

vivienda y los distritos comerciales, así como el transporte y el turismo, suelen estar adyacentes a la franja costera (Steven *et al.*, 2025). Más hacia las aguas profundas se encuentran la acuicultura, la extracción de petróleo y gas, la generación de energía renovable en alta mar, la extracción de minerales y la desalinización del agua (Steven *et al.*, 2025).

En general, la mayoría de las ciudades costeras pueden ser destruidas durante las inundaciones con la pérdida de vidas, medios de vida costeros como industrias (turismo, recreación y navegación), infraestructura (puertos, edificios, transporte, etc.), construcción, cultivos, espacios verdes (bosques, humedales, parques, etc.) debido a la proximidad de la amenaza y la totalidad de la exposición ubicada en las ciudades costeras, haciéndolas vulnerables a las inundaciones.

1.4 Vulnerabilidad a inundaciones costeras

La vulnerabilidad conlleva una amenaza colectiva con responsabilidad comunal y económica junto con la incapacidad de hacer frente al evento, es la razón preliminar de la catástrofe de inundación (Abid *et al.*, 2021). Como definición la vulnerabilidad significa ser incapaz de evitar o absorber la probable devastación mientras se está expuesto a los riesgos, el desarrollo espacial está influenciado por los siguientes factores: económicos, sociales, demográficos y ambientales en relación con las ciudades, estos factores provocan vulnerabilidades (Pelling, 2003).

“La vulnerabilidad es la incapacidad de resistir una amenaza o de responder cuando ha ocurrido un desastre. Por ejemplo, las personas que viven en las llanuras son más vulnerables a las inundaciones que las que viven en zonas más altas. En realidad, la vulnerabilidad depende de varios factores, como la edad y el estado de salud de las personas, las condiciones ambientales y sanitarias locales, así como de la calidad y el estado de los edificios locales y su ubicación con respecto a cualquier peligro” (UNDRR, 2004, p.1).

Vulnerabilidad a las inundaciones se define como el grado de susceptibilidad de un sistema a las inundaciones como resultado de una perturbación, exposición o la capacidad de afrontar, recuperarse o básicamente adaptarse (UNESCO IHE, 2023). De esta forma, los seres humanos son

los culpables de lo que sucede desde el punto de vista de la destrucción ambiental y ecológica (UNDESA, 2023) que provoca últimamente la vulnerabilidad a las inundaciones.

Las variables de inundación de acuerdo con Zúñiga (2018) son exposición, susceptibilidad y resiliencia, los componentes de inundación de cada una de las variables son los siguientes de acuerdo con Zúñiga (2018):

- *Exposición* esto implica desventajas causadas por la posición o ubicación de un objeto, sujeto o sistema que está expuesto a un riesgo; o la ubicación real;
- *Susceptibilidad* es el grado de fragilidad de un objeto, sujeto o sistema ante una amenaza y el posible impacto resultante de la manifestación de una consecuencia indeseable;
- *Resiliencia* es la capacidad de una sociedad, comunidad o sistema, cuando se expone a una amenaza, para poder resistir, absorber, recuperarse y adaptarse de manera adecuada y eficaz de sus efectos, incluida la restauración y conservación de sus estructuras y funciones básicas.

La clasificación de vulnerabilidad a inundaciones se manifiesta en diferentes formas. La ilustración abajo representa la categorización de la debilidad ante las inundaciones.



Ilustración 17 Clasificación la vulnerabilidad de las inundaciones

Fuente: Chan *et al.*, (2022)

Chan *et al.* (2022) clasificaron la vulnerabilidad de las inundaciones que evoluciona durante las últimas 30 años en el índice de vulnerabilidad a inundaciones (FVI) en cuatro; social, física, ambiental, y económico de los anteriores que son natural, económica y social. Para medir la exposición de la población a las inundaciones en los asentamientos empobrecidos se puede utilizar la falta de acceso a los recursos sociales, la edad y la densidad de población. Los elementos sociales y económicos consideran la pobreza, la base de recursos del suelo y la usabilidad de la

infraestructura, mientras que el aspecto ambiental puede determinar los bosques degradados y la erosión del suelo Chan *et al.* (2022).

Existe una evolución de la vulnerabilidad, académicos estadounidenses propusieron un prototipo de concepto de vulnerabilidad en la década de 1940 mientras investigaban los desastres causados por inundaciones. En 1981, Timmerman P. Z lo propuso formalmente como concepto en su libro “At Risk” y lo aplicó posteriormente a la evaluación del riesgo de desastres. Luego se definió por la vulnerabilidad definida como el grado de susceptibilidad o incapacidad del sistema para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático que conllevan la variabilidad y los fenómenos extremos del clima en el tercer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). La Ilustración 18 presenta el progreso de la fragilidad a los desbordamientos.

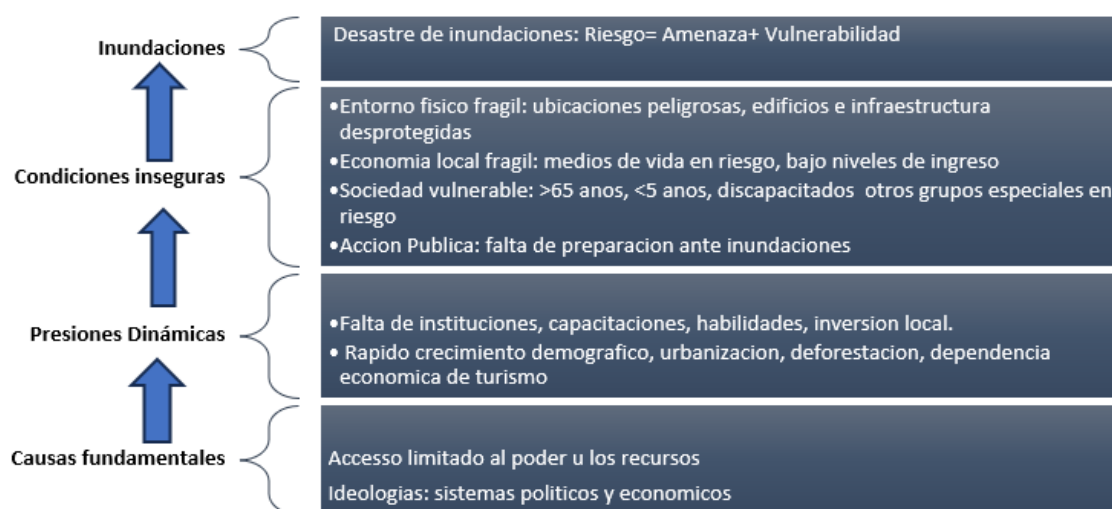


Ilustración 18 Evolución de la vulnerabilidad a las inundaciones
Modificado de (Wisner, 2016)

La evolución de la vulnerabilidad a las inundaciones comienza con las causas fundamentales como acceso limitado al poder, las estructuras y los recursos e ideologías que consiste en sistemas políticos y económicos. Luego las presiones dinámicas que incluye la falta de instituciones, capacitación, habilidades, inversión local que permite sin regularización rápido crecimiento demográfico, urbanización, deforestación, dependencia económica del turismo. En la tercera etapa

es las condiciones inseguras como un entorno físico frágil con ubicaciones peligrosas, edificios e infraestructuras desprotegidas una economía local frágil con medios de vida en riesgo, bajos niveles de ingresos junto con una sociedad vulnerable que consiste en personas mayor a 65 años, y niños menores a 5 años otras personas con discapacitaciones y otros grupos especiales en riesgo finalmente si hay una inundación y son vulnerables están en riesgo.

Las causas fundamentales de las inundaciones, que son sistemas políticos y económicos, a menudo están ocultas. El poder es cuando puede participar en una adopción de decisiones, un grupo de personas que tienen la facilidad de aplicar su voluntad ante los demás, no hay bondad y la justicia debe servir a los intereses del más fuerte y superficialmente, no se progresa las normas jurídicas de: equidad, moralidad, honestidad, convivencia, lealtad en la sociedad (García, 2013).

Globalmente los estados pobres son exclusivos en áreas de justicia, seguridad ciudadana, administración de impuestos y formas de control, pero, no controla la economía. Las cooperaciones internacionales tienen el poder político y económico su meta es la creación de recursos, entonces explotan los recursos naturales cuando puedan tomando ventaja del neoliberalismo.

Los seres humanos son los culpables de lo que sucede desde el punto de vista de la destrucción ambiental y ecológica (Sánchez, 2024). Además, Álvarez (2023) refiere al ser humano mencionado que asume su responsabilidad como generador de riesgo, de hecho, forma parte de la construcción del riesgo de desastre, lo asuma y lo reproduce en el espacio y en el tiempo. Sigue urbanizando, cambiando el uso del suelo, degradando y deforestando. Similarmente Toledo (2019) menciona que no existen políticas por la vida, lo niegan y expone a condiciones hacia la muerte. Los seres humanos, en parte, son responsables de las inundaciones, pueden tener la capacidad de organizarse para hacerles frente.

1.5 Resiliencia urbana ante inundaciones

1.5.1 Conceptualización de resiliencia urbana

La resiliencia a las inundaciones urbanas ha supuesto un cambio de paradigma como respuesta a las inundaciones urbanas (Srivastava y Sahay 2023). Desde 2015, la resiliencia urbana a las inundaciones surgió como un foco de investigación con un aumento sustancial a nivel mundial

(Gao *et al.*, 2022). Sin embargo, la ingeniería de resiliencia a las inundaciones no ha demostrado ser sostenible, ya que no se puede predecir si fallarán o no; por otro lado, la forestación puede provocar daños al suelo y la biodiversidad a largo plazo, al tiempo que compromete el almacenamiento de carbono cuando se mono cultivan especies de árboles invasores no nativos (Srivastava y Sahay 2023).

Los enfoques que implican estrategias de acomodación, retirada y evitación están muy vinculados a las orientaciones de planificación urbana; sin embargo, los planteamientos ecológicos no están integrados. Muchas ciudades costeras de los países en desarrollo tienden a concentrarse en direcciones ecológicas y estructurales y descuidan los relacionados con la planificación urbana.

Las ciudades costeras consumen más energía y tienen más densidad, servicios e infraestructura, por lo que se requiere una mayor capacidad de adaptación. Tradicionalmente, se han utilizado perspectivas ecológicas y de ingeniería para abordar las inundaciones. Si bien las respuestas estructurales no son seguras ni sólidas para eventos normales de inundaciones, estos eventos son cada vez más impredecibles y presentan riesgos secundarios de impactos sociales, ambientales y económicos. Esta tesis está proponiendo la resiliencia para las inundaciones para tratar las condiciones únicas de cada ciudad costera con un criterio en su totalidad o más bien integral sin una visión total porque los estudios que han estudiado no es ya que no puede tener resiliencia sin las inundaciones.

Las definiciones más recientes de la resiliencia son los siguientes:

(Zhu <i>et al.</i> , 2021)	La resiliencia a las inundaciones se refiere a “la capacidad de una ciudad para tolerar las inundaciones, reorganizar los daños físicos y los trastornos socioeconómicos, mantener su identidad actual y capacidad de adaptación a futuros desastres por inundaciones”
(Mao <i>et al.</i> , 2022)	La resiliencia urbana a las inundaciones es la “La capacidad de la ciudad para mantener el riesgo de inundaciones futuras en niveles tolerables previniendo muertes y lesiones, minimizando los daños y perturbaciones durante las inundaciones y recuperándose rápidamente después, garantizando al mismo tiempo la equidad social y protegiendo la identidad cultural y la vitalidad económica de la ciudad.”
(Zhu <i>et al.</i> , 2023b)	La resiliencia urbana a las inundaciones (UFR) “es la capacidad de los sistemas urbanos para resistir, recuperar y mantener funciones normales en caso de interrupción por inundaciones”

Por otro lado, las categorías utilizadas para definir la resiliencia se pueden ver en la ilustración 19 demuestra las diferentes clasificaciones de la resiliencia.

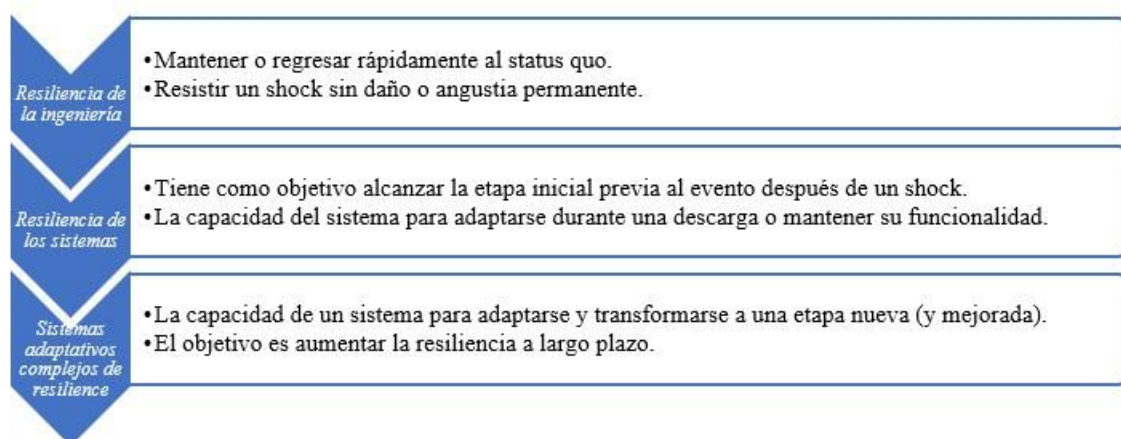


Ilustración 19 Tres categorías de resiliencia
Adaptado de Rözer *et al.* (2022)

Rözer *et al.* (2022) mencionan que hay tres categorías de resiliencia: ingeniería que se trata de respuestas estructurales, de los sistemas que es similar a resiliencia de la ingeniería e incluye la capacidad de mantener la función y el sistema adaptativo complejo es la habilidad adaptar y transformar. La OCDE (2018) mide la resiliencia de las ciudades utilizando cuatro grandes categorías: economía (PIB, desempleo), sociedad (nivel de población en la llanura aluvial, niveles de pobreza), medio ambiente (áreas edificadas, densidad de población, espacios verdes) y gobernanza (comunidad, gobierno, público).

La definición que va a utilizar esta investigación es la capacidad de la ciudad de tolerar, resistir, preservar, reorganizar y recuperar después de una inundación mientras manteniendo su identidad cultural, garantizando la equidad social, protegiendo la vitalidad económica, minimizando danos y adaptando a futuros desastres por inundaciones. El objetivo de la resiliencia es esta tesis es mejorar y aumentar la resiliencia a largo plazo. El concepto estipula un marco práctico para evitar y mitigar los impactos de las inundaciones que enfrentan las ciudades.

Resiliencia urbana e inundación tiene un impacto negativo en la sociedad para mitigar el impacto de las inundaciones, por ello, la investigación considera a la resiliencia la capacidad de gestionar una ciudad costera utilizando las instituciones, el territorio, el medio ambiente, la economía, la tecnología y la gobernanza para poder resistir, tolerar, sufrir el mínimo daño,

reorganizarse y recuperarse. Además, es la capacidad de mantener la identidad, las funciones normales y los riesgos futuros de inundaciones para las ciudades.

1.5.2 Enfoques de resiliencia urbana

Existen varios enfoques sobre la resiliencia Doberstein (2019) se centra en lo siguiente: proteger, evitar, retirar y acomodar. *Proteger*, involucra diseños que se implementan para prevenir la intrusión de agua de inundaciones en las ciudades y la infraestructura utilizando medidas estructurales como malecones, diques, protección contra la socavación, edificio de dunas y nutrición de playa. *Evitar* implica medidas que previenen proactivamente el desarrollo en áreas propensas a inundaciones y prohíben el desarrollo futuro. Algunos ejemplos incluyen prohibición, zonificación, adquisición de propiedades y transferencia de derechos de desarrollo.

El enfoque de *retirar* implica la reubicación de las ciudades en zonas más seguras para evitar las inundaciones provocadas por servidumbres, adquisición de terrenos y restauración de humedales. *Acomodar* son diseños resilientes mejorados que promueven estrategias adaptativas a través de, que autorizan asentamientos en las llanuras aluviales reduciendo los daños a la infraestructura por inundaciones. mediante zonas de almacenamiento húmedas a prueba de inundaciones y niveles de construcción de inundaciones. La Ilustración 20 se representa en cuanto a las inundaciones los enfoques primordiales de la resiliencia.



Ilustración 20 Principales enfoques de resiliencia ante las inundaciones modificado de Doberstein *et al.* (2019).

La ilustración 20 representa los enfoques de resiliencia comunitaria a inundaciones; el enfoque de proteger o ingeniería o soluciones estructurales implican la construcción de barreras ante inundaciones diseñadas para mantener las aguas alejadas del área urbanizada (Doberstein *et al.*, 2019). El autor menciona que las prospectivas de evitación o estrategias de adaptación están diseñadas para mejorar la resiliencia en las comunidades y al mismo tiempo permitir el uso de instalaciones e infraestructura en las llanuras aluviales, como cimientos a prueba de inundaciones y elevación de edificios. Las visiones de retirada implican la reubicación permanente estructuras que están sujetas a inundaciones recurrentes a áreas más seguras de acuerdo los autores. Las orientaciones de evitación son estrategias de prevención proactiva para que la infraestructura de desvío se construya en llanuras aluviales (Doberstein *et al.*, 2019). Puede haber superposiciones entre los vínculos entre los cuatro criterios, en este caso los direcciones que son más dirigidas a la planificación son evitar, retirar y acomodar este puede ser interpretado que los urbanistas tienen un papel más fuerte en la resiliencia ante inundación que cualquier otra carrera.

Con la excepción del enfoque de protección, todas las demás direcciones tienen una orientación de resiliencia profundamente arraigados en los acuerdos institucionales y, lo que es más importante de los otros rumbos anteriormente mencionados están incorporados en la planificación.

Díez *et al.* (2022) mencionan que adaptación, prevención, resistencia, recuperación, restauración, transformación y reconstrucción son las categorías de resiliencia. En primer lugar, UFCC (2024) describe la adaptación como la respuesta de los sistemas sociales, ecológicos y económicos a inundaciones existentes o presuntas, también alude a cambios en prácticas, procesos y estructuras que frenan daños potenciales o se benefician de beneficios en lo que se refiere a inundaciones. En esencia, es imperativo que las ciudades adapten soluciones e implementen acciones para los impactos presentes y futuros de las inundaciones.

En segundo lugar, el Atlas de riesgo (2015) menciona que la prevención se refiere a la correcta aplicación de leyes y reglamentos de construcción un ejemplo es la construcción de diques para inmovilizar las inundaciones. En tercer lugar, Kang y Liao (2022) describe la resistencia a las inundaciones como la prevención a través de la infraestructura de control, y el nivel de resistencia se define por la capacidad de su diseño.

En cuarto lugar, San Martin (2013) menciona que la resistencia se refiere a las acciones, enfocando en la respuesta a posteriori (rehabilitación y reconstrucción física). En quinto lugar, la restauración de ríos describe una variedad de modificaciones en los cauces de los ríos, las descargas de los ríos, las llanuras aluviales, las zonas ribereñas, la calidad y cantidad del agua y los sedimentos.(Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2020).

En sexto lugar, la transformación se refiere a “la capacidad de los individuos y las organizaciones para poder transformarse a sí mismos y a sus sociedades de manera deliberada y consciente” (Asadzadeh *et al.* 2022). En último lugar, Dube *et al.* (2018) hacen referencia a la reconstrucción como la restauración de las infraestructuras dañadas durante episodios de inundaciones, esta fase implica ayudar a restaurar los servicios básicos y otra la infraestructura para que las personas puedan devolver a la vida anterior de las inundaciones.

1.5.3 Las dimensiones de la resiliencia

Srivastava y Roy (2023) mencionan que las dimensiones de la resiliencia se dividen en estructural, no estructural y de emergencia, que son las tres principales las respuestas estructurales consideran que las infraestructuras físicas desempeñan un papel vital en la reducción de la

intensidad de las inundaciones e incluyen la cantidad de presas, el área de drenaje y los diques, mientras que las respuestas no estructurales incluyen esfuerzos como la conservación y la cobertura de seguros, los humedales, incluso, han podido lograr una reducción significativa del impacto de las inundaciones; en última instancia, la respuesta de emergencia es fundamental para reducir la gravedad de las inundaciones e incluye refugios de emergencia y la disponibilidad de tecnología de emergencia médica. La Ilustración 21 se presenta las interposiciones de resiliencia de ciudades a las inundaciones.

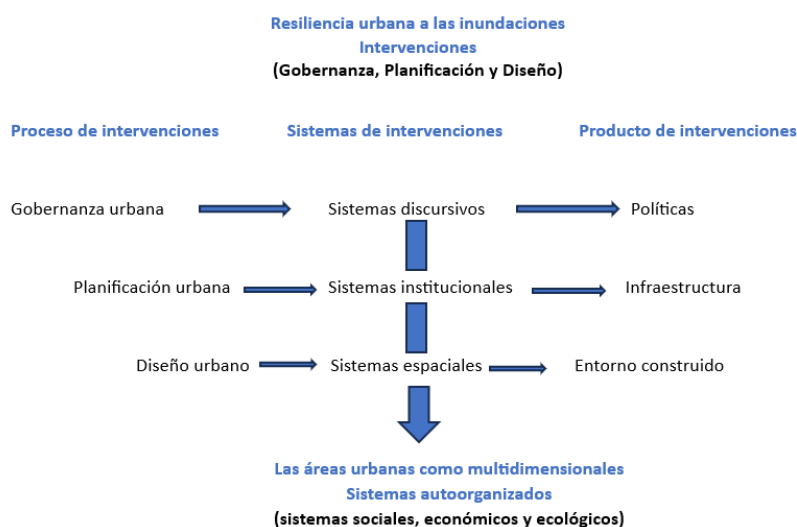


Ilustración 21 Intervenciones de resiliencia urbana a las inundaciones

Fuente: Rözer *et al.* (2022)

La resiliencia urbana a las inundaciones se construye a partir de las capas de los sistemas urbanos y los puntos de entrada para las intervenciones de resiliencia urbana y los productos de las intervenciones que les corresponden. También describe la intersección entre varias capas de sistemas autoorganizados, como los sistemas sociales, económicos y ecológicos de áreas urbanas que se definen como un espacio multidimensional en el que se implementan intervenciones de resiliencia urbana a las inundaciones.

En el contexto urbano, se utiliza un modelo para comprender sus muchas complejidades; por lo tanto, para medir la resiliencia es importante observar cada país individualmente, ya que todos tienen peculiaridades que los distinguen y que atribuirían o reducirían su capacidad para generar resiliencia en las ciudades costeras. A nivel mundial, las dimensiones varían en su contribución a las inundaciones tras las ciudades, las dimensiones de resiliencia permiten

identificar desde sus diferencias las amenazas, las dimensiones espaciales, organizativas, físicas y funcionales y temporales de las inundaciones. Esto se presenta en la siguiente ilustración.

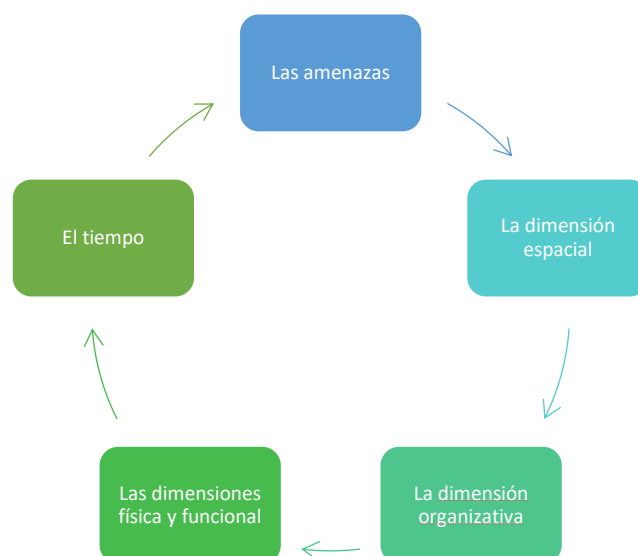


Ilustración 22 Las dimensiones de la resiliencia: modelo del sistema urbano
Adaptado de la Guía de Resiliencia Urbana (2016)

La amenaza es conceptualizada en la reducción de riesgos se define como todos los eventos, ya sean fenómenos físicos o derivados de actividades humanas, pueden causar daños que resultan en pérdida de vidas, bienes, degradación ambiental y pérdidas socioeconómicas (México Previene, 2020). En el caso de las inundaciones puede ser de manera metrológico (causada por condiciones atmosféricas y climáticas) hidrológico (causada por la ocurrencia, movimiento y distribución de agua a nivel superficial y sub-superficial), y climatológico (causada por procesos atmosféricos de larga duración y de micro a meso escala, cuya variabilidad varía entre intra-estacional a multi-decadal).

En primer lugar, está la dimensión espacial se ocupa del territorio físico geográfica y administrativamente que se representa en un mapa. Representa la correlación de escalas, interdependencias, superposiciones y brechas. Se puede utilizar para medir cambios físicos en áreas urbanas que pueden provocar inundaciones según la huella urbana. Es una de las dimensiones más importantes porque tiene que ver con el uso del suelo y el rol institucional en la prevención de inundaciones costeras.

En segundo lugar, está la dimensión organizativa que es una de las dimensiones más importantes junto con la dimensión espacial. Se trata de las competencias de los tres niveles de gobierno y su jurisdicción, así como de los actores ya sean supra o sublocales, lo que permite implementar estrategias de desarrollo en las ciudades costeras para que sean resilientes a las inundaciones.

En tercer lugar, se ocupa se consideran las dimensiones física y funcional que se complementan por lo que resulta difícil separarlas independientemente de que respondan a criterios distintivos. El aspecto físico se ocupa de la infraestructura mientras que el aspecto funcional se ocupa de los servicios que pueden verse afectados por la disponibilidad y demanda como resultado de inundaciones costeras urbanas. En último lugar es el tiempo esta dimensión se refiere a la medición de la resiliencia costera urbana a través de datos de referencia para demostrar los cambios a lo largo del tiempo.

1.5.4 Resiliencia ante inundaciones urbanas: estrategias e indicadores

Existen diversos estudios de la resiliencia urbana de inundaciones, que contribuyen a una comprensión y dirección más integral de esta tesis, pero además apuntan a la formulación de estrategias de mitigación de inundaciones. La ilustración 23 demuestra los estudios que han realizado en las inundaciones de la ciudad en referencia a la resiliencia.

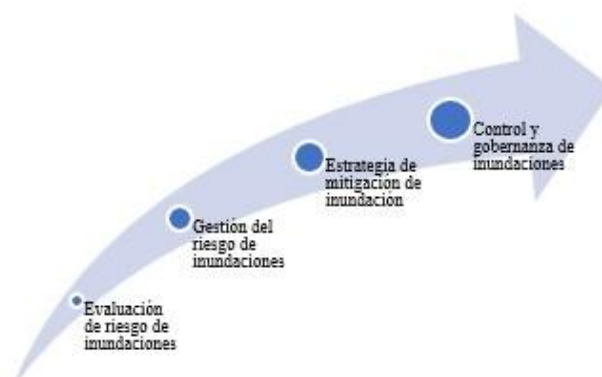


Ilustración 23 Estudios de Resiliencia Urbana a Inundaciones (UFR)
Adaptado de (Zhu *et al.*, 2023b y Zhu *et al.* 2021)

Los estudios previa de Resiliencia Urbana a Inundaciones (RUI), que incluyen estrategias de mitigación de inundaciones, evaluación del riesgo de inundaciones y gestión del riesgo de inundaciones, sentaron las bases para el análisis de RUI (Zhu *et al*, 2023a). Destacan que es necesario aumentar la prioridad de adaptación al cambio climático en la gobernanza urbana, a pesar de que la planificación regional actual se centra en cuestiones relacionadas con el medio ambiente, la educación, la medicina y la tecnología en comparación con el control de las emisiones de gases de efecto invernadero y la construcción de ciudades inteligentes para adaptarse al cambio climático (Zhu *et al*, 2023a). Sin embargo, las mejoras en la resiliencia no han recibido suficiente atención en la gobernanza (Zhu *et al*, 2023a). La tecnología de control de inundaciones (Zhu *et al.*, 2021) también debe incluirse en estos estudios.

Las medidas estructurales y ecológicas tomadas en la literatura previa para proteger la vida y la propiedad tienen sus beneficios y limitaciones. Su éxito depende de una variedad de otros factores, como la topografía y los patrones de desarrollo. Todas las comunidades son diferentes estructural, ecológica, económica y topográficamente, por lo que no existe una solución única para las inundaciones. Cada comunidad debe ser dirigida individualmente dependiendo de sus características. Idealmente, dado que el desarrollo lejos de las áreas de alto riesgo no es práctico, ambas soluciones funcionan mejor cuando se complementan y actúan como refuerzo mutuo.

Las soluciones ingeniería de las inundaciones no ha demostrado ser sostenible, ya que no se puede predecir si fallarán o no (Srivastava y Sahay, 2023). Las soluciones estructurales son rígidas y sólo pueden funcionar según sus parámetros de diseño, lo que significa que no son fácilmente adaptables (Serra-Llobet *et al.*, 2022). Estas soluciones a corto plazo tienden a fomentar el desarrollo en áreas de alto riesgo dando una falsa sensación de seguridad, pueden tener consecuencias perjudiciales para el medio ambiente y existe un riesgo inminente para la vida y la propiedad aguas abajo en el caso desafortunado de una infracción (Masterson *et al.* 2014). Soluciones estructurales son muy caras y muchas ciudades en desarrollo no tienen la capacidad económica para alcanzar estas estrategias, adicionalmente pueden caer en un ciclo de costos cuando hay brechas.

Por otro lado, los medios ecológicos como la forestación pueden provocar daños al suelo y la biodiversidad a largo plazo, al tiempo que compromete el almacenamiento de carbono cuando se mono cultivan especies de árboles invasores no nativos (Srivastava y Sahay 2023). Los

humedales necesitarían ser bastante amplios para impedir las inundaciones causadas por un huracán o una marejada ciclónica (Costanzaa *et al.* 2021); en esencia, se necesitan grandes humedales para que este método de inundación sea eficaz (Cocozza *et al.*, 2023). Reconociendo que estos remedios no funcionan por sí mismo y en la búsqueda de encontrar la resiliencia de las ciudades costeras en el caribe es importante examinar las categorías de la resiliencia.

Otra ruta de alcanzar la resiliencia es a través de indicadores. Los indicadores de inundaciones son lo que se puede utilizar para medir, observar o determinar si se puede lograr la resiliencia urbana a las inundaciones en las ciudades costeras o si se puede alcanzar un umbral para tomar medidas. También es importante para diferencias las características de la resiliencia de acuerdo con el contexto que es único de cada ciudad para mostrar cambios y progresos. La ilustración 24 describe como puede evaluar de la resiliencia urbana frente inundaciones.

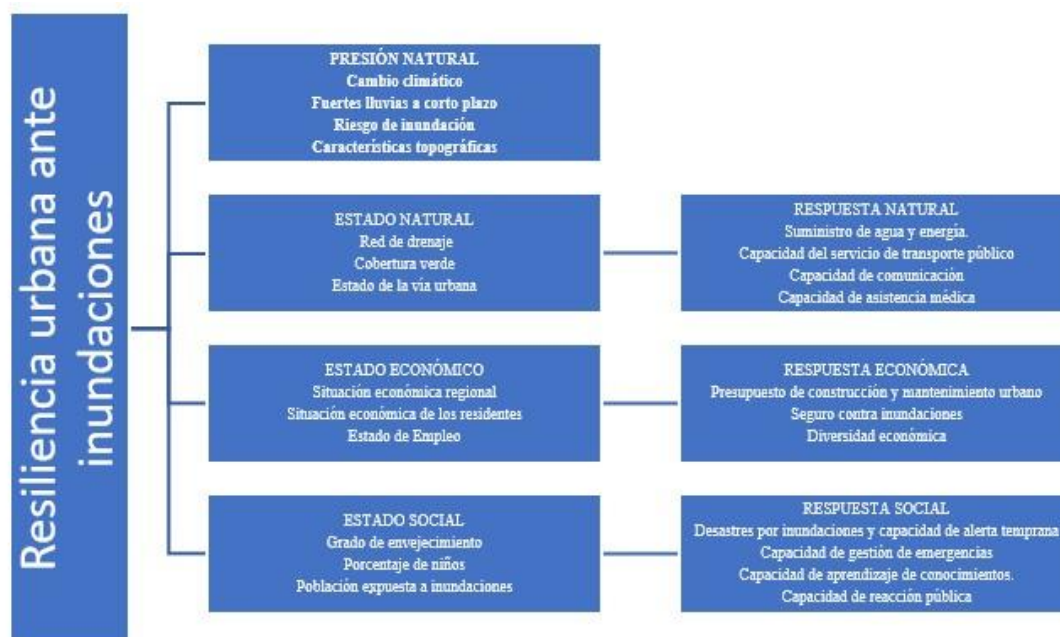


Ilustración 24 Los indicadores para la evaluación de la resiliencia urbana a las inundaciones
Adaptado de Zhu *et al.* (2023b)

Como presión natural en esta ilustración no se incluyen las dinámicas que enfrentan las ciudades costeras como las inundaciones fluviales en las ciudades. Además de lo anteriormente mencionado, dinámicas como el aumento del nivel del mar, mareas altas, marejadas ciclónicas, huracanes y en eventos extremos tsunamis no se contabilizan. Tampoco incluye la capacidad

institucional, las condiciones territoriales y ambientales, así como la gobernanza, que las ciudades costeras a menudo enfrentan para combatir las inundaciones y mejorar la resiliencia urbana ante esas. Sin embargo, estas dinámicas y capacidades se abordan en otras secciones de esta tesis.

Existe indicadores de la resiliencia estatal que también es útil porque hay poderes que no están otorgadas al gobierno federal sino reservadas al gobierno a nivel estatal, dado que la magnitud de las inundaciones puede afectar a los estados y no a un país en su conjunto (en el caso de México) es importante incorporar estos indicadores. Zhu *et al.* (2023b) mencionan los indicadores de resiliencia de la dimensión estatal que incluye Estado social, estado económico, construcción urbana y entorno ecológico.

- *El estado social:* es un reflejo de la calidad y cantidad del mismo o el reflejo de las características democráticas indica la vulnerabilidad de los habitantes de la ciudad y su capacidad para adaptarse a las inundaciones, también la cantidad de personas afectadas por unidad de suelo de la ciudad.
- *El estado económico:* refleja la cantidad y calidad de la economía, la solidez y la redundancia de la economía urbana y de los residentes urbanos individuales en lo que se refiere a la resiliencia económica.
- *Construcción urbana:* la construcción está relacionada con la infraestructura y la durabilidad del diseño espacial del drenaje urbano; también incluye la eficiencia del sistema de transporte.
- *El entorno ecológico:* abarca la cobertura verde y la capacidad de los espacios verdes urbanos para purificar la escorrentía superficial, proporcionar infiltración natural del agua de lluvia y almacenamiento del agua de las inundaciones, promover la infiltración natural del agua de lluvia y almacenar el agua de las inundaciones.

La combinación de dos es importante porque si bien la construcción urbana y el sistema de transporte están incluidos en los indicadores de Zhu *et al.* (2023a) no logra incorporar tecnología de control que conduzca a la resiliencia urbana a las inundaciones.

Los indicadores que debe utilizar para evaluar la resiliencia urbana a las inundaciones para tener resultados que sean únicos en el contexto caribeño es importante elegir indicadores que sean

precisos y bien definidos para resaltar tendencias, que puedan mostrar el impacto de la gestión de políticas públicas, el papel de las instituciones en la resiliencia y la capacidad de adaptación a largo plazo en el contexto de la región Caribe. La ilustración 25 demuestra algunos otros indicadores para evaluar la resiliencia urbana a los desbordamientos.

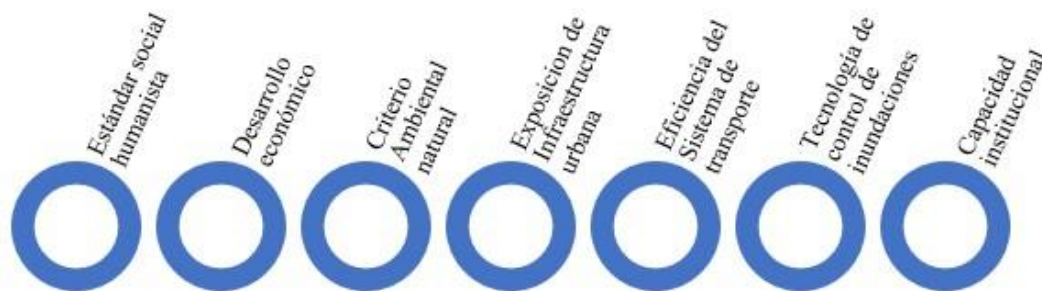


Ilustración 25 indicadores que se deben utilizar para evaluar la resiliencia urbana a las inundaciones. Fuente: adaptado de (Zhu *et al.*, 2023b; Zhu *et al.*, 2021).

Esta tesis pretende utilizar los indicadores de la ilustración como anterior Zhu *et al.* (2021) mencionan que otros autores han creado un modelo de proyección avanzado para la resiliencia ante desastres por inundaciones considerando el desarrollo económico, el estándar social humanista, el medio ambiente natural y la tecnología de control de inundaciones. También mencionan la exposición de la infraestructura urbana y la capacidad institucional como indicadores de la resiliencia urbana a las inundaciones (Zhu *et al.* 2021).

1.5.5 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza

Gobernanza es un proceso de negociación entre actores con el propósito de resolver problemas de la sociedad mediante un sistema de estrategias, reglamentos, mecanismos y procesos de una manera estructural Sánchez y Medina (2021). Los actores de la gobernanza incluyen los tres niveles de gobierno (federal, estatal y local), varias organizaciones de la sociedad civil, organizaciones del sector público y ciudadanos (Bottazzi *et al.* 2019). Lee *et al.* (2022) mencionan que en todos los departamentos gubernamentales y niveles jurisdiccionales existe una pobre integración de las políticas de adaptación que dificulta la adaptación. Ishiwatari y Surjan (2019)

mencionan que la mayoría de estos países no pueden invertir lo suficiente de manera proactiva en las inundaciones.

Sin embargo, existe un planteamiento de gobernanza urbana para implementar la resiliencia ante inundaciones, que explique las intervenciones y los enfoques recientes de gobernanza que se han desplazado hacia una gobernanza como mecanismo de la implementación de resiliencia de planes, programas y proyectos ante inundaciones.

De esta forma, se plantean los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza urbana, que consideran la dimensión espacial de gestión, la coordinación institucional y de instrumentos, así como la planeación ambiental en las ciudades costeras. Beunen *et al.* (2017) reconocen que en los sistemas socioecológicos, gobernar para la resiliencia es un desafío importante que requiere que los sistemas de gobernanza tengan un equilibrio entre estabilidad y flexibilidad y que las instituciones son esenciales para lograrlo.

Desde este enfoque, debe reconocerse que la resiliencia debe informar a la gobernanza urbana frente a las inundaciones. Beunen *et al.* (2017) coinciden en que la resiliencia se ha consolidado como un concepto clave en la gobernanza ambiental. Si la gobernanza urbana toma la iniciativa, corre el riesgo de volverse rígida o prescriptiva, lo que en última instancia puede socavar la resiliencia frente a las inundaciones. Enfocarse primero en la resiliencia como base permite que la gobernanza urbana se mantenga adaptable y evolucione con los desafíos emergentes, en lugar de depender de soluciones rígidas y de arriba hacia abajo que no garantizan la reducción de los impactos de las inundaciones.

La responsabilidad del estado es resolver problemas como la sensibilidad a servicios básicos y urbanos como la inundación, de manera sistemática entre los actores, debe atender las necesidades de los ciudadanos de las ciudades costeras porque su compromiso es instituir a los actores de esas ciudades (UNDRR 2017a; Venancio, 2016). En referencia a la gobernanza resiliente, la ilustración 26 presenta los compendios estructurales de lo anteriormente mencionado.



Ilustración 26 Elementos estructurales de la resiliencia para gobernanza urbana de ciudades costeras Fuente: Adaptado de (UNDRR 2017a; Venancio, 2016)

Existen factores estructurales que influyen en la gestión de inundaciones en ciudades costeras, adaptado por Venancio (2016) y UNDRR (2017a) y son los siguientes:

- El interés general de las instituciones: Agrawal, (2008) Menciona que las instituciones locales tienen un papel en influir en la adaptación y los resultados climáticos frente a las inundaciones; además, pueden aumentar la vulnerabilidad y reducir la capacidad de adaptación. Esto está respaldado por UNDRR (2017a), que menciona que estas instituciones deben coordinarse sistemáticamente para abordar la reducción del desastre.
- La participación comunitaria: UNDRR (2017a) reconoce que la participación comunitaria y la cohesión social son componentes fundamentales para una resiliencia efectiva frente a las inundaciones, junto con iniciativas educativas, sesiones de capacitación y una mayor concienciación. Su efectividad depende de las perspectivas sociales y la cooperación ante inundaciones costeras mediante la participación y capital social.
- El liderazgo en la sociedad red: Los gobiernos locales deben liderar los esfuerzos de reducción de riesgos y construcción de resiliencia dentro de las ciudades, así como

regular y monitorear el progreso, respaldado por la participación de múltiples partes interesadas (UNDRR, 2017a). Es importante que los Estados reconozcan su responsabilidad de lograr congruencia entre la realidad y los instrumentos regulatorios ya que los instrumentos regulatorios son importados y no corresponden a los contextos de las ciudades costeras de los países en desarrollo en la zona ecuatorial tropical y en específico Cozumel México y St. George, Granada.

- Las redes de políticas públicas de las ciudades costeras: la articulación de las políticas de las ciudades costeras. Danhassan *et al* (2023) enfatizaron que es responsabilidad del gobierno diseñar, formular e implementar políticas contra inundaciones. Los territorios y los poderes son importantes en la gobernanza urbana, por lo tanto, en el caso de México las inundaciones de las ciudades costeras pueden exceder los límites político-administrativos de los municipios y pueden requerir colaboración entre los gobiernos municipales para la creación e implementación de planes, programas y proyectos para abordar los problemas de inundaciones. Además, Danhassan *et al.* (2023) afirman que la responsabilidad de gobernanza debería asignarse y la política de descentralización debería descentralizarse hacia los gobiernos estatales y locales.
- La gestión en la sociedad red: la gestión de la red es importante porque es la articulación de actores públicos y privados, quienes en general tienen objetivos e intereses contrapuestos en la red. La gestión estratégica enfatiza los recursos de las ciudades costeras para dedicarlos a las inundaciones (Song, 2024). Adicionalmente, UNDRR (2017a) menciona que las autoridades del gobierno nacional y los parlamentarios deben apoyar las capacidades descentralizadas con los recursos prioritarios, políticas y legislación de respaldo necesarios. Se debe coordinar la planificación y gestión para responder a las inundaciones mediante la adopción de un proyecto, acción colectiva, visión clara.

Los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza permiten hacer frente a las inundaciones y adaptarse a ellas. El entorno propicio para el cambio y la transformación sistémicos se puede lograr mediante políticas, regulaciones, normas, redes, infraestructura y mecanismos de

protección social. Una resiliencia para informar la gobernanza puede ayudar a reducir el impacto y la duración de las inundaciones, fomentando el aprendizaje y la innovación para eventos futuros.

La efectividad de la gobernanza depende de la voluntad política para tomar decisiones que repercuten en los tres niveles de gobierno en la implementación de políticas destinadas a enfrentar los riesgos asociadas con la resiliencia y las inundaciones. Sin voluntad política no se puede llegar a la resiliencia. Adicionalmente es importante tener coordinaciones entre departamentos para lograr los fines y no solamente la identificación de la inundación y recomendaciones para combatirlo como es la norma en países en desarrollo.

De esta forma, la gobernanza ambiental es importante para la resiliencia y ha ganado en complejidad, pasando de un proceso de toma de decisiones simplista, de arriba hacia abajo, basado en el gobierno, a un proceso más multifacético, policéntrico, autoorganizado y colaborativo, como es el caso actualmente últimamente replicado en la noción de una gobernanza adaptativa para la resiliencia (Bottazzi *et al.*, 2019). Haciendo referencia a la inundación urbana, la siguiente ilustración describe la Gobernanza.

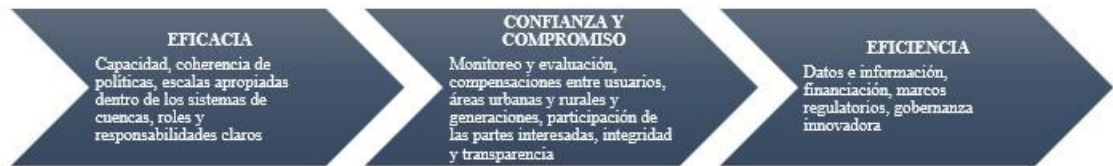


Ilustración 27 Gobernanza urbana de inundaciones
Adaptado de (OECD, 2023)

Los aspectos o categorías de la gobernanza urbana de las inundaciones; eficiencia, confianza y compromiso y eficacia. A partir de las redes de las políticas públicas se puede identificar y construir los actores de las inundaciones. Permite identificar las características los recursos que se encuentran los actores de la red, que permita la formulación de los planes, programas y proyectos. Por lo tanto, cada actor tiene sus propios intereses según sus necesidades en el territorio y este puede ayudar o chocar con la resiliencia.

1.6 Conclusiones del capítulo

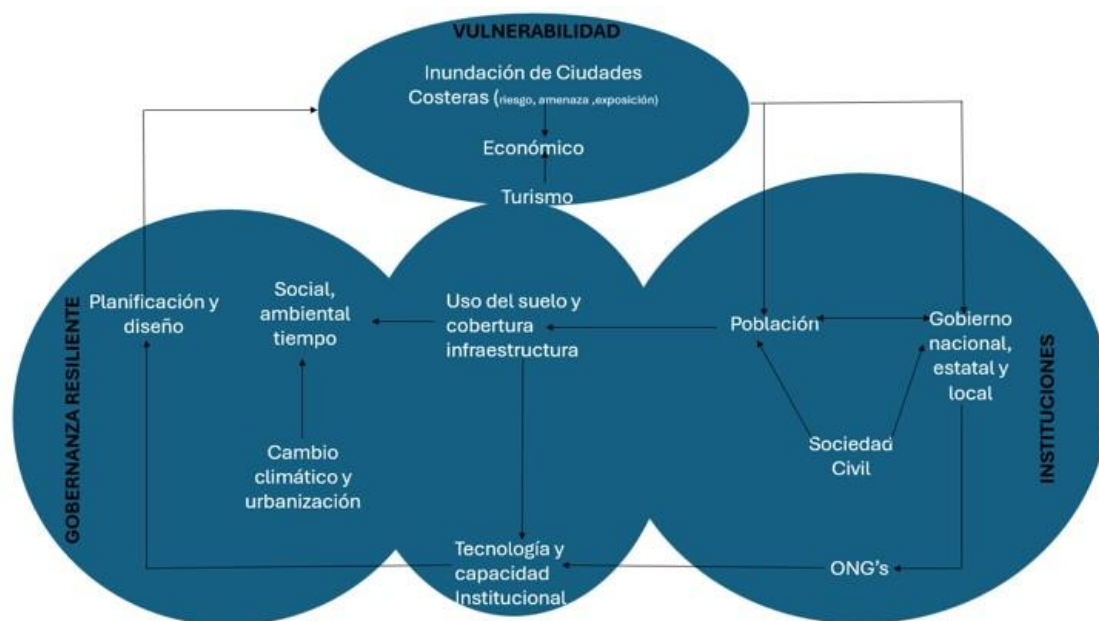


Ilustración 28 Las causas de las inundaciones en ciudades costeras
Fuente: Elaboración propia en base a MEGADAPT

La imagen resalta que la resiliencia frente a inundaciones depende, en gran medida, de la implicación activa de la comunidad y de la solidez de sus lazos sociales. Se enfatiza que, además de contar con infraestructuras y tecnología adecuadas, empoderar a las instituciones para la planificación y el diseño, y a la comunidad para preparar a la población ante los riesgos. En conjunto, el mensaje visual subraya que la integración y cooperación entre todos los actores locales e internacionales fortalecen la capacidad de prevención, respuesta y recuperación ante desastres.

Las áreas que dependen en gran medida del turismo pueden ser más vulnerables y menos resilientes debido a la fuerza y magnitud del cambio climático, y falta de capital económico, político y social (Dogru *et al.*, 2019). La teoría de la resiliencia a las inundaciones urbanas ha supuesto un cambio de paradigma como respuesta a las inundaciones urbanas (Srivastava y Sahay, 2023).

Desde 2015, la resiliencia urbana a las inundaciones surgió como un foco de investigación con un aumento sustancial a nivel mundial (Gao *et al.*, 2022). Sin embargo, la ingeniería de resiliencia a las inundaciones no ha demostrado ser sostenible, ya que no se puede predecir si fallarán o no. Los enfoques que implican estrategias de acomodación, retirada y evitación están

muy vinculados a los enfoques de planificación urbana; sin embargo, los enfoques ecológicos no están integrados. Muchas ciudades costeras de los países en desarrollo tienden a concentrarse en enfoques ecológicos y estructurales y descuidan los relacionados con la planificación urbana.

2. Marco referencial: abordajes económicos, temáticos, metodológicos y desde los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones

El objetivo de este apartado es desarrollar un marco referencial, que facilite la revisión de literatura sobre la resiliencia ante inundaciones considerando los siguientes enfoques : experiencias en países con ingresos diferenciales, perspectiva temática, enfoque metodológico y elementos estructurales, que configuran la resiliencia urbana costera frente a inundaciones Este capítulo busca integrar las lecciones aprendidas de diversos estudios de caso, tanto a nivel internacional como nacional, identificando criterios de análisis, variables e indicadores que han sido empleados para el análisis previo.

Dentro del presente capítulo, se abordan los aspectos referenciales, teóricos y conceptuales en los cuales se basó la presente investigación, ubicando estos dentro del campo de la resiliencia y la gobernanza, con el fin de brindar información referente de cómo se han estudiado dichas nociones ante las inundaciones. Para llevar a cabo esta investigación, se revisaron diversas fuentes, incluyendo artículos científicos y capítulos de libros. Se utilizaron bases de datos como Scopus, Web of Science, Google Scholar y repositorios institucionales. Se identificaron un total de 50 fuentes, de las cuales 15 se consideraron relevantes por su pertinencia conceptual y metodológica para el análisis. Se describe el proceso de búsqueda de información, incluyendo criterios de acuerdo a la relevancia del tema, su claridad metodológica. Palabras clave como inundaciones urbanas, gobernanza urbana y resiliencia ante inundaciones fueron utilizadas, priorizando publicaciones en idiomas de inglés y español. El periodo de tiempo 2016-2023 (con un 86,6% correspondiente al periodo 2019-2023), para proporcionar una base teórica actualizada que sustente el análisis de esta investigación.

En primer lugar, se presentan diversas experiencias según los ingresos diferenciales de los países, aunque también se consideran otros factores organizacionales, institucionales e instrumentales para analizar la vulnerabilidad social. En segundo lugar, se presentan los principales temas asociados a la resiliencia ante inundaciones. Posteriormente se describe el enfoque metodológico aplicado de los estudios e investigaciones previas. Para ello, se identifican los abordajes metodológicos de las contribuciones revisadas, que permiten comprender, analizar y explorar las diferentes perspectivas de las inundaciones; ayudan a diseñar la investigación y

seleccionar entre metodologías cualitativas o cuantitativas, el uso de SIG para representar zonas inundadas, así como otros medios para verificar datos y los modelos de utilidad en la investigación.

También se consideran los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza, que son adaptados de Venancio (2016) y permiten comprender las causas de descoordinación y los desafíos persistentes en la gestión de inundaciones, además, se aborda la importancia estratégica de ciertas instituciones y cómo las políticas influyen en el uso y gestión del suelo urbano.

Así mismo, se retoma la clasificación de los enfoques de resiliencia propuesta por Diez *et al.* (2022), que sirven para la intervención urbana, ya que la resiliencia urbana involucra la infraestructura física como la gobernanza efectiva y la planificación urbana por lo tanto es importante tener colaboración entre los actores y tomadores de decisiones en enfrentar los desafíos de las inundaciones.

Este apartado contribuye al desarrollo de la investigación, al identificar en los trabajos previos, aquellos organismos participan globalmente en el tema de las inundaciones, cuáles son las instituciones políticas para la gestión del riesgo, su capacidad de respuesta ha favorecido la población o sino las barreras identificadas, por último, si se existe herramientas tecnológicas para monitorear el riesgo a inundaciones. Finalmente, se identifican y examinan las variables e indicadores, seguidas de una discusión y conclusión. La ilustración 29 es un resumen de este capítulo.

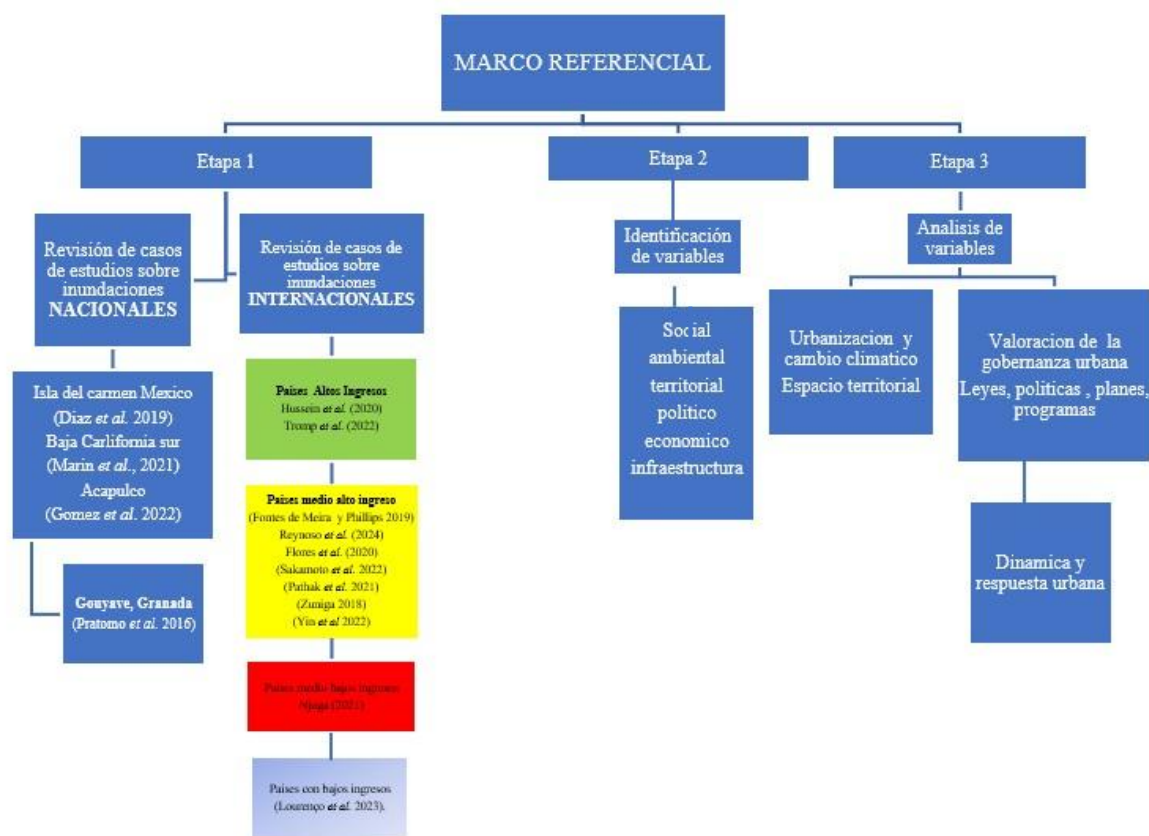


Ilustración 29 Esquema de Marco Referencial
Fuente: Elaboración propia

2.1 Experiencias en países con ingresos diferenciales

Este primer apartado describe la orientación del abordaje de la resiliencia ante inundaciones respecto a los ingresos diferenciales, es decir, la consideración del tema en correspondencia con el ingreso de distintos países (ingreso alto, ingreso medio alto, ingreso medio bajo e ingreso bajo), siguiendo la clasificación propuesta por Hamadeh *et al.* (2023), quienes refieren a estas cuatro diferentes categorías orden descendente.

a) Ingreso alto

- **Cobertura y el uso del suelo en la Costa Este, Emiratos Árabes Unidos**

Hussein *et al.* (2020) investigaron los cambios en la cobertura y el uso del suelo a lo largo de la costa este de los Emiratos Árabes Unidos en relación con su dinámica espaciotemporal durante 20 años hasta 2016 con el uso de datos satelitales multiespectrales para identificar y comprender los cambios radicales que son cruciales para evaluar los cambios extremos en las zonas costeras, se utilizaron datos Landsat y técnicas de clasificación supervisadas para evaluar el uso y la cobertura del suelo, las áreas urbanizadas, las montañas de agua, la vegetación y las áreas arenosas fueron las cinco clases principales identificadas y delineadas.

Los resultados mostraron una expansión significativa de áreas urbanizadas (46,43%) y de vegetación (35,66%). La evaluación de imágenes categorizadas confirma la consistencia del esquema de clasificación aplicado a la mayoría de las áreas recientemente desarrolladas expandidas a lo largo de las costas direcciones noroeste y suroeste, hubo una fuerte disminución en las áreas desérticas y montañosas resultado de la trituración y la minería, que puede causar problemas ambientales futuras (Hussein *et al.* 2020).

Los investigadores ejecutaron un modelo HEC-HMS urbanizado con factores relacionados con la urbanización que oscilaban entre el 0% y el 100% y que representaban el crecimiento previo y potencial de las condiciones urbanas en estas áreas que involucran las dos cuencas hidrográficas y cuantifican los impactos de las inundaciones que son el resultado del período de retorno de varias tormentas Hussein *et al.* (2020). La investigación analizó la asociación entre la rápida urbanización y los peligros de inundaciones en el área de estudio, se prepararon insumos para un modelo hidrológico utilizando SIG y datos de sensores remotos, mientras que el impacto de la urbanización en la descarga máxima de inundaciones para tormentas con diferentes períodos de retorno en diversos escenarios de urbanización Hussein *et al.* (2020). Las réplicas sugirieron que las inundaciones causadas por una tormenta en particular pueden verse significativamente exacerbadas por la urbanización, ya que las áreas urbanizadas pueden disminuir la infiltración y obstruir el drenaje natural. Las precipitaciones pequeñas a moderadas producen impactos de urbanización significativamente mayores que las más grandes, lo que implica que las inundaciones causadas por eventos de lluvia más frecuentes agregarán más problemas con una mayor expansión urbana (Hussein *et al.* 2020).

En general, la urbanización aumentará los picos de descarga, los volúmenes de escorrentía y el grado de inundación dentro de una cuenca, las ciudades experimentarán más inundaciones en las calles y áreas urbanizadas; sin embargo, el terreno también determina el impacto ya que las inundaciones serán más breves en las áreas empinadas pero con mayores velocidades del agua que podrían provocar el arrastre de vehículos por la calle y otros daños, en pendientes suaves el agua estancada puede contaminarse (Hussein *et al.* 2020).

Los resultados de esta investigación ayudan a la planificación, la formulación de políticas y la identificación de ecosistemas amenazados a través de la comprensión de los cambios del suelo en los EAU a lo largo de la costa este, el crecimiento de la población y la economía hacen que la urbanización sea inevitable, por lo que para reducir los impactos de la urbanización en la escorrentía se propuso que es crucial implementar estrategias de Mejores Prácticas de Gestión (BMP) y desarrollo de bajo impacto (LID) (Hussein *et al.* 2020).

- **Programa holandés de protección contra inundaciones**

El gobierno nacional holandés adoptó un enfoque basado en el riesgo para la política de gestión del riesgo de inundaciones que se basa en nuevos conocimientos sobre la seguridad de los diques y los impactos graves de las inundaciones que resultan en diques y otras fallas estructurales (Tromp *et al.* 2022). Es un enfoque proactivo de estándares de protección basados en la perspectiva y el impacto de inundaciones en 2050, lo que se reflejará en la evolución socioeconómica y el cambio climático (Tromp *et al.* 2022). La Ley del Agua establece las directrices legales para las estructuras de protección contra inundaciones, las evaluaciones deben realizarse cada 12 años, si no se cumplen las normas, el organismo responsable puede solicitar al Programa Holandés de Protección contra Inundaciones (DFPP en inglés) la financiación, se modernizarán aproximadamente 1500 km de diques y 500 estructuras de ingeniería civil hasta 2050 (Tromp *et al.* 2022).

Para identificar por qué se detuvo el desarrollo de innovaciones, el Programa holandés de protección contra inundaciones evaluó seis factores críticos de éxito que incluyen: personas involucradas, instrumentos, organización, gobernanza, legislación y discurso; los últimos tres son condiciones previas fuera de los límites de la influencia de los proyectos de mejora de diques,

mientras que los primeros tres pueden ser controlados por las autoridades regionales del agua o por miembros del equipo del proyecto (Tromp *et al.* 2022).

El método que utilizaron Tromp *et al.* (2022) evaluaron la estrategia de innovación y el desarrollo de conocimiento para determinar si el conocimiento adquirido se estaba beneficiando una percepción alterada de la acción–del usuario final–que de la transmisión de objetivos. Desarrollaron el Marco para la Observación, Diagnóstico e Intervención en momentos de Interacción del Conocimiento (FODIKI en inglés) para obtener una mejor apreciación de la absorción y transferencia de conocimiento en los procesos. El éxito de la transferencia y asimilación de dicho conocimiento depende de barreras (transmisión, cognitivas, psicológicas), mecanismos de falla (uso incorrecto, desconfianza, falta de retransmisión) y condiciones previas (confianza) y una retroalimentación exhaustiva (Tromp *et al.* 2022). Aplicaron la metodología FODIKI mediante un análisis histórico de estudio de caso y un proceso participativo de rediseño de diques y proyectos relacionados (Tromp *et al.* 2022). La investigación siguió un método iterativo, cada iteración recorría cuatro pasos que incluyen “planificar, actuar y observar, reflexionar y luego volver a planificar”, los conjuntos de datos utilizados fueron la estrategia de conocimiento e innovación y los datos de seguimiento (Tromp *et al.* 2022).

La aceleración del cambio climático se produce a un ritmo mayor de lo previsto, lo que coloca a las ciudades en mayores riesgos, mientras que se espera que las normas y valores de la sociedad cambien con el tiempo, por lo que la adaptación del DFPP de la estrategia de innovación y conocimiento de aprender haciendo que le permite ser flexible y adaptable (Tromp *et al.* 2022). Como el conocimiento se construye y sitúa socialmente, el conocimiento debe compartirse y reformularse activamente entre los participantes del grupo, se requiere conciencia constante y conocimiento adicional sobre el impacto de los cambios en la implementación del programa (Tromp *et al.* 2022).

b) Ingreso medio alto

- **Prácticas de ciudades esponja en China**

La construcción de la ciudad esponja tiene como objetivo controlar eficientemente la escorrentía de aguas pluviales, se hace hincapié en maximizar el uso de áreas permeables por su capacidad natural de absorción y permeación, lo que conduce a la minimización de los problemas en el sistema hídrico provocados por la urbanización Yin *et al.*, (2022). Los autores mencionados indican que su filosofía implica la transformación a una promulgación sistemática de “infiltración, detención, retención, purificación, utilización y descarga”, que es diferente de un principio tradicional de drenaje rápido, la escorrentía de aguas pluviales se controla mediante la reducción de las fuentes y la regulación del proceso, lo que posiblemente conduzca a un enfoque de desarrollo urbano sostenible a través de una colaboración organizada de planificación, diseño, construcción, operación y gestión (Yin *et al.*, 2022).

China es considerada como una de las cunas de la civilización con una cultura milenaria, por lo que no es de extrañar que hayan aprendido de sus antepasados, de hecho, la fuente de la cultura moderna es su cultura tradicional, que debe aprenderse para comprender mejor la gestión de las aguas pluviales en el entorno urbano. (Yin *et al.*, 2022). En la creación de la ciudad esponja, las ideas de almacenamiento natural, infiltración y purificación se derivaron del conocimiento de los pueblos antiguos que los llevó a utilizar enfoques basados en la naturaleza para recolectar y descargar aguas pluviales, varias partes interesadas se reúnen para la construcción de la ciudad esponja, como los gobiernos central y local, los planificadores y diseñadores, los constructores y mantenedores y el público en general (Yin *et al.*, 2022).

Yin *et al.*, (2022) explican que el papel del gobierno central es guiar la formulación de la planificación y el proceso de selección de dirección, el gobierno emite políticas a través de leyes y regulaciones mientras promueve su construcción y transformación, también absorbieron capital social aunque aumenta la inversión financiera, a su vez, el concepto se integró en la planificación y el desarrollo urbano al final un supervisor de auditoría garantiza que los fondos se utilicen de manera racional y eficiente.

Yin *et al.*, (2022) explican que el papel del gobierno central es guiar el proceso de formulación, selección y dirección de la planificación, emitir políticas para promover su construcción y transformación, mientras absorbieron capital social, un supervisor de auditoría garantiza que los fondos se utilicen de manera racional y eficiente. El gobierno local forma un programa de gestión y control de flujo de trabajo durante todo el proceso, incorporando el

cumplimiento, un sistema de evaluación y emisión de estándares de adaptaciones, realiza actividades de educación publicitaria y exploración de recursos financieros, finalmente, identifica instituciones para aumentar el apoyo crediticio a la construcción de ciudades esponja (Yin *et al.*, 2022).

Los planificadores y diseñadores identifican los problemas locales de antemano para garantizar la racionalización y adaptación, realizan un estudio de viabilidad y guían la construcción, mientras los diseñadores y constructores cooperan y se coordinan para un diseño práctico y rentable, en última instancia se realiza una verificación de aceptación sistemática después de la construcción (Yin *et al.*, 2022). Los mantenedores sustentan de manera rutina, realizan inspecciones especiales antes y después de una tormenta y monitoreo a largo plazo; en caso de incumplimiento de diseño, se requeriría un mantenimiento especial Yin *et al.*, (2022)

El público es importante en la concientización sobre la construcción de la ciudad esponja, guiando el desarrollo de hábitos positivos medio ambientales y la movilización del entusiasmo para participar en la construcción, pueden proteger las instalaciones y llevar a cabo actividades voluntarias para ayudar a su mantenimiento, ya sea de manera espontánea u organizado previamente (Yin *et al.*, 2022).

Quizás la construcción antigua más común es el cuadrilátero, los diseños varían ligeramente para adaptarse al clima local, requieren una buena capacidad de drenaje, a lo largo de los muros construidos se plantan flores y árboles para que cada vez que llueva caiga sobre las hojas de estos árboles, una porción de la escorrentía se absorbe en la superficie permeable proporcionada en el patio (en el sur de China, los patios normalmente sustituyen a los patios), el resto se descarga en zanjas y luego en el sistema de drenaje (Yin *et al.*, 2022).

Como resultado de la construcción de la ciudad esponja, el asentamiento de Hongcun ha tenido éxito histórico al no verse afectado por fuertes lluvias, ya que contaba con una combinación de instalaciones de drenaje y almacenamiento para lograr la retención inicial de aguas pluviales y posteriormente el drenaje de aguas adicionales a cuerpos de agua más abajo u otro éxito (Yin *et al.*, 2022). En el asentamiento de Tuancheng, implementaron pavimentada con ladrillos permeables, cuando hay escorrentía sustancial que no se puede absorber, fluye hacia pozos de agua que pueden ser de norte a sur dependiendo del terreno; en las inundaciones de Beijing de 2012, no hubo informes de inundaciones en Tuancheng (Yin *et al.*, 2022).

- **Impactos por cambio climático y desarrollo de infraestructura en islas Maldivas**

La República de Maldivas es el más bajo de los cuatro países con atolones a nivel mundial, el 80% del territorio está a menos de 1 m sobre el nivel medio del mar, los países con atolones son principalmente tierras bajas, por lo que son inmensamente sensibles al cambio climático y al aumento del nivel del mar (SLR en inglés) impacta a la mayoría de estos países que podrían volverse inhabitables a finales de este siglo, ya que las proyecciones muestran que el nivel medio global del mar alcanzará los 2 y 5 metros para 2100 y 2150 respectivamente. Hay cuatro opciones para que estos países enfrenten el aumento del nivel del mar; migrar a los países desarrollados, o a otras islas, recuperar tierras y elevar la altitud, desarrollar plataformas flotantes, el gobierno de Maldivas optó por construir una isla artificial llamada Hulhumale junto a su capital Male para hacer frente a Sakamoto *et al.* (2022). El propósito de Sakamoto *et al.* (2022) la investigación tuvo como objetivo detectar la reducción de los posibles impactos de las medidas de migración a islas artificiales.

Después de aproximadamente 193 millones de dólares en dos fases, en la fase uno, se construyeron 188 hectáreas de tierra nueva aproximadamente a 2 m sobre el nivel del mar, en aproximadamente 5 años de construcción, 1.000 personas migraron oficialmente a la nueva isla, en la fase dos, se recuperaron 244 hectáreas de tierra nueva., fue ejecutado por la estatal Corporación de Desarrollo de Vivienda (HDC) para la expansión comercial, económica y residencial Sakamoto *et al.* (2022).

Sakamoto *et al.* (2022) mencionó que el método utilizado incluía datos estadísticos que se obtuvieron del gobierno de Maldivas y se analizaron (a) para obtener información sobre las preferencias de estilo de vida de los lugareños y las diferentes condiciones en la capital y la nueva isla, luego la información se utilizó para promover la migración de otra isla (no hombres) a esta última isla a través de cuestionarios y entrevistas.

En la actualidad, el aumento del nivel del mar no motiva la migración a la isla artificial de Hulhumale; hasta ahora, el empleo de altos ingresos y el nivel educativo son los factores que motivan para sostener la migración voluntaria; para los inmigrantes fuera de Malé, Hulhumale es

atractivo debido a sus condiciones laborales satisfactorias, adecuadas condiciones de vida, servicios de salud dignos, educación y servicios sociales (Sakamoto *et al.* 2022).

Sakamoto *et al.* (2022) menciona que las entrevistas revelaron que ya no hay preferencia por trabajos manuales como la pesca, ya que el número de empleos en las industrias ha aumentado significativamente en comparación con los del sector primario. Algunas de las propuestas incluían empleo continuo para dar cabida a futuras migraciones como La creación de empleo es obligatoria para atraer a personas que tradicionalmente han trabajado en industrias primarias, es probable que mayores ingresos promedio y relaciones entre empleados y fuerza laboral puedan cambiar el comportamiento de consumo en el futuro (Sakamoto *et al.* 2022).

- **Resiliencia urbana ante inundaciones en Bogotá, Holguín, Lima, Río de Janeiro y San Salvador**

Los desastres urbanos son un proceso dinámico y social; la magnitud del desastre depende de la preparación de la sociedad para estas amenazas y de la etapa de desarrollo que ayuda a moderar la vulnerabilidad a las inundaciones (Zúñiga, 2018). La investigación de las inundaciones incluye las ciudades Bogotá, Colombia; Holguín, Cuba; Lima, Perú; Río de Janeiro, Brasil; y San Salvador, El Salvador ha permitido que la extracción de elementos comunes como la falta de desarrollo o el desarrollo urbano y territorial no planificado conduce una reducción de los ecosistemas, aspectos que no son considerados en los planes urbanas (Zúñiga, 2018). Las ciudades suelen asentarse en cuencas hidrográficas con suelo urbano en zonas de baja elevación y tormentas, las infraestructuras de drenaje muchas veces fallan, son insuficientes con obstrucciones, las viviendas de mala calidad en zonas no aptas, entre grandes obras territoriales se han modificado los sistemas de drenaje natural de la ciudad, también existen limitaciones en la preparación social y la percepción de riesgo (Zúñiga, 2018).

La metodología fue adoptada tanto para la investigación social y las ciencias técnicas, se aplicaron metodologías empíricas y teóricas incluyendo entrevistas, observación y estudios de casos, complementadas con análisis estadístico, la investigación empírica reconoció que es posible que el impacto total de la variación climático en las áreas urbanas aún no esté determinado; sin

embargo, estriba de la ubicación, las características físicas, la voluntad política de adaptación, los recursos financieros, el nivel de desarrollo y los aspectos sociales (Zúñiga, 2018).

La metodología involucra la concepción del espacio y ecosistema natural y social en ella se reconoce como un sistema de sistemas; señala que las interacciones que ocurren dentro del espacio son el resultado de un proceso de construcción social que ocurre durante un período de tiempo a través de numerosas formas de organización que son dependientes (Zúñiga, 2018). Desde la perspectiva de que la concepción de ecosistema es conexas, las variables y componentes forman la biósfera urbana a partir de flujos de energía, materia e información, estas influencias revelaron tanto la exposición y susceptibilidad del entorno de la ciudad como un sistema abierto con un automatismo mínimo (Zúñiga, 2018).

Cada ecosistema urbano tiene sus propias particularidades y los aspectos para el riesgo de inundaciones y deben analizar como un problema espacial de la vulnerabilidad (Zúñiga, 2018). Un conjunto de variables clasificados por la dimensión físico espacial (hidrología, clima, geología, geomorfología, infraestructuras o líneas vitales, litología, diversidad biológica y cultural, paisajes, edificaciones, y el ecosistema urbano) y la dimensión sociopolítica (gobierno, ordenamiento territorial, demografía, educación y desarrollo comunitario) pueden identificar indicadores (Zúñiga, 2018).

En la resiliencia es importante involucrar estudios transdisciplinarios en el contexto urbano porque desastres son resultados de la resiliencia y no son naturales en el exento de la palabra, sin embargo, es factible trabajar la problemática del riesgo de desastres desde una perspectiva de planificación desde los mecanismos de vulnerabilidad en el medio urbano y territorial como la exposición, la susceptibilidad y la resiliencia con una visión estratégica, sistémica y participativa (Zúñiga, 2018).

- **Riesgo de inundaciones en la región metropolitana de Buenos Aires, Argentina**

Flores *et al.* (2020) llevó a cabo esta investigación en el área metropolitana de Buenos Aires y pone de relieve la intrincada relación entre hidrología, riesgo de inundaciones y urbanización, el objetivo principal de la investigación fue la evaluación de las áreas urbanas y periurbanas en relación con el riesgo de inundación que en última instancia mitiga los daños por

inundación a través del proceso de toma de decisiones, la hipótesis fue que el riesgo de inundación regional se logró en ausencia de políticas de planificación del uso del suelo dirigidas a la prevención del desarrollo en las llanuras de inundación. Las precipitaciones que evaluaron los componentes de la incidencia de inundaciones mediante el análisis de los registros de precipitaciones durante un período de 30 años que finalizó en 2015 (Flores *et al.* 2020).

Los autores mencionan que en la provincia de Buenos Aires las áreas urbanas fueron demarcadas por el Código de Zonificación y las unidades censales urbanas locales, sin embargo reiteran que la urbanización posiblemente afecte la vulnerabilidad social a las medidas de mitigación del manejo de inundaciones, incluidas defensas estructurales como presas y desvíos de vías fluviales que no toman en cuenta el complejo funcionamiento del Sistema Socioecológico, es imprescindible que los cambios ambientales provocados por el hombre se evalúen en el contexto de ser impulsados por factores económicos, sociales y políticos para reducir la vulnerabilidad (Flores *et al.* 2020).

La investigación se centró en analizar las variaciones de la precipitación con el uso de modelos hidrológicos y acompañada de información hidrométrica, se incorporó categorización supervisada de imágenes de teledetección para la detección de cambios en la cobertura del suelo, finalmente una combinación de ambos análisis ayudó en la identificación y caracterización de los principales impulsores del proceso de urbanización relacionados con las inundaciones había cinco grupos de imágenes que eran de teledetección y basadas en satélites e incluían usos tales como cuerpos de agua, superficies impermeables, suelo desnudo, árboles y vegetación herbácea, Flores *et al.* (2020).

La estrategia del gobierno para resolver las inundaciones fue la implementación de medidas estructurales, sin embargo, parece que las inundaciones recurrentes tienen impactos más negativos, la investigación encontró que, aunque hubo una variabilidad significativa en las fases húmeda y seca a lo largo del año, hubo valores hidrométricos y precipitaciones estables durante todo el estudio Flores *et al.* (2020). Durante el período, la expansión urbana continuó en áreas propensas a inundaciones cuando las inundaciones eran poco frecuentes, esto a su vez puso de relieve la falta de políticas regionales para regular la expansión urbana y el riesgo de inundaciones, entonces corresponde a los administradores de suelos urbanas prevenir la ocupación de suelos en estas áreas propenso a inundaciones Flores *et al.* (2020).

- **Resiliencia ante inundaciones en República Dominicana**

El creciente número de desastres relacionados con el clima ha provocado que los países aumenten drásticamente sus inversiones en gestión del riesgo de desastres (GRD); algunos beneficios de la inversión incluyen la incorporación de activos intangibles en la reducción de daños; los múltiples dividendos de la resiliencia contribuyen al desarrollo sostenible al remodelar los desastres. Resiliencia como recuperación, crecimiento y mejora que abarca ventajas sociales, ambientales y económicas (Reynoso *et al.* 2024). La idea refleja la creación de empleo a través del desarrollo y mantenimiento de infraestructura que mejora la salud y el bienestar a medida que se reducen los peligros ambientales, la resiliencia climática mediante el fortalecimiento de la infraestructura, la mejora en el desarrollo de capacidades y la generación de redes internacionales, y la mejora de la economía local a través del aumento de la seguridad y el turismo como algo positivo y resultados a largo plazo de la GRD, en particular en el caso de las inundaciones (Reynoso *et al.* 2024).

El enfoque fue generar comprensión sobre la gestión adecuada de la resiliencia a inundaciones mientras que el objetivo de la investigación fue examinar exhaustivamente la resiliencia y la GRD que resulta efectiva en el contexto de la ciudad de Santo Domingo, analizando los desafíos y proponiendo soluciones con las lecciones aprendidas (Reynoso *et al.* 2024).

En la metodología, los modelos meteorológicos iniciales predijeron niveles de precipitaciones relativamente menores en la provincia de Gran Santo Domingo, aunque las expectativas fueron desafiadas en el evento real superando el promedio mensual de noviembre. Se llevó a cabo un taller en el que participaron estudiantes y académicos (enfoque en los estudiantes e intercambio académico) y partes interesadas encargadas de formular políticas (intercambio de conocimientos gubernamentales, prácticas y académicas) (Reynoso *et al.* 2024). También se realizaron visitas al sitio que involucraron a estudiantes y académicos mientras se explicaba la mejora de los asentamientos informales y los desafíos de trasladar a las personas a propiedades dignas, seguras y gratuitas mientras se recuperan las orillas de los ríos (Reynoso *et al.* 2024).

Se identificó que el marco del dividendo de resiliencia era apropiado para presentar soluciones viables a largo plazo y para articular las prioridades de la ciudad que deben abordarse, se utilizó

otro marco (Reynoso *et al.* 2024). En esta investigación se aplicó el marco de resiliencia comunitaria a los desastres, que constaba de dieciséis dominios o grupos distintos que miden la capacidad de la comunidad para anticipar, prepararse, responder, recuperarse y adaptarse a los impactos y crisis de los desastres (Reynoso *et al.* 2024). Luego, un equipo de académicos analizó y perfeccionó los datos recopilados de los participantes y las instituciones gubernamentales con respecto a la mitigación y resiliencia de inundaciones; de hecho, se desarrollaron 64 ideas junto con los datos de precipitación anual, todas las ideas se procesaron aplicando ChatGPT 3.5 promoviendo la traducción del texto original, sección análisis (categorización basada en aspectos sociales, físicos, ambientales y sociales), compilación y organización (en formato de tabla) y formato de tablas (Reynoso *et al.* 2024).

Los Desafíos se agruparon en cuatro categorías, sociales: falta de información sobre riesgos y vulnerabilidades, agendas confiables y alineadas entre las instituciones públicas y apoyo social durante las inundaciones; físico: infraestructura eléctrica débil, infraestructura vital ubicada en zonas vulnerables y sistema de alcantarillado obsoleto y mal conectado; ambiental: extracción indiscriminada de materiales aluviales y cambios topográficos debido al crecimiento urbano y económico: aproximadamente el 40% de la población del país está ocupando llanuras aluviales, inversión en datos hidrometeorológicos y disponibilidad centralizada, implementación de ordenamiento territorial adaptado al clima y códigos para garantizar drenaje urbano (Reynoso *et al.* 2024).

Reynoso *et al.* (2024) mencionan que debido a barreras como las limitaciones de recursos y las brechas de comunicación que obstaculizan la preparación valiosa de la sociedad para eventos de desastre y la deficiencia de una amplia educación ciudadana en gestión de desastres, es importante garantizar la coherencia y confiabilidad de la difusión de información, el establecimiento de un organismo central de información con accesibilidad a la comunicación ascendente y descendente. Por lo tanto, se debe contemplar la concientización sobre las prácticas y estrategias apropiadas de saneamiento ambiental para el desarrollo de la resiliencia, así como el intercambio digital de experiencias de aprendizaje, fomentando la innovación.

Entre las lecciones aprendidas, la planificación urbana destacó por desempeñar un papel fundamental en la reducción del riesgo de inundaciones a través del diseño de infraestructuras resilientes (elevación de carreteras y edificios, uso de materiales resistentes a las inundaciones), el

uso de una zonificación adecuada (dirigiendo el desarrollo lejos de las áreas propensas a inundaciones) y contemplando los factores climáticos durante el desarrollo urbano con medidas como la creación de llanuras de inundación para reducir la absorción de agua (Reynoso *et al.* 2024).

Los ciudadanos desempeñan un papel fundamental en la resiliencia y la gestión de desastres, por lo que la conciencia pública, la preparación personal y las prácticas preventivas son imprescindibles; también su participación en la planificación urbana y la infraestructura de drenaje resiliente son igualmente importantes. La colaboración entre las autoridades gubernamentales (implementar políticas y medidas de prevención), el mundo académico (capacitación e investigación) y la sociedad (provisión de conocimientos y experiencia locales, iniciativas de planes de desarrollo de la resiliencia) son indispensables para gestionar los riesgos y la resiliencia. También se identificaron sistemas avanzados de alerta temprana (Reynoso *et al.* 2024).

Reynoso *et al.* (2024) mencionan que La República Dominicana enfrenta desafíos propios de un país en desarrollo en lo que respecta a las inundaciones, por lo tanto, una ampliación y sofisticación de los métodos de recopilación de datos puede proporcionar proyecciones climáticas considerablemente más precisas. Hay varias innovaciones y tácticas de planificación urbana que la República Dominicana podría aprender del Reino Unido, como la implementación de espacios verdes (los parques y jardines pueden absorber las precipitaciones), infraestructura azul-verde (pantanos, estanques y canales para almacenar agua y reducir la velocidad). flujo de precipitación), desarrollo de bajo impacto (impacto ambiental negativo mínimo y limitación de escorrentía).

Es posible el uso de inteligencia artificial y blockchain para compartir datos y realizar búsquedas y rescates autónomos. Los Sistemas No Tripulados son “capaces de generar en vivo representaciones visuales 3D de la dinámica de la zona del desastre, pudiendo tomar decisiones ágiles en la localización de ayudas y ejecutar estrategias efectivas de regeneración urbana” (Reynoso *et al.* 2024).

- **Impacto del cambio climático en el turismo en Bahamas**

Pathak *et al.*, (2021) reconocen que relativamente pocas investigaciones han intentado investigar los efectos combinados de las marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar para

los pequeños estados insulares en desarrollo (PEID); se refieren al único estudio combinado de los dos realizado en China, según sus recuerdos.

Respecta a la economía de un pequeño estado insular en desarrollo (PEID), para evaluar los impactos integrados relacionados con el clima, Pathak *et al.*, (2021) combinaron análisis geoespaciales con bases de datos disponibles públicamente, su estudio estimó que varios desarrollos turísticos están ubicados en áreas que son propensos a los impactos de las marejadas ciclónicas, el aumento del nivel del mar ya amenaza algunas propiedades, por lo que la combinación de los impactos de una marejada ciclónica con el aumento del nivel del mar se ve empeorada por el escenario futuro de un metro del aumento del nivel del mar, Categoría 1, (débil) Categoría 3 (moderado) y las tormentas de categoría 5 (fuertes) provocando diversos impactos de inundaciones costeras del 34%, 69% y 83%, respectivamente, de la infraestructura turística, como hoteles y complejos turísticos.

Pathak *et al.*, (2021) mencionan que la metodología se trata del aumento del nivel del mar y marejada ciclónica: este estudio utilizó un escenario de aumento del nivel del mar de 1 m hacia 2100 para evaluar los impactos del aumento del nivel del mar en la infraestructura turística, se utilizó el modelo oleadas marítimas y lacustres terrestres provocadas por huracanes (SLOSH en inglés) para calcular el potencial de marejada en una zona con el uso de una serie de huracanes históricos o hipotéticos de diversas categorías Saffir-Simpson, trayectoria, velocidad y lugar de llegada a tierra. Los resultados de cada modelo ejecutado se combinaron para crear una envolvente máxima de agua (MEOW en inglés) compuesta, se generó otro compuesto llamado Máximo de MEOWS (MOM) para la totalidad de huracanes simulados y para una determinada categoría de escala Saffir-Simpson, independientemente de la dirección y velocidad de su llegada a tierra (Pathak *et al.*, 2021). Los autores utilizaron los resultados de MOM creados a partir de la visualización SLOSH en la cuenca de las Bahamas que cubre toda el área de estudio y se descargaron capas cuadrículadas como archivos de forma para tres categorías de huracanes: Categoría (débil), Categoría (moderado) y Categoría fuerte.

Escenarios de inundaciones costeras: evaluación de peligros actuales y futuros en esta evaluación se delineó las zonas de riesgo de inundación como resultado de marejadas ciclónicas dentro del área de estudio (Patao *et al.*, 2021). Posteriormente Pathak *et al.*, (2021) indicaron que se utilizó SLOSH para estimar la exposición de la infraestructura turística existente a las

inundaciones por marejadas ciclónicas, hubo una comparación de los resultados del MOM para cada categoría de huracán con un modelo de elevación digital de 30 m también conocido como ALOS (Satélite Avanzado de Observación Terrestre) del área de estudio, dicho modelo de elevación digital fue derivado de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA en inglés).

Utilizaron el dispositivo portátil Trimble TSC3 basado en levantamiento cinemático en tiempo real (RTK) para recopilar puntos GPS con precisión del terreno, los valores de elevación de los puntos GPS terrestres se contrastaron con varias elevaciones modelo de elevación digital globales (Pathak *et al.*, 2021).

Se utilizó ArcGIS para crear mapas de riesgo de inundaciones y realizar análisis. Los archivos de forma MOM se convirtieron en cuadrículas ráster utilizando interpolación ponderada por distancia inversa (IDW), posteriormente se utilizó una calculadora ráster para identificar las zonas donde la altura de la marejada ciclónica superó la elevación del modelo de elevación digital, se generó un ráster binario con celdas inundadas y no inundadas (Pathak *et al.*, 2021). Después se realizó una reclasificación del ráster para generar un ráster final de marejada ciclónica para calcular áreas peligrosas futuras mejoradas por el aumento del nivel del mar, el modelo de elevación digital se ajustó para representar un escenario futuro de 1 m de aumento del nivel del mar reduciendo la elevación del modelo de elevación digital en un metro a través de una calculadora ráster (Pathak *et al.*, 2021)

Los impactos se pueden clasificar en territoriales, ambientales, económicos y sociales. Territorialmente las propiedades estaban en riesgo de inundaciones costeras, desbordamientos y erosión costera inducida por aumento del nivel del mar; ambientalmente se revela pérdida de arrecifes de coral y playas; económicamente las pérdidas de empleo, gastos turísticos, ocupación e ingresos y los sitios del patrimonio cultural social enfrentan riesgos de inundación (Pathak *et al.*, 2021). El turismo es fundamental para las economías de estos países, ya que tienen recursos limitados; sin embargo, es esencial diversificar su economía a partir de una base económica única, como el turismo que es hipersensible al clima de manera general algunas de las barreras que enfrentan las Bahamas son similares a las de muchos otros PEID (Pathak *et al.*, 2021). Las cuestiones relacionadas con los impactos del turismo son complejas y requieren una mejor

preparación para futuras inundaciones extremas, un proceso de planificación de gestión integrada de las zonas costeras y actualizaciones de los códigos de construcción (Pathak *et al.*, 2021).

- **Análisis económico de inundaciones en el Caribe: Trinidad y Jamaica**

Las inundaciones parecen ser un poco contradictorias en el Caribe ya que las predicciones sugieren una disminución de las precipitaciones anuales; al mismo tiempo, otras proyecciones indican que es probable que la intensidad de las precipitaciones aumente; se debe hacer una distinción clara entre inundaciones costeras debido a tormentas inducidas por huracanes marejadas e inundaciones terrestres provocadas por precipitaciones extremas que abruman los sistemas de drenaje naturales y contruidos (Fontes de Meira y Phillips, 2019). El enfoque en esta investigación se basa en medidas mitigadoras, de recuperación y reconstructivas.

Fontes de Meira y Phillips, (2019) mencionan que es posible que la vulnerabilidad a inundaciones esté relacionada con infraestructura (la falta de aplicación del código de edificación), la ausencia de planificación territorial, pobreza como factor social o falta de políticas adecuadas relacionadas con la gestión del riesgo de desastres en el marco institucional. La vulnerabilidad es un indicador claro de la exposición del capital humano y físico, así como de la capacidad de las naciones, comunidades, familias e individuos para sostenerse y recuperarse de los desastres causados por inundaciones, también es un requisito previo que es revelado durante un evento desastroso de inundación (Fontes de Meira y Phillips, 2019).

Los impactos de las inundaciones se ven aún más exacerbados como resultado de una infraestructura de drenaje deficiente; el deterioro del drenaje de las cuencas de las laderas para facilitar el desarrollo construido, planificado y no planificado; sistemas de mantenimiento de drenaje deficientes; y el vertido indiscriminado de residuos en los sistemas de drenaje (Fontes de Meira y Phillips, 2019).

Los actores en Trinidad y Tobago incluyen la Comisión Nacional de Autoayuda y el Ministerio de Desarrollo Social y Servicios Familiares que ayudan con la reparación, reconstrucción y reemplazo de electrodomésticos (Fontes de Meira y Phillips, 2019). El Ministerio de Planificación y Desarrollo emprendió proyectos de mejora del drenaje y las Corporaciones Regionales y la División de Drenaje del Ministerio de Obras y Transportes implementaron un

sistema de alarma de peligro equipado con sensores de nivel de agua, también tienen la tarea de mantenimiento y estanques de retención (Fontes de Meira y Phillips, 2019).

En Jamaica, los actores incluyen el gobierno que apoya en tiempos de emergencia, apoyan con desembolsos financieros y el bienestar en forma de paquetes de alimentos, refugios, kits de higiene y reemplazo de colchones (Fontes de Meira y Phillips, 2019). La evacuación es realizada por la Oficina de Preparación para Desastres y Gestión de Emergencias (ODPEM en inglés), la Fuerza de Defensa de Jamaica (JDF en inglés), mientras que la ODPEM hace recomendaciones para la zonificación en áreas propensas a inundaciones, ya sean áreas de desarrollo o no, junto con requisitos de mitigación específicos para áreas que están aprobadas para el desarrollo (Fontes de Meira y Phillips, 2019).

Fontes de Meira y Phillips, (2019) mencionan que se utilizó la metodología DaLA, que consiste en categorizar los costos hipotéticos relacionados con las inundaciones en pérdidas, daños y costos adicionales. Se revisaron políticas y mapas esenciales sobre peligro y riesgo de inundaciones y otros documentos pertinentes, como censos y encuestas económicas, para establecer parámetros sobre datos socioeconómicos, recopilar información sobre eventos pasados y daños reportados, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas y reuniones con representantes de corporaciones regionales, ministerios gubernamentales, entidades de organismos de gestión de desastres y poblaciones locales (Fontes de Meira y Phillips, 2019). Se visitaron todas las áreas de estudio seleccionadas en Trinidad para comprender la infraestructura (pública o privada) existente, se aplicaron observaciones y conversaciones de carácter informal ahí para recopilar información sobre pérdidas, daños e impactos intangibles de inundaciones que no se adquirieron en documentos oficiales (Fontes de Meira y Phillips, 2019). El mapa de datos incluyó según (Fontes de Meira y Phillips, 2019) sectores sociales (población afectada, educación, salud, vivienda), infraestructura (transporte, agua y saneamiento, energía) y sectores económicos (agricultura, manufactura, comercio, turismo).

Se determinó que el enfoque era limitado porque los datos específicos del sitio y los eventos pasados revelan que el impacto económico de las inundaciones puede ser importante, los resultados demuestran la necesidad de mayores inversiones del sector público que se distribuyan espacialmente para aliviar los efectos económicos y sociales de las inundaciones en la región. Sin embargo, se debe realizar una investigación exhaustiva a largo plazo de los impactos de las

inundaciones en cada área para lograr una mejor evaluación de los costos y beneficios de la inversión en medidas de mitigación de inundaciones (Fontes de Meira y Phillips, 2019).

- **Inundación por tormenta emergente en Isla del Carmen, México**

Esta investigación se trata de estudiar nortes o frentes fríos y el aumento del nivel del mar en relaciona a inundaciones, los nortes pueden tener vientos máximos que superan los 60 km h⁻¹ por lo tanto pueden ser muy intensos, ocurren a finales de otoño e invierno y se caracterizan por tener lluvias intensas, vientos y descenso de temperatura sin embargo no suelen estar asociados a marejadas ciclónicas que también pueden generar (Díaz *et al.*, 2019). La Península de Yucatán ha experimentado 0,16 tormentas tropicales por año durante el último siglo y medio, mientras que en la misma región hubo entre 16 y 24,5 nortes por año, según la definición utilizada. Además, el aumento del nivel del mar ha aumentado a nivel mundial en un rango de $3,2 \pm 0,4$ mm año⁻¹ (Díaz *et al.*, 2019).

La investigación reunió a participantes el Laboratorio de Oceanología y Ciencias Geológicas de la Universidad de Ciencias y Tecnologías de Lille, la Universidad Aix-Marseille IRD y Universidad de Toulon CNRS/INSU, el Instituto Mediterráneo de Oceanografía y nacionalmente la Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera para proporcionar un enfoque integral (Díaz *et al.*, 2019).

Díaz *et al.* (2019) mencionan que la metodología consistió en diversas combinaciones que permitieron un análisis profundo, primeramente, se instaló la ubicación de los perfiladores de corriente Doppler acústicos (ADCP) y los sensores de temperatura-presión (TP). Los datos meteorológicos, precipitación, temperatura, humedad del aire, presión, viento (velocidad, dirección), rachas de viento (dirección, velocidad) y radiación solar, se adquirieron del Servicio Meteorológico Mexicano, particularmente de dos estaciones (Díaz *et al.*, 2019). La velocidad y dirección del viento de presión se utilizaron para hacer comparaciones con la salida del modelo WRF ubicado en cada estación, los datos batimétricos descritos por Contreras *et al.* (2014) se utilizó para la información batimétrica, mientras que para los datos de elevación del terreno se utilizaron datos LIDAR de 5 m de resolución del INEGI (2012) (Díaz *et al.*, 2019). El modelo meteorológico consistió en el modelo WRF que es un sistema numérico de predicción

meteorológica de escala meso para el modelado de marejadas ciclónicas para considerar el área de inundación, se utilizó el Modelo Oceánico Comunitario de Volumen Finito (FVCOM v. 4.1) (Díaz *et al.*, 2019).

Los autores propusieron que para controlar las inundaciones era necesario utilizando protección costera estructural en el futuro, lo que puede permitir el inicio, el crecimiento y la supervivencia de los manglares, también es imperativo que los formuladores de políticas desarrollen planes de desarrollo costero que puedan ayudar a recuperar los bosques y la productividad de las raíces del suelo, si se consideran programas de recuperación (Díaz *et al.*, 2019). Varios escenarios SLR demuestran que las inundaciones empeorarán progresivamente durante los nortes debido a las marejadas ciclónicas, ya que la frecuencia de las inundaciones en la Isla del Carmen definitivamente aumentará una vez que el aumento del nivel del mar continúe al ritmo previsto (Díaz *et al.*, 2019).

- **Vulnerabilidad socioambiental por ciclones en Los Cabos Baja, México**

Marín *et al.* (2021) mencionan que en las ciudades costeras de México los huracanes provocan inundaciones, y Los Cabos Baja California Sur es un destino turístico líder que se encuentra entre los cinco estados con mayor riesgo a nivel nacional, sin embargo, esto no ha detenido la urbanización que superó el 250% desde 2005. La península presenta inundaciones extremas que se producen como consecuencia de los escurrimientos generados por las precipitaciones que acompañan a los huracanes. Marín *et al.* (2021) investigan la vulnerabilidad en la comunidad en el contexto de las percepciones relacionadas con los ciclones tropicales y comparan estas observaciones con influencias reales que afectan el índice de vulnerabilidad socioambiental.

Para capturar las percepciones de la comunidad en relación con los ciclones tropicales para estimar el índice de vulnerabilidad, el método elegido por los autores se centra en encuesta de hogares a través de entrevistas personales de 335 cuestionarios que fueron seleccionados aleatoriamente. Se empleó el análisis de componentes principales para clasificar la vulnerabilidad en tres categorías estandarizando las variables, y se utilizó el método de Dalenius y Hodges como técnica de estratificación para la clasificación de la vulnerabilidad. Es importante señalar que el

índice consideró datos cualitativos, luego el índice de vulnerabilidad fue georreferenciado con base en la encuesta para crear un mapa del municipio de Los Cabos. En última instancia, los mapas de riesgo se utilizaron como herramientas para ayudar en las estrategias de mitigación de riesgos para comparar los impactos reales de la vulnerabilidad socioambiental de la comunidad y su índice con sus percepciones, los resultados fueron georreferenciados para representar a las personas afectadas.

Los estudios sobre los efectos de la vulnerabilidad son escasos y dificultan la creación de estrategias a la hora de gestionar riesgos. Además, el rápido aumento de la urbanización superó la capacidad del gobierno para desarrollar infraestructura adecuada y servicios básicos, lo que finalmente condujo a asentamientos irregulares donde esta población no tiene acceso a seguros, a diferencia de los hoteleros. Otra barrera central en la investigación fue identificada como la discrepancia entre la vulnerabilidad aparente y la vulnerabilidad definitiva; Se encontró que la percepción comunitaria del daño era inferior al daño sufrido, y este hallazgo hace que muchos hogares sean altamente vulnerables (Marín *et al.*, 2021). Un desafío para la mitigación eficaz del riesgo fue la experiencia deficiente en la actividad de los huracanes, por lo que la planificación y las mediciones anticipadas de la vulnerabilidad son fundamentales para mitigar los impactos de los ciclones tropicales, como las inundaciones (Marín *et al.* 2021).

Los autores instan al gobierno a actuar, proponen que las ciudades deben tomar acciones más enérgicas contra el cambio climático y para mitigar sus efectos, aunque se debe incorporar la resiliencia en las políticas urbanas, la adopción de ciudades resilientes en este sentido, en la búsqueda de su optimización (Marín *et al.* 2021). La utilización de recursos y gestión en la previsión de problemas futuros se ha convertido en un símbolo de progreso y desarrollo en contradicción con la inacción. Asimismo, el índice de vulnerabilidad socioambiental, que incorpora indicadores como capacidad adaptativa, exposición y sensibilidad, puede proporcionar información efectiva para crear estrategias de mitigación de ocurrencias hidrometeorológicas (Marín *et al.* 2021). Los autores propusieron una estrategia de adaptación que incorporaba datos georreferenciados en mapas de inundaciones e insinuaban mejoras en la difusión de información para facilitar la conciencia y el conocimiento local sobre los riesgos de inundaciones debido a los huracanes Marín *et al.* (2021).

- **Impactos potenciales del aumento en el nivel del mar en Acapulco, México**

Acapulco puede ser la ciudad más grande del estado de Guerrero, pero carece de propuestas de reducción de riesgo por el aumento del nivel del mar, el desarrollo de infraestructura es principalmente el resultado de programas de inversión turística en Diamante Acapulco, que es la zona más valiosa y de alto riesgo de la ciudad, además los desarrollos habitacionales han llevado a una mayor densidad de población y exposición a inundaciones costeras.

Respecto al aumento del nivel del mar, Gómez *et al.* (2022) abordaron las consecuencias del cambio climático y los posibles impactos en la zona costera de Acapulco Diamante, que es un destino turístico vital en México. Gómez *et al.* (2022) mencionaron que en el modelo digital de elevación versus datos situ realizaron siete visitas de campo para garantizar la precisión, luego utilizaron el Procedimiento Integrado para la Estimación de Impactos del Nivel del Mar (IPESLI), el cual se entiende como una agrupación de diseños conformados por bases de datos oficiales, sistemas de información e imágenes Landsat. Todos ellos son indispensables para territorios con datos limitados georreferenciados y validados (Gómez *et al.*, 2022). El documento empleó tres escenarios de aumento del nivel del mar que incluían el escenario optimista, el escenario conservador y el escenario extremista basado en un calentamiento de 1,50°C, 2°C y 3 o 4°C respectivamente.

Varios actores estuvieron involucrados en la investigación y la participación provino de autoridades locales y formuladores de políticas, por nombrar algunos, con la anticipación de que los resultados de la investigación se utilizarían para guiarlos en la elaboración de estrategias informativas de adaptación y manejo costero, varias instituciones académicas mexicanas formaron el equipo de expertos (Gómez *et al.*, 2022).

Como en muchos países en desarrollo no limitados a esta región, faltó información validada y detallada que estuviera georreferenciada en Acapulco Diamante. Esta brecha plantea un problema para la evaluación precisa del impacto del aumento del nivel del mar, lo que inevitablemente magnifica la necesidad de reducir la brecha de comprensión existente entre los datos científicos complejos por parte de los formuladores de políticas locales y la comunidad; también se identificó una brecha en la comunicación y la acción que se consideraron ineficaces (Gómez *et al.*, 2022).

Los autores propusieron hacer uso de los mapas de inundaciones generados por IPESLI para identificar regiones vulnerables porque estos mapas son capaces de permitir el inicio de políticas de toma de decisiones que incorporen adaptación para zonas costeras, IPESLI también actúa como una vía de comunicación entre clima, la ciencia del cambio y la implementación de políticas (Gómez *et al.*, 2022). El cierre recurrente de carreteras, la reducción de la capacidad de drenaje de la escorrentía y la intrusión de agua salada son algunas de las repercusiones del aumento del nivel del mar que tendría consecuencias socioeconómicas negativas que afectarían a las empresas costeras, por lo que se deben considerar planes políticos para mitigar las inundaciones.

Gómez *et al* (2022) revelaron que los resultados indican que podría haber un aumento posible del 2% en 2041 al 8% entre 2081 y el final del siglo en el escenario SSP1-RCP2, la Trayectoria de Concentración Representativa (RCP, por sus siglas en inglés) explora posibles variaciones en los niveles de gases de efecto invernadero y otras emisiones que podríamos ver en la atmósfera en los próximos años, mientras que las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés) examinan cinco formas en que el mundo podría cambiar sin políticas para frenar los gases de efecto invernadero, también considera cómo los diferentes niveles de esfuerzos de mitigación para reducir las emisiones pueden influir en el resultado.

Gómez *et al* (2022) mencionan que la incorporación de ciencia específica sobre el cambio climático al crear nuevas políticas públicas y actualizar las leyes actuales relacionadas con el aumento del nivel del mar es un desafío; sin embargo, los datos e imágenes espaciales pueden ayudar a reducir la discrecionalidad personal de los tomadores de decisiones, por lo tanto, en la planificación costera, un liderazgo fuerte y una se sugirió un enfoque de arriba hacia abajo para eliminar la discreción. La infraestructura para la protección costera, la zonificación de riesgos para las zonas costeras y la planificación del uso del suelo son de largo plazo y se debe considerar que las decisiones durarán hasta cien años (Gómez *et al.*, 2022).

- **Respuestas a inundaciones repentinas en Gouyave, Granada**

Pratomo *et al.* (2016) se centra en comprender las inundaciones repentinas en la ciudad de Gouyave y St. George y su reacción a la cuenca hidrográfica cercana, hicieron hincapié en que la urbanización es un factor fundamental relacionado con las inundaciones repentinas y en

comprender los factores del crecimiento urbano y cómo los impactos de las inundaciones repentinas pueden ayudar al país a desarrollar estrategias de reducción del riesgo de desastres. Las herramientas que contribuyeron al desarrollo y evaluación de las características de las inundaciones repentinas en la cuenca incluyeron el software OpenLISEM para la modelización de inundaciones. Para los datos sobre la humedad inicial del suelo, la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}), la rugosidad aleatoria y la rugosidad superficial (coeficiente de Manning) se utilizó el Modelo Digital de Elevación (DEM) (Pratomo *et al.* 2016).

Los actores habían combinado conocimientos en geomática y planificación que proporcionaron un enfoque exhaustivo para aprender el comportamiento de las inundaciones repentinas en el área de estudio procedente de los Países Bajos e Indonesia, incluida la Universidad de Twente, de la Facultad de Ciencias de la Geoinformación y Observación del Suelo (ITC en inglés) y Departamento de Planificación Urbana y Regional de la Universidad de Tadulako, respectivamente (Pratomo *et al.* 2016).

Un método empleado fue una investigación cuantitativa, realizada para hacer observaciones del comportamiento de las inundaciones repentinas a lo largo de varios períodos de retorno, teniendo en cuenta el impacto de las condiciones climáticas y, en particular, la intensidad de las precipitaciones y el uso del suelo en los eventos de inundaciones repentinas (Pratomo *et al.* 2016). También se utilizó observación de campo, pruebas de laboratorio sobre conductividad hidráulica y del suelo, revisión de literatura y datos de lluvia secundaria (Pratomo *et al.* 2016).

El modelado de inundaciones se obtuvo en dos capas para disminuir la incertidumbre de los valores de las propiedades del suelo, por ejemplo, la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}), el contenido inicial de agua del suelo y la porosidad, esta se analizó en varios intervalos de recurrencia de inundaciones (Pratomo *et al.* 2016). El Método de Gumbel, basado en datos del historial de precipitaciones, es un método que predice el período de retorno de las precipitaciones, determina los períodos de retorno y proporciona una descripción de las precipitaciones extremas y la identificación de valores intensos (Pratomo *et al.* 2016). Los datos necesarios para desarrollar el modelado de inundaciones fueron las características de la cuenca, las características de la vegetación, los datos del cauce y la Capa de Green-Ampt, este último es un modelo físico que simula las tasas de infiltración para evaluar las propiedades del suelo (Pratomo *et al.* 2016).

Las barreras identificadas incluyen desafíos agravados por el cambio climático y los cambios en el uso del suelo (Pratomo *et al.* 2016). Cuando se trata de cambio climático, la permutación extrema de temperatura aumenta el potencial de huracanes, lo que a su vez acelera la posibilidad de inundaciones repentinas. Asimismo, en lo que se refiere al cambio de uso del suelo, las áreas urbanizadas han reemplazado los usos naturales del suelo en las regiones más altas, lo que provoca una menor permeabilidad y un aumento del escurrimiento, lo que lleva a una mayor susceptibilidad a las inundaciones repentinas.

Se propuso que existe la necesidad de comprender a fondo cómo se comportan las inundaciones repentinas, según sea necesario para desarrollar e implementar estrategias de mitigación que sean exitosas; también se propuso el software OpenLISEM para detectar el comportamiento de las inundaciones repentinas en diferentes períodos de retorno como estrategias efectivas para reducir las inundaciones, estas los enfoques dependen en gran medida de la comprensión del cambio climático y los cambios en el uso del suelo con respecto a las inundaciones (Pratomo *et al.* 2016).

Los autores concluyeron que los eventos de inundaciones repentinas están altamente influenciados por los tipos de uso del suelo, las áreas urbanas que tienen áreas más urbanizadas y usos del suelo menos naturales a menudo se caracterizan por tener una mayor respuesta a las inundaciones repentinas, la forma de la cuenca más larga y estrecha en Gouyave desacelera tiempo de propagación de la inundación (Pratomo *et al.* 2016).

c) Ingreso medio bajo

- **Efectos de inundaciones en usuarios de infraestructura, Kenia**

Los cimientos de la infraestructura se debilitan, dañan y sus servicios se ven interrumpidos por las inundaciones; la interrupción de los servicios afecta a todas las actividades económicas que dependen de ellos y, en el peor de los casos, puede provocar la pérdida de vidas y medios de subsistencia, un aumento de los cortes de energía, agua y comunicaciones. dejando a las comunidades vulnerables a las inundaciones (Njogu, 2021). Las soluciones tradicionales se han centrado predominantemente en respuestas técnicas y de ingeniería; durante las últimas décadas

se han incorporado enfoques más holísticos para el desarrollo de resiliencia en la planificación e implementación de infraestructura (Njogu, 2021).

Generalmente, los activos de infraestructura son de larga duración, intensivos en capital e independientes en muchos sectores; las decisiones sobre la planificación y el diseño, la ubicación, los materiales y la tecnología, la operación y el mantenimiento de dicha infraestructura definen sus efectos sobre el cambio climático a largo plazo (Njogu, 2021). La red de transporte es una categoría de infraestructura que se incluye en actividades económicas que permiten el movimiento de personas y mercancías; durante inundaciones extremas, la red puede dañarse directa o indirectamente, amenazando la seguridad humana con impactos económicos y sociales como resultado de la interrupción (Njogu, 2021).

Njogu (2021) menciona que la metodología elegida involucró una encuesta de investigación que fue realizada en 27 condados que normalmente experimentan inundaciones por el Instituto de Investigación y Análisis de Políticas Públicas de Kenia (KIPPRA en inglés), con base en el Programa Nacional de Encuesta y Evaluación de Muestras. V (NASSEPV en inglés) descrito como un marco de muestreo de hogares desarrollado por la Oficina Nacional de Estadísticas de Kenia (KNBS), se generaron datos primarios de 1370 hogares encuestados en los condados. Se recopilaron más datos centrales a través de entrevistas con informantes clave de funcionarios gubernamentales a nivel nacional y de condado, funcionarios del sector privado y organizaciones comunitarias. El estudio examinó documentos como leyes, políticas, planes (desarrollo de infraestructura), informes de evaluación de infraestructura e informes anuales de distintas fuentes. También se revisaron fuentes de datos secundarias, como la Encuesta Integrada de Presupuestos Familiares de Kenia (KIHBS) 2015-2016, para comprender a nivel de los hogares el acceso y la distribución de los servicios de infraestructura (Njogu, 2021).

Njogu (2021) tuvo algunas propuestas que se resumen en las siguientes; Es fundamental desarrollar legislaciones, políticas y planes de desarrollo de infraestructura que sean sensibles al clima e implementarlos; fortalecer y hacer cumplir nuevos códigos y estándares de construcción puede reducir sustancialmente el impacto de las inundaciones en la infraestructura; una segunda línea de defensa es esencial en caso de que la primera si uno falla, se deben considerar sistemas de alerta temprana y debe haber un presupuesto flexible y receptivo que actúe como un amortiguador financiero que incluya partidas de gastos de contingencia para apoyar la infraestructura sólo en

tiempos de desastres. Evidentemente, la participación temprana de las partes interesadas es importante, se debe fortalecer el papel de las comunidades locales y generar conciencia, y la promoción y el fortalecimiento de la energía solar y otros recursos renovables también son importantes para reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica. Se debe establecer una fuerte coordinación institucional y cruzada para facilitar una comunicación efectiva (Njogu, 2021).

Njogu (2021) continúa diciendo que es fundamental que la visión del enfoque de gestión de riesgos esté alineada con las políticas locales para el desarrollo de infraestructura resiliente; los diseños avanzados y las regulaciones específicas para las condiciones locales son esenciales para este esfuerzo, reiteró que la planificación, el diseño, el desarrollo y el mantenimiento de la infraestructura debe reflejar la resiliencia e incorporar un componente de vulnerabilidad para hacer frente a los crecientes riesgos relacionados con el clima. Se necesita una regulación más estricta del uso del suelo y medidas de precaución, incluido un seguro contra inundaciones, para aumentar la resiliencia a las inundaciones (Njogu, 2021).

d) Ingreso bajo

- **Riesgo de inundaciones, crecimiento de la población y cambio de uso de suelo en Matola, Mozambique**

Matola es una ciudad costera en Mozambique situada entre los ríos Infulene y Matola, es vulnerable a inundaciones fluviales y litorales, se caracteriza por el crecimiento urbano, el cambio de uso del suelo y el aumento de la población, marcado por la expansión urbana horizontal de infraestructuras industriales, comerciales, residenciales, de transporte y otras infraestructuras (Lourenço *et al.* 2023). Un estudio de caso, la simulación de escenarios de inundación utilizando datos históricos y tendencias proyectadas se empleó para evaluar el impacto del crecimiento de la población y los cambios en el uso del suelo urbano en los riesgos de inundación, los autores luego analizaron la distribución espacial de los riesgos de inundación en relación con la densidad de población y los patrones de desarrollo urbano, centrándose en cómo estos factores contribuyen a la vulnerabilidad a las inundaciones, la metodología involucró analizar la distribución espacial de los riesgos de inundación en relación con la densidad de población y los patrones de desarrollo urbano (Lourenço *et al.* 2023).

El equipo se centró en cómo estos factores contribuyen a la vulnerabilidad de la región a los eventos de inundación, se enfrentaron al desafío de generar mapas de riesgo y peligro de inundación futuros y presentes para Matola, por lo tanto, se eligió el algoritmo de flujo múltiple (TFM) denominado modelo TFM-DYN, que replica el flujo de agua y crea estimaciones de la velocidad y profundidad del agua a lo largo del tiempo en una región, permitiendo el análisis temporal y espacial del mismo (Lourenço *et al.* 2023). Se requirieron datos de precipitación, infiltración, elevación y rugosidad superficial para ejecutar el modelo en forma de ráster ASCII. ArcMap v10.5.1 con Spatial Analyst y el software UCINET y NetDraw se utilizan para procesar los datos de entrada, evaluar los resultados y visualizar los mapas subsiguientes (Lourenço *et al.* 2023).

El equipo de investigación también interactuó con autoridades locales y urbanistas para recopilar datos y perspectivas para su evaluación, sin embargo, el enfoque del estudio estuvo en los residentes de Matola que se ven afectados por las inundaciones, los investigadores encontraron que el 52.6% y el 46.2% del área total inundada estaba en la clase de peligro bajo (0.01– 0.5 m de profundidad) en 2000 y 2020, respectivamente, para 2040 se espera que el área más inundada sea del 47.0%, que se espera que tenga de 0–0.1 m de profundidad y se considere en la clase de peligro muy bajo (Lourenço *et al.* 2023). Un área sustancial inundada está expuesta a una profundidad de 0.5–1 m, (clase de peligro medio) 1–2 m de profundidad (clase de peligro alto) y 2–5 m de profundidad (clase de peligro muy alto) de inundación, aumentando cada veinte años durante los primeros 60 años de este milenio (Lourenço *et al.* 2023). La región expuesta a riesgo medio y alto de inundación tiende a disminuir a lo largo del período, gran parte de las zonas de inundación de peligro alto y muy alto están en o cerca de los canales fluviales a medida que el número de residentes expuestos al peligro de inundación aumenta debido al aumento de la población en estas áreas vulnerables asociadas con el crecimiento horizontal urbano en Matola causó área construida que reemplaza la llanura de inundación, áreas verdes y agrícolas que están acompañadas por sistemas de drenaje deficientes y en algunos casos inexistentes, u otras estructuras de control de agua, en desarrollos de suelo planificados e informales, no planificados que conducen a una mayor vulnerabilidad (Lourenço *et al.* 2023).

Aparte de la falta de infraestructura adecuada para manejar los crecientes riesgos de inundación asociados con la expansión urbana y el crecimiento de la población, existen desafíos de

estimaciones probabilísticas de riesgo de inundación urbana contemporánea y futura que son raras en los países en desarrollo donde los datos son escasos o de baja resolución, por lo que muchos factores deben ser estimados o asumidos, falta un análisis detallado del riesgo de inundación, así como resultados detallados de las dificultades para acceder a los modelos hidrológicos avanzados, hay reservas debido a que los resultados son representativos solo de lo que podría suceder según los datos de entrada, estos resultados son difíciles de validar (Lourenço *et al.* 2023).

En caso de que el modelo de validación de inundaciones sea desafiante para obtener datos, se pueden comparar con eventos reales obtenidos de personas afectadas e imágenes captadas a distancia durante un evento, los autores enfatizaron la necesidad de una evaluación de riesgos para Matola, para diseñar e implementar planes para un uso sostenible del suelo presente y futuro, se necesitan medidas de adaptación planificadas para hacer frente a las inundaciones urbanas a través de inversiones en infraestructura resistente al clima por parte de los responsables de la formulación de políticas y los urbanistas (Lourenço *et al.* 2023).

2.2 Temáticas asociadas con la resiliencia ante inundaciones

En la revisión documental había algunas temáticas recurrentes como cambio climático, uso de suelo, infraestructura y nivel socio económico que son importantes en las inundaciones. “El cambio climático se caracteriza en función de las tendencias integrales de temperatura y precipitación a largo plazo y otros componentes como la presión y el nivel de humedad en el entorno circundante” (Abbass *et al.* 2022). El cambio climático provoca patrones meteorológicos extremos a largo plazo, como las inundaciones, ya que aumentan los factores de inundación, como el aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas causadas por huracanes, especialmente en las ciudades costeras.

El uso del suelo se define como “los arreglos, actividades e insumos que las personas realizan en un tipo específico de cubierta terrestre para producirla, cambiarla o mantenerla. El uso del suelo definido de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura del suelo y las acciones de las personas en su entorno” (ONU, 2003). La consideración del uso del suelo es importante porque los cambios en el uso y la cubierta terrestre, por ejemplo, la urbanización y la

deforestación, pueden exacerbar el riesgo de inundación, ya que la eliminación de la vegetación disminuye las barreras naturales contra las inundaciones.

La infraestructura se refiere a un conjunto de servicios, recursos y componentes que son principales para el desempeño efectivo de una ciudad o país, como carreteras, autopistas y puentes, funcionando como características duraderas y abundantes que surgen del desarrollo de infraestructura en un territorio que forma estructuras de transporte y rutas por las que pasan los bienes y servicios en su vida diaria (Guajardo, 2023). La urbanización implica superficies más impermeables, como carreteras y espacios de estacionamiento que alteran el sistema de drenaje natural y artificial, las ciudades son más propensas a inundaciones cuando los edificios y la infraestructura de aguas pluviales no se diseñan y construido de manera eficiente.

El estatus socioeconómico es un constructo que representa el trasfondo social y económico de un individuo o grupo (por ejemplo, un hogar), el concepto sociológico aborda la posición relativa en una estructura social particular, basándose en la suposición de que existe una estructura de estatus desigual en todas las sociedades, normalmente, incluye características adquiridas (como riqueza, estatus y prestigio) en contraste con características biológicas del individuo, como la edad o el origen étnico, a nivel de hogar, puede incluir datos demográficos como el lugar de residencia Villaba, (2014). El nivel socioeconómico tiene una función crítica para determinar si las personas y los asentamientos se recuperan de las inundaciones, ya que las inundaciones afectan a los grupos vulnerables, como los más marginados y los más pobres, de manera desproporcionada porque carecen de los recursos necesarios para la mitigación y prevención de las inundaciones.

Tabla 1 Los temas más mencionados entre casos revisados

Autor	Caso	Infraestructura	Nivel socio economico	Cambio climatico	Uso del suelo
Díaz <i>et al.</i> (2019)	Ciudad de Carmen, Golfo del sur México	✓	✓	✓	✓
Marín <i>et al.</i> (2021)	Los Cabos, Mexico	✓	✓	✓	
Gómez <i>et al.</i> (2022)	Diamante, Acapulco, Mexico	✓	✓	✓	✓
Reynoso <i>et al.</i> (2021)	República Dominicana	✓	✓	✓	✓
Lourenço <i>et al.</i> (2023)	Mozambique	✓	✓	✓	✓
Fontes de Meira y Phillips (2019)	Jamaica y trinidad y Tobago	✓	✓	✓	✓
Flores <i>et al.</i> (2020)	Buenos Aires, Argentina	✓	✓		✓
Pathak <i>et al.</i> (2021)	Las Bahamas	✓	✓	✓	✓
Hussein <i>et al.</i> (2020)	Costa de los Emiratos Árabes Unidos			✓	✓
Tromp <i>et al.</i> (2022)	Los Países Bajos	✓	✓		
Sakamoto <i>et al.</i> (2022)	Las Islas Maldivas	✓	✓	✓	✓
Zúñiga <i>et al.</i> (2018)	Bogota, Holguin, Lima, Rio de Janeiro, y San Salvador	✓	✓	✓	✓
Njogu (2021)	Kenia	✓	✓	✓	
Yin <i>et al.</i> (2022)	China	✓			✓
Pratomo <i>et al.</i> (2016)	Gouyave, Granada	✓			✓

Fuente: Elaboración propia

Similar a la tabla 1, la ilustración 30 representa los temas más asiduamente indicados entre los autores de los documentos revisados en este apartado.

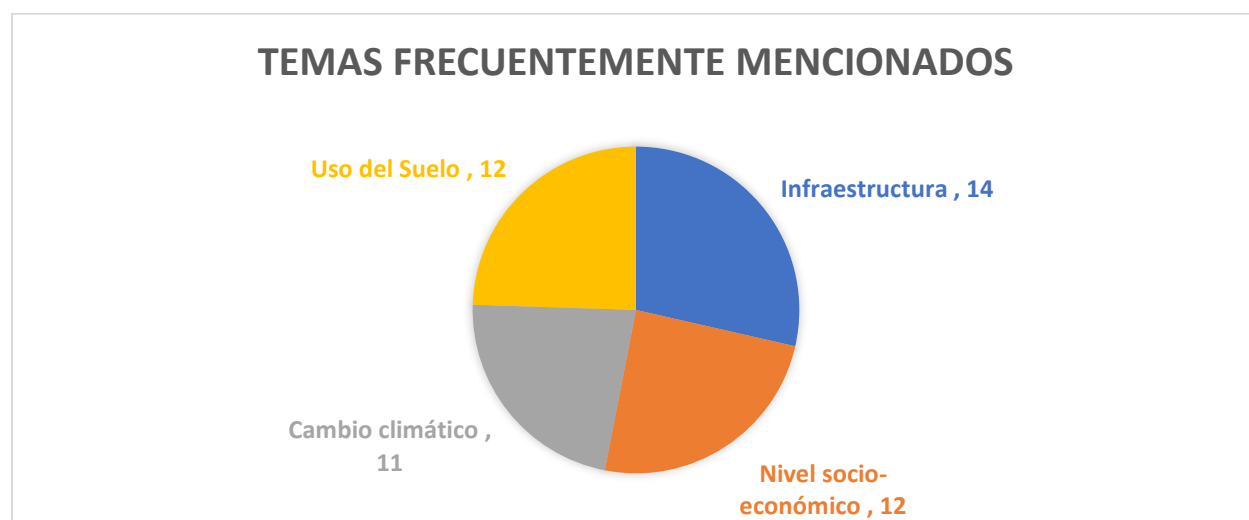


Ilustración 30 Temas más frecuentemente mencionadas

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30 representa de los textos, los temas más sugeridos o insinuadas entre autores, por ejemplo, uso del suelo 80%, cambio climático 73.3%, Nivel socio económico 80% e

infraestructura 93.3% de los autores mencionaron su importancia en su investigación y su impacto en las inundaciones costeras en áreas urbanas.

2.3 Abordajes metodológicos

Los modelos se utilizaron con mayor frecuencia en los documentos que se revisaron; los autores que utilizaron modelos se presentan a continuación. Flores *et al.* (2020) utilizaron dos modelos hidrológicos, el modelo de Sacramento modificado con el parámetro de área efectiva y el modelo HIDROSAT en Buenos Aires, se enfocaron en analizar la desviación de la precipitación con el uso de información hidrométrica con modelos hidrológicos para la identificación de inundaciones no solo en áreas urbanas sino también periurbanas, como un fenómeno multifacético producto de la urbanización y la dinámica del sistema hidrológico, esto fue seguido de la detección de cambios en la cobertura del suelo mediante clasificación supervisada de imágenes de teledetección.

Hussien *et al.* (2020) emplearon el Sistema de Modelado Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS) en los Emiratos Árabes Unidos para el modelado hidrológico; es un sistema de modelado semidistribuido basado en subcuencas que puede simular la hidrología de una cuenca. El modelo incluye varios submodelos utilizados para simular diversos componentes del proceso de generación de escorrentía, con diferentes opciones de infiltración, hidrograma unitario y métodos de ruta de inundaciones, la simplicidad del modelo permite un uso generalizado y su modesto número de parámetros hace que la calibración sea razonablemente sencilla.

En República Dominicana, Reynoso *et al.* (2024) evaluaron la precisión de la predicción del modelo hidrológico con el evento real, examinando, por ejemplo, la infraestructura crítica, la evaluación de riesgos, los efectos de los enfoques de gentrificación para gestionar los Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) y su impacto en las inundaciones.

Díaz *et al.* (2020) utilizaron un modelo oceánico numérico en Ciudad del Carmen, el Modelo Oceánico Comunitario de Volumen Finito (FVCOM), y el forzamiento meteorológico proviene de simulaciones de alta resolución con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). En las simulaciones oceánicas, se emplearon mallas no estructuradas, lo que permitió inundaciones dinámicas y secado dentro de celdas individuales, se emplearon cambios en el nivel del mar, acción

de las olas, velocidad y presión atmosférica para predecir el comportamiento del agua durante las tormentas y cómo las inundaciones podrían cambiar según la ubicación para garantizar La precisión en la representación de los procedimientos físicos involucrados en los modelos fue calibrada y validada con datos históricos Díaz *et al.* (2020).

Marín *et al.* (2021) aplicaron un modelo de probabilidad en Los Cabos México para analizar la percepción local/no local de los ciclones tropicales y calcularon un índice para categorizar la vulnerabilidad, los indicadores incluyen exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, factores como la gobernanza, las características físicas de la ciudad, el estatus socioeconómico de los habitantes y la resiliencia de la infraestructura.

Gómez *et al.* (2022) utilizaron un modelo denominado Procedimiento Integrado para la Estimación de Impactos del Nivel del Mar (IPESLI) en Diamante Acapulco el cual está compuesto por imágenes Landsat, bases de datos oficiales y software de diseño de sistemas de información geográfica, el mismo fue calibrado con el uso de siete visitas de campo para comparación de los valores de altura producidos por el modelo de elevación digital con los datos in situ, los mapas de inundaciones generados pueden localizar las zonas más vulnerables.

Pratomo *et al.* (2016) modelaron inundaciones utilizando el software OpenLISEM en Granada. Se trata de un modelo de desastres basado en eventos que imita la escorrentía, la erosión y las inundaciones repentinas para un evento de lluvia particular y se utiliza para identificar la generación de cambios en el uso del suelo y las inundaciones. impactos de dicho evento. En otras palabras, la relación entre cambios de uso del suelo e inundaciones. El modelado de inundaciones se extrajo de dos capas para reducir la incertidumbre del valor de las propiedades del suelo, como la conductividad hidráulica saturada (Ksat), la porosidad y la humedad inicial del suelo (n de Manning).

Dada la escasez de datos en Matola Mozambique, Lourenço *et al.* (2023) utilizaron una versión del algoritmo de flujo múltiple (TFM) basado en formas triangulares, denominado modelo TFM-DYN. Modeló las inundaciones pluviales urbanas basándose en análisis SIG que crearon mapas de peligro y riesgo de inundaciones de Matola para 2000, 2020 y 2040. El modelo simuló el flujo y produjo estimaciones de la profundidad y velocidad del agua utilizando datos de entrada sobre precipitaciones, infiltración y elevación. y rugosidad de la superficie, en datos ráster ASCII procesados en ArcMap v10.5.1 para ejecutar el modelo.

Tabla 2 Los métodos más frecuentemente mencionados

Autor	Caso de estudio	SIG	Modelos	Cuestionario/ Entrevista	Método
Díaz <i>et al.</i> (2019)	Inundaciones provocadas por frentes fríos intensos, Ciudad del Carmen, México	✓	✓		Mixto
Marín <i>et al.</i> (2021) Los Cabos México	Capturaron las percepciones de la comunidad sobre la vulnerabilidad relacionada con los ciclones tropicales	✓	✓	Encuesta-cuestionario en 335 hogares seleccionados al azar	Cuantitativo
Gómez <i>et al.</i> (2022) Diamante, Acapulco	Evaluaron los impactos del aumento del nivel del mar	✓	✓		Cuantitativo
Reynoso <i>et al.</i> (2024) República Dominicana	Utilizaron el Marco Comunitario de Resiliencia ante Desastres	✓	✓	Taller con más de 100 personas de los sectores gubernamental, privado y académico	Cuantitativo
Lourenço <i>et al.</i> (2023) Mozambique	Se centró en los impactos de las inundaciones en los usuarios de infraestructura	✓	✓		Cuantitativo
Hussein <i>et al.</i> (2020) Costa de los Emiratos Árabes Unidos	Evaluaron los cambios espaciotemporales en el uso y la cobertura del suelo	✓	✓		Cuantitativo
Flores <i>et al.</i> (2020) Buenos Aires, Argentina	Analizaron el riesgo de inundaciones y la interacción entre la expansión urbana y la dinámica de las inundaciones	✓	✓		Cuantitativo

Pratomo <i>et al.</i> (2016) Gouyave, Granada	Pretendían comprender la respuesta a las inundaciones repentinas	✓	✓		Cuantitativo
Fontes de Meira y Phillips (2019) Jamaica y Trinidad y Tobago	Analizaron los efectos e impactos de las inundaciones	✓			Cuantitativo
Pathak <i>et al.</i> (2021) Las Bahamas	Hicieron un análisis geoespacial de conjuntos de datos existentes para evaluar la vulnerabilidad	✓			Cuantitativo
Yin <i>et al.</i> (2022) China	Apuntó a fortalecer la gobernanza ambiental	✓			Cuantitativo
Tromp <i>et al.</i> (2022) Los Países Bajos	Tenían como objetivo fortalecer aproximadamente 1500 km de diques y 500 estructuras de ingeniería civil para 2050	✓			Cuantitativo
Sakamoto <i>et al.</i> (2022) Las islas Maldives	Examinaron la construcción de una isla artificial			Encuesta-entrevista de individuos antes y después de migración	Mixto
Zúñiga, (2018) Bogotá, Holguín, Lima, Río de Janeiro, y San Salvador	Se centró en la planificación territorial y urbana con un enfoque basado en riesgos.				Cuantitativo
Njogu (2021) Kenia	Examina el impacto de las inundaciones en los servicios de infraestructura			Encuesta-cuestionario para percepción y	Mixto

				data de infraestructura	

Fuente: Elaboración Propia

Todas las categorías anteriormente mencionadas en la tabla son importantes y se va a utilizar en esta evaluación. Tomando todos los casos en cuenta internacionales como nacionales, 80% de los autores reconocieron la importancia de SIG en su investigación. Los modelos hidrológicos, matemáticos y de probabilidad fueron los menos utilizados en la investigación ya que 53% autores encontraron utilidad con ellos en su investigación. Aproximadamente 27% de los autores utilizaron encuestas y cuestionarios para entender la percepción social mientras 80% de los autores utilizaron métodos cuantitativos y los restos utilizaron métodos mixtos. La siguiente ilustración demuestra gráficamente la información anterior que es la agregación de los métodos frecuentemente repetidos en los 15 documentos revisados.

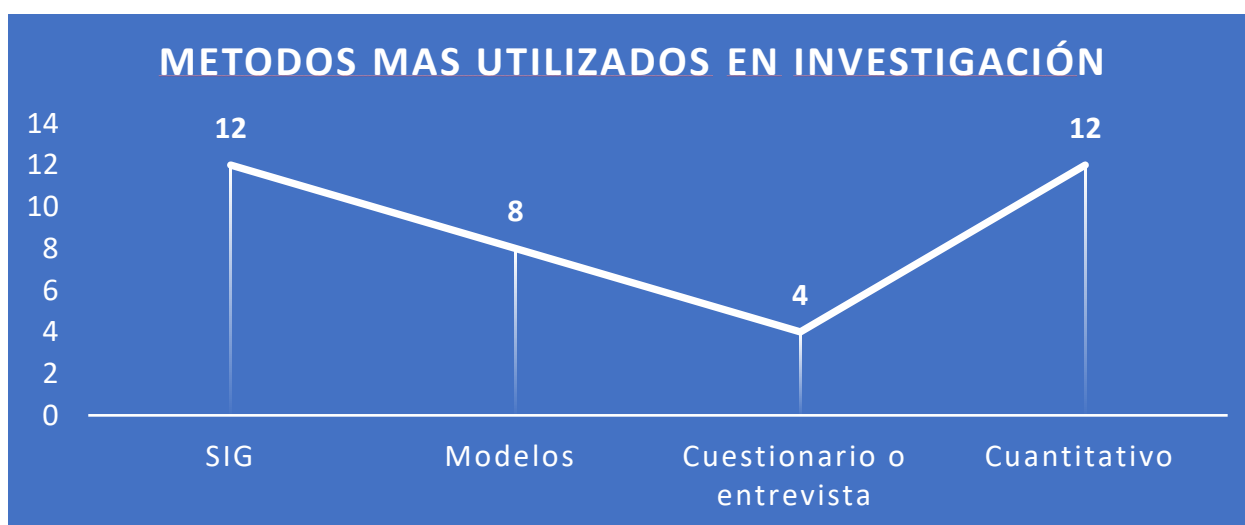


Ilustración 31 Suma de los métodos más utilizados en la investigación
Fuente: Elaboración propia

2.4 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza urbana

Los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza en las ciudades costeras incluyen el interés general de las instituciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad red, las políticas de las ciudades costeras y la gestión en la sociedad red.

Tabla 3 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza y los enfoques de resiliencia del marco referencial a nivel internacional

Autor	Ubicación de Ciudad Costera	El interés general de las instituciones	La participación comunitaria	El liderazgo en la sociedad red	La articulación de políticas de las ciudades costeras	La gestión en sociedad la red	Enfoque de resiliencia
Tromp <i>et al.</i> (2022)	Los Países Bajos	✓	✓	✓	✓	✓	Adaptación, prevención, transformación
Yin <i>et al.</i> (2022)	China	✓	✓	✓	✓	✓	Adaptación, restauración, transformación
Zúñiga (2018)	Bogotá, Holguín, Lima, Río de Janeiro, y San Salvador	✓	✓	✓	✓	✓	Adaptación
Sakamoto <i>et al.</i> (2022)	Las islas Maldivas	✓	✓	✓		✓	Adaptación, prevención, resistencia, transformación
Njogu (2021)	Kenia	✓	✓	✓		✓	Recuperación adaptación
Hussein <i>et al.</i> (2020)	Costa de los Emiratos Árabes Unidos	✓	✓		✓		Adaptación
Fontes de Meira y Phillips (2019)	Jamaica y Trinidad y Tobago	✓	✓	✓			Adaptación, prevención, resistencia
Díaz <i>et al.</i> (2019)	Ciudad del Carmen, Golfo del sur México			✓	✓	✓	Adaptación

Marín <i>et al.</i> (2021)	Los Cabos México		✓	✓	✓		Adaptación
Pathak <i>et al.</i> (2021)	Las Bahamas		✓	✓			Adaptación
Pratomo <i>et al.</i> (2016)	Gouyave, Granada	✓	✓				Adaptación y recuperación
Gómez <i>et al.</i> (2022)	Diamante, Acapulco			Pero importante	✓	Esfuerzos institucionales sin acción	Adaptación
Lourenço <i>et al.</i> (2023)	Mozambique					Debe mejorar ✓	Adaptación
Flores <i>et al.</i> (2020)	Buenos Aires Argentina						Adaptación, prevención, recuperación, restauración
Reynoso <i>et al.</i> (2024)	República Dominicana						Adaptación, prevención, recuperación, restauración, transformación, reconstrucción

Fuente: Elaboración propia

A nivel internacional algunos documentos revisados cumplieron todos los elementos estructurales como China y Los Países Bajos. La suma de interés general de las instituciones 5, la participación comunitaria 8, el liderazgo en la sociedad red 7, la articulación de políticas de las ciudades costeras 5 y La gestión en la sociedad red. Los Países bajos, China y el grupo de América Latina que incluye Bogotá, Holguín, Lima, Río de Janeiro, y San Salvador son los lugares cumple con todos los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza. En el caso combinado de (Zúñiga, 2018) no es claro si todos los países latinos cumplen con todos los elementos porque no es especificado. (Flores *et al.*, 2020 y Reynoso *et al.*, 2024) no especifican en los casos de

Argentina y La República Dominicana respectivamente datos que indican que cumplen con los elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza. En todos los casos revisados se reconocieron la adaptación como enfoque de la resiliencia.

En todos los casos nacionales revisados se reconocieron la adaptación como enfoque de la resiliencia. Las comunidades de Cozumel y Granada se han ido adaptando a las inundaciones. Sin embargo, los artículos carecen de evidencia la gestión en la sociedad red, el interés general de las instituciones, la participación comunitaria y el liderazgo de la sociedad red con mayor evidencia en las políticas. La sociedad en los casos de México queda afuera en la gestión y planificación de las inundaciones.

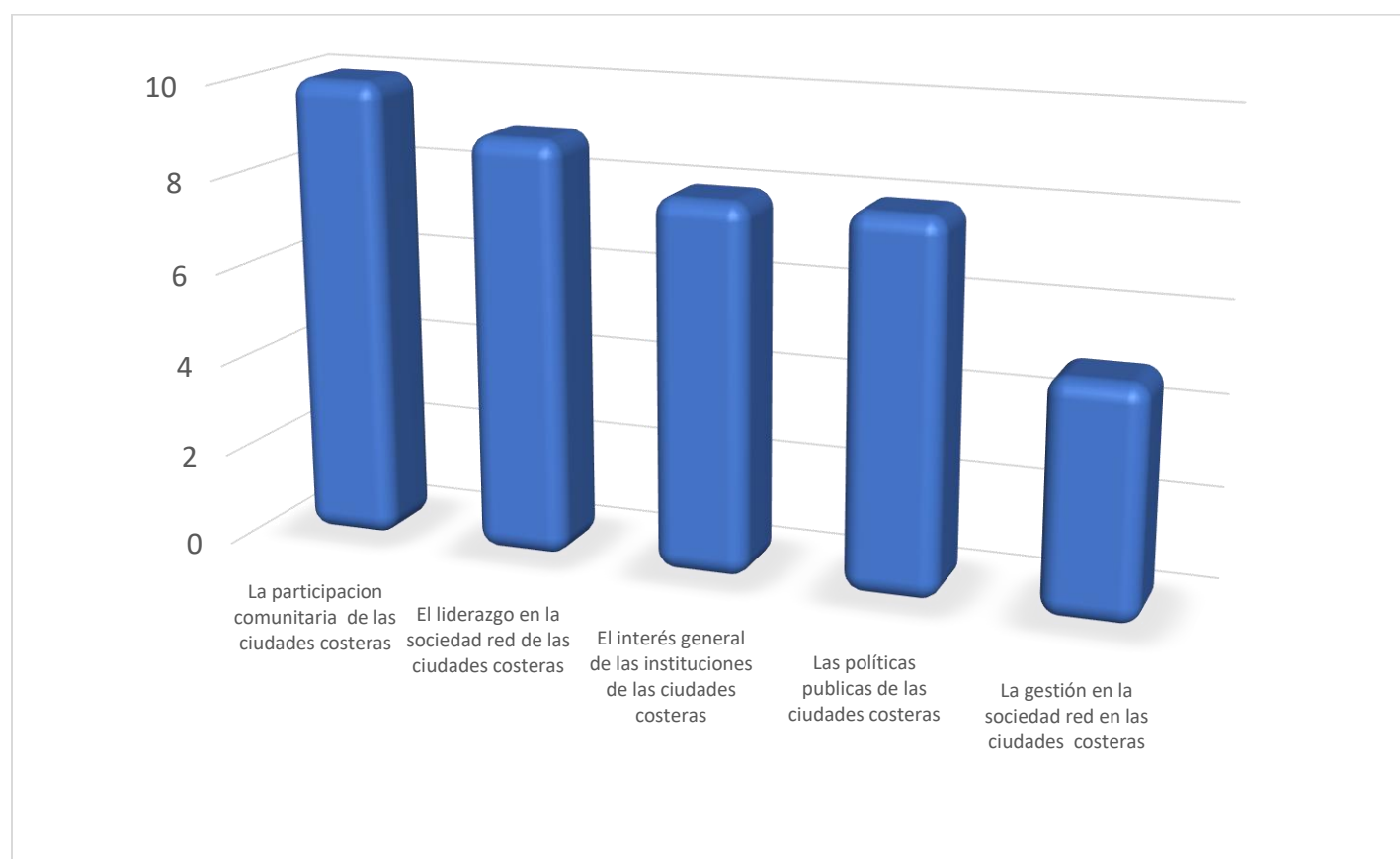


Ilustración 32 Elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza
Fuente: Elaboración propia con base en Venancio (2016)

La columna demuestra los cinco elementos estructurales de la resiliencia para la gobernanza en ciudades costeras. En los artículos que se revisaron, el 66.7% se alineó con la participación comunitaria, el 60% se reconoció que tenía interés general de las instituciones y liderazgo en la sociedad red, el 53.3% se asoció con tener articulación de políticas de las ciudades costeras y el 33.3% alude a la gestión de la sociedad red. Esto es una clara indicación, debido a la disparidad entre la gestión y las políticas frente a la participación comunitaria, de que la sociedad, a su manera, ha encontrado formas de adaptarse a las inundaciones. De hecho, la adaptación es específica del contexto según las circunstancias ambientales, de infraestructura y socioeconómicas, por ejemplo. En el caso de Marín *et al.* (2021) el enfoque indica que se está dotando a la comunidad con el conocimiento y las herramientas para enfrentar mejor las consecuencias de los ciclones tropicales como la adopción del Sistema de Alerta Temprana como una estrategia de conocimiento. Fontes de Meira y Phillips (2019) indica las prácticas de construcción de casas más nuevas se han adaptado en el estado de Trinidad y Tobago elevando los pisos y construyéndolas con materiales fáciles de limpiar para facilitar la remoción de escombros después de una inundación.

2.5 Enfoques de resiliencia

Esta investigación va a retomar la clasificación de Diez *et al.* (2022) para la resiliencia porque parece que la clasificación es más amplia ya que vienen de los documentos de Marco de Sendai Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015) y Nueva Agenda Urbana ONU-Hábitat (2016) con dimensiones combinadas de social, económica, ambiental, sanitaria, cultural, educativa, medioambiente y gobernanza en los ámbitos de desastres, pobreza urbana, planificación urbana, cohesión territorial, cambio climático y políticas públicas. La figura abajo representa los enfoques de la resiliencia identificada en los documentos revisados.

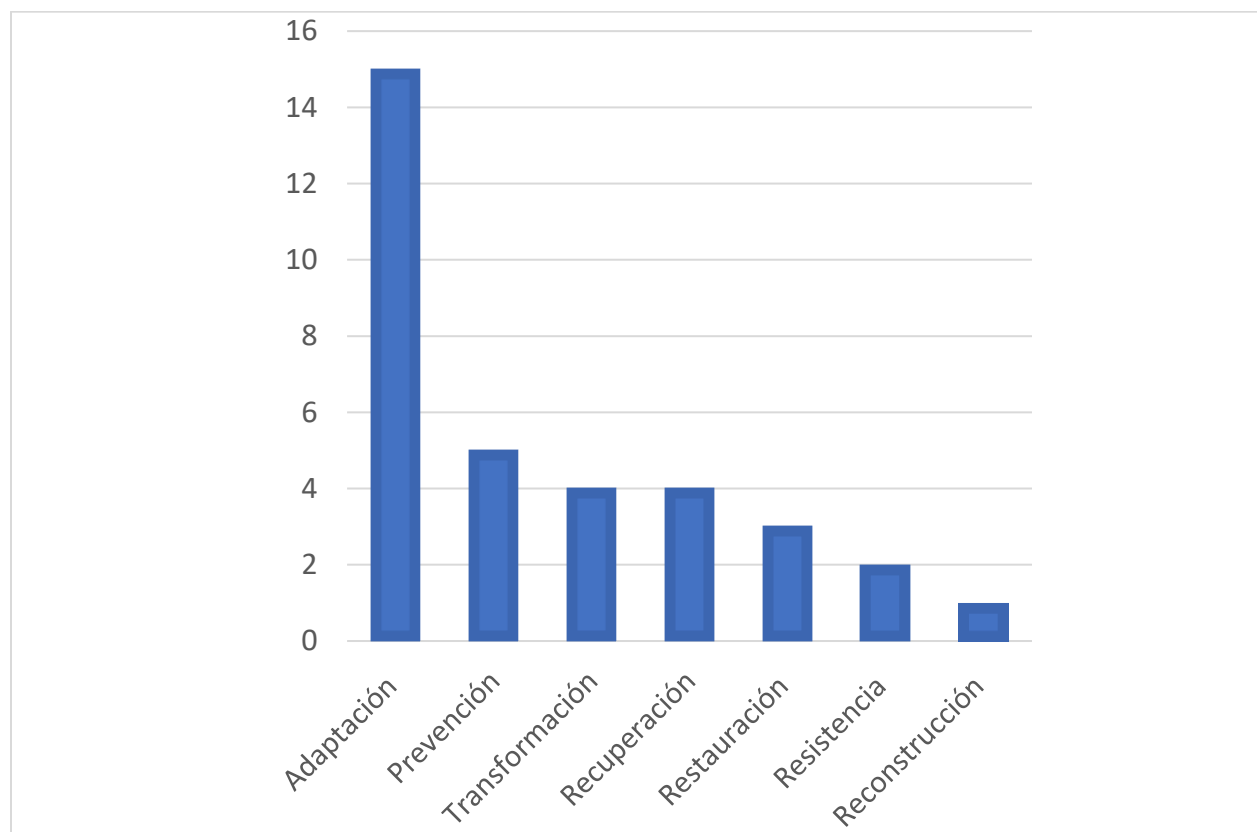


Ilustración 33 Enfoques de la resiliencia de las ciudades costeras

Fuente: Elaboración propia

Las inundaciones no se convierten automáticamente en un desastre; sin embargo, se generan costos independientemente de su escala. La resiliencia es crucial para hacer frente a los impactos de tales eventos. La columna anterior muestra a nivel internacional y nacional el enfoque de resiliencia utilizado por los autores en relación con la resiliencia. De los 15 casos revisados 100% tienen adaptación en algún nivel, 33.3% prevención, 26.67% transformación y recuperación, 20% restauración, 13.3% resistencia y 6.67% reconstrucción.

2.6 Variables e indicadores de la revisión de literatura

Las variables sirven para comprender cómo el cambio una independiente puede afectar a otra dependiente. Los indicadores son factores cuantitativa o cualitativa que sirve para medir logros, proporciona reflexiones de cambios relacionados con una intervención y evaluar el

desarrollo de un actor en el desarrollo (UNODC, 2014). Una vez que se presentado la revisión de investigaciones y estudios previos, es posible identificar las dimensiones, las variables, los indicadores, métodos de identificación su descripción e índice de valoración.

Tabla 4 Dimensiones de la vulnerabilidad ante inundaciones

Autor	Dimensión	Variable	Indicadores	Descripción
Wang et al, (2015)	Ambiental	Altura del nivel de inundación	Nivel de precipitación	Cantidad e intensidad total de lluvia. Índice de Precipitación Antecedente (API). La fórmula general para API es: $API = \sum (\text{Precipitación por 'n' días})$
		Frecuencia de inundaciones	Escorrentía y precipitación	El tiempo de concentración (Tc) es el tiempo en horas que tarda el agua de lluvia que cae en el punto más lejano para llegar a la desembocadura de una cuenca.
		Período de estancamiento de las inundaciones		
			Temperatura	Las temperaturas más altas pueden aumentar la intensidad de las precipitaciones. El aire más cálido retiene más humedad, lo que provoca aguaceros más intensos
McGrath y Gohl 2022); Joo et al. (2024)		Modelos de terreno, litología, redes fluviales	Humedad del suelo	La humedad del suelo es un factor crítico en el pronóstico de inundaciones, ya que influye en la cantidad de escorrentía que contribuye al nivel de los ríos durante los eventos de lluvia. ΔS es el cambio en el almacenamiento de humedad del suelo
Joo et al. (2024)		Topografía	-Número de curva (CN) -Pendiente de la cuenca (°) -Tasa de superficie de tierras bajas (%) -Densidad de corriente (%)	Las ecuaciones de aguas poco profundas (SWE) se pueden utilizar para simular el flujo de agua sobre una superficie y son particularmente útiles para predecir inundaciones en diversos terrenos. Se toma en cuenta la profundidad del agua, las velocidades del flujo en las diferentes direcciones, la aceleración debida a la gravedad, la elevación de la topografía del fondo, los esfuerzos cortantes del fondo, la densidad del agua y las fuerzas de Coriolis en las direcciones (x) e (y).

Joo et al. (2024)	Social	Población dependiente (%)	Rasgo social	Índice de Vulnerabilidad a Inundaciones (FVI): Combina factores sociales, económicos, ambientales y físicos. Se puede calcular estos factores para determinar la exposición, la sensibilidad y la resiliencia.
			Índice de recuento (tasa de pobreza)	Se calcula como la relación entre el número de personas por debajo del umbral de pobreza y la población total. Fórmula: $\left[\frac{\text{Tasa de pobreza}}{\text{Número de personas por debajo del umbral de pobreza}} \right] \times \text{Población total} \times 100\%$
			Marginación	A menudo, debido a una combinación de factores económicos, sociales y ambientales, las personas y comunidades marginadas se ven afectadas de manera desproporcionada por las inundaciones. Están en mayor exposición debido a las limitadas opciones de vivienda y al racismo ambiental. Sus recursos limitados restringen su preparación y recuperación.
			Educación	La educación desempeña un papel fundamental en la respuesta a las inundaciones, ya que las personas más educadas pueden participar más y al mismo tiempo comprender los riesgos, las causas, los métodos de predicción y los enfoques de mitigación. Además, los trabajadores calificados pueden realizar reparaciones, reconstrucción y restauración de infraestructura crítica.
Joo et al. (2024)		Tasa urbana (%) Densidad de población (persona/km2)	Crecimiento de la población	Mas población en zonas inundables significa más riesgo a la inundación. La fórmula para calcular el crecimiento de la población después de un determinado número de años es la siguiente: $x(t) = x_0 \times (1 + r)^t$ Dónde: (x(t)) representa la población final después del tiempo (t). (x ₀) es la población inicial.

				(r) es la tasa de crecimiento (expresada como decimal). (t) es el tiempo total en años.
Raikes <i>et al.</i> (2023)	Político	Instrumentos	Métodos no estructurales	Numerosos países están adoptando enfoques no estructurales como mapas de inundaciones, evaluaciones de riesgos, regulaciones, seguros contra inundaciones y ayuda en caso de desastres para abordar los desafíos relacionados con las inundaciones.
Unterberger (2018)		Financiación	Presupuesto asignado a mitigación de inundaciones	El mantenimiento regular de diques, el dragado de ríos y la construcción de muros contra inundaciones contribuyen a una mejor preparación contra inundaciones en áreas que asignan fondos consistentes para estas medidas.
Giroto <i>et al.</i> (2024)		Tecnología	Tecnología digital como Sistemas de alerta temprana	Las innovaciones digitales pueden pronosticar, alertar y responder a las inundaciones en particular los sistemas de alerta eficaces pueden ayudar a salvar vidas y propiedades, ya que pueden dar a las comunidades tiempo suficiente para prepararse para las inundaciones.
Joo <i>et al.</i> (2024)	Económico	Tasa de independencia financiera (%)	Ingreso	La infraestructura crítica a menudo es construida y mantenida por el gobierno; una economía en desarrollo puede no tener suficientes recursos para construir y sostener represas, diques y sistemas de drenaje efectivos y eficientes para reducir las inundaciones, ya que la prioridad del gobierno puede ser la reducción de la pobreza.
		Producción manufacturera en valor (miles de millones de KRW) Activo (precio de referencia del suelo) (Miles de millones de KRW) Costo de los daños por inundaciones a las instalaciones públicas (miles de millones de KRW)		“Consumo + Inversión + Gasto público + Exportaciones – Importaciones = PIB”
			Económicamente activa	La pobreza impide que las personas se preparen y se recuperen de las inundaciones. Por lo tanto, entre más económicamente inactiva la población más vulnerabilidad social y económica hacia las inundaciones $\frac{\text{Población empleada (n)}}{\text{Población total}}$
Acuña <i>et al.</i> 2024	Territorial	Uso de suelo	Cuerpos de agua Área Natural Protegido Vegetación Selva	Los árboles actúan como una vía de doble sentido para el agua. Sus raíces y suelo ayudan a la infiltración del agua de lluvia, mientras que sus hojas y ramas captan el agua de lluvia y la liberan mediante evaporación y transpiración. Esto atenúa la intensidad de las inundaciones pluviales por almacenamiento de agua y desaceleración en eventos extremos de lluvia.

				$\frac{\text{Superficie (n)}}{\text{Superficie total}}$
Joo et al. (2024)	Infraestructura	Número total de casas (número) Costo de los daños por inundaciones a las instalaciones públicas (miles de millones de KRW) Ratio de mantenimiento de diques (%) Longitud del dique (km) Estación de bombeo (número) Estación de bombeo (capacidad) (m3) Presa y embalse (106 m2/km2) Capacidad de drenaje (m3) Número de servidores públicos por residente (número) Índice de capacidad de reducción de daños (grado)	Coefficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.)	Este coeficiente limita la cantidad de espacio que un edificio o estructura puede ocupar en relación con el tamaño del lote en el que se encuentra. Para calcular el C.O.S., sigue estos pasos: Superficie construida en la primera planta (o planta baja): Mide la superficie construida en la planta baja de tu proyecto. Superficie total del terreno: Calcule el tamaño total del terreno en metros cuadrados. Fórmula del C.O.S.: $\text{C.O.S.} = \frac{\text{Superficie total del terreno}}{\text{Superficie construida en planta baja}}$

Fuente: Elaboración propia

2.7 Discusión del marco referencial

La relevancia del tema de la resiliencia para la gobernanza ante inundaciones es importante porque gobernanza eficaz puede mejorar la eficiencia, legitimar decisiones que pueden conducir a una reducción potencial del riesgo de inundaciones y, en última instancia, fortalecer la resiliencia contra las inundaciones. La gobernanza tiene un papel fundamental en la gestión de las

inundaciones, especialmente en las ciudades costeras; asume el liderazgo y asegura la coordinación entre los actores; también puede garantizar que se articulen las políticas y se implementen y utilicen los instrumentos adecuados. La gobernanza tiene la posición única de delegar responsabilidades claras y rendición de cuentas entre las instituciones.

Se revisaron un total de 15 artículos en este capítulo, los documentos fueron seleccionados de 4 continentes, 9 de América Latina y el Caribe: 3 artículos de México y 1 de Granada, 2 de África, 3 de Asia y 1 de Europa. Se eligió a los Países Bajos por sus renombrados y avanzados sistemas de gestión de inundaciones y técnicas de ingeniería; la mayor parte de su territorio se encuentra bajo el nivel del mar. Se eligió Maldivas por sus características geográficas y físicas y su amenaza de desaparición debido al aumento del nivel del mar. China se ha convertido en un líder mundial y ellos también tienen islas pequeñas. Los Emiratos Árabes Unidos son un ejemplo de inundaciones sin precedentes probablemente inducidas por el calentamiento global. Se eligieron Kenia y Mozambique para comprender cómo responden estas economías en desarrollo a las inundaciones. Los artículos de América Latina y el Caribe fueron seleccionados sobre la base de que tienen características geográficas, económicas, físicas y sociales similares a Cozumel y Granada.

Existe una relación directa entre el nivel de ingresos y los elementos estructurales de la gobernanza, los actores involucrados, la metodología utilizada y el enfoque de la resiliencia a las inundaciones.

Países Bajos y China en mayor medida EAU y Las Islas Maldivas de menor medida



Ilustración 34 Aportaciones de economías más desarrolladas
Fuente: Elaboración propia

Cuanto mayor era el ingreso, mayor era el cumplimiento de los elementos estructurales de gobernanza, especialmente según Tromp *et al.* (2022) y Yin *et al.* (2022) en los Países Bajos y China, respectivamente. Sakamoto *et al.* (2022) no se identificó políticas de ciudades costeras mencionaron, pero se identificó cumplimientos de los otros elementos estructurales. En los Emiratos Árabes Unidos, Hussein *et al.* (2020) no mencionaron que el liderazgo y gestión en la sociedad red hacia inundaciones, pero este puede ser porque este fenómeno es nuevo en el país por lo tanto al presente no están organizados o preparados.

Las metodologías con los países con más ingresos enfocaban innovación para enfrentar a las inundaciones de acuerdo con Tromp *et al.* (2022) en los países bajos y el uso de una mezcla del conocimiento internacional y antigua tecnologías avanzadas y de acuerdo con Yin *et al.* (2022) en China. Tromp *et al.* (2022) y Yin *et al.* (2022) aluden a los actores como los gobierno, instituciones y sociedad, están involucrados con un claro liderazgo en el asunto.

El enfoque de resiliencia ante inundaciones es principalmente adaptación sin embargo está basado en un aprendizaje práctico con estrategias naturales y ecológicos basadas en la prevención a nivel de arriba hacia abajo demostrando de nuevo que hay un claro liderazgo y voluntad publica de enfrentar la inundación como una prioridad.



Ilustración 35 Aportaciones de economías menos desarrolladas
Fuente: Elaboración Propia

Los países de América tuvieron menos cumplimiento de los elementos estructurales de gobernanza, especialmente Reynoso *et al.* (2024), Flores *et al.* (2020) no infirieran que la Republica Dominicana y Buenos Aires Argentina. Se deduce que Fontes de Meira y Phillips (2019) y Pathak *et al.* (2021) cumplen con 60% y 40% de los elementos estructurales respectivamente. En general la tendencia de los países de América Latina y el caribe es la falta datos para validación, y limitación o ausencia en integración, visión, estructuras y políticas para la inundación en la región.

Las metodologías con los países con menos ingresos enfocaban principalmente en medir o cuantificar factores de inundación y los desafíos del riesgo o daño. Los actores se centraban más en la sociedad y su capacidad enfrentar las inundaciones, esto significa que hay una falta de liderazgo.

El enfoque de resiliencia ante inundaciones es principalmente adaptación sin embargo está basado en la adaptación de la comunidad con seguro, reconstrucción después de un evento y otras medidas a nivel individual o hogar con poco zonificación y estrategias más institucional. Por ejemplo, Reynoso *et al.* (2024) se infirieron que el enfoque dirige hacia el comunitario en la

República Dominicana, Fontes de Meira y Phillips (2019) se centra en los cambios en sistemas naturales o humanos, mientras (Pathak *et al.* 2021) puso énfasis en vulnerabilidad de la infraestructura turística en las Bahamas.

En la revisión documental había algunas temáticas recurrentes como cambio climático, uso de suelo, infraestructura y nivel socio económico que son importantes en las inundaciones.

“El cambio climático se caracteriza en función de las tendencias integrales de temperatura y precipitación a largo plazo y otros componentes como la presión y el nivel de humedad en el entorno circundante” (Abbass *et al.* 2022). El cambio climático provoca patrones meteorológicos extremos a largo plazo, como las inundaciones, ya que aumentan los factores de inundación, como el aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas causadas por huracanes, especialmente en las ciudades costeras.

El uso del suelo se define como “los arreglos, actividades e insumos que las personas realizan en un tipo específico de cubierta terrestre para producirla, cambiarla o mantenerla. El uso del suelo definido de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura del suelo y las acciones de las personas en su entorno” (ONU, 2003). La consideración del uso del suelo es importante porque los cambios en el uso y la cubierta terrestre, por ejemplo, la urbanización y la deforestación, pueden exacerbar el riesgo de inundación, ya que la eliminación de la vegetación disminuye las barreras naturales contra las inundaciones.

La infraestructura se refiere a un conjunto de servicios, recursos y componentes que son principales para el desempeño efectivo de una ciudad o país, como carreteras, autopistas y puentes, funcionando como características duraderas y abundantes que surgen del desarrollo de infraestructura en un territorio que forma estructuras de transporte y rutas por las que pasan los bienes y servicios en su vida diaria (Guajardo, 2023). La urbanización implica superficies más impermeables, como carreteras y espacios de estacionamiento que alteran el sistema de drenaje natural y artificial, las ciudades son más propensas a inundaciones cuando los edificios y la infraestructura de aguas pluviales no se diseñan y construido de manera eficiente.

El estatus socioeconómico es un constructo que representa el trasfondo social y económico de un individuo o grupo (por ejemplo, un hogar), el concepto sociológico aborda la posición relativa en una estructura social particular, basándose en la suposición de que existe una estructura de estatus desigual en todas las sociedades, normalmente, incluye características adquiridas (como

riqueza, estatus y prestigio) en contraste con características biológicas del individuo, como la edad o el origen étnico, a nivel de hogar, puede incluir datos demográficos como el lugar de residencia (Villaba, 2014). El nivel socioeconómico tiene una función crítica para determinar si las personas y los asentamientos se recuperan de las inundaciones, ya que las inundaciones afectan a los grupos vulnerables, como los más marginados y los más pobres, de manera desproporcionada porque carecen de los recursos necesarios para la mitigación y prevención de las inundaciones.

Los modelos predominan y se utilizaron con mayor frecuencia en los documentos que se revisaron; los autores que utilizaron modelos se presentan a continuación.

Flores *et al.* (2020) utilizaron dos modelos hidrológicos, el modelo de Sacramento modificado con el parámetro de área efectiva y el modelo HIDROSAT en Buenos Aires, se enfocaron en analizar la desviación de la precipitación con el uso de información hidrométrica con modelos hidrológicos para la identificación de inundaciones no solo en áreas urbanas sino también periurbanas, como un fenómeno multifacético producto de la urbanización y la dinámica del sistema hidrológico, esto fue seguido de la detección de cambios en la cobertura del suelo mediante clasificación supervisada de imágenes de teledetección.

Hussien *et al.* (2020) emplearon el Sistema de Modelado Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS) en los Emiratos Árabes Unidos para el modelado hidrológico; es un sistema de modelado semidistribuido basado en subcuencas que puede simular la hidrología de una cuenca. El modelo incluye varios submodelos utilizados para simular diversos componentes del proceso de generación de escorrentía, con diferentes opciones de infiltración, hidrograma unitario y métodos de ruta de inundaciones, la simplicidad del modelo permite un uso generalizado y su modesto número de parámetros hace que la calibración sea razonablemente sencilla.

En República Dominicana, Reynoso *et al.* (2024) evaluaron la precisión de la predicción del modelo hidrológico con el evento real, examinando, por ejemplo, la infraestructura crítica, la evaluación de riesgos, los efectos de los enfoques de gentrificación para gestionar los Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) y su impacto en las inundaciones.

Díaz *et al.* (2020) utilizaron un modelo oceánico numérico en Ciudad del Carmen, el Modelo Oceánico Comunitario de Volumen Finito (FVCOM), y el forzamiento meteorológico proviene de simulaciones de alta resolución con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). En las simulaciones oceánicas, se emplearon mallas no estructuradas, lo que permitió inundaciones

dinámicas y secado dentro de celdas individuales, se emplearon cambios en el nivel del mar, acción de las olas, velocidad y presión atmosférica para predecir el comportamiento del agua durante las tormentas y cómo las inundaciones podrían cambiar según la ubicación para garantizar La precisión en la representación de los procedimientos físicos involucrados en los modelos fue calibrada y validada con datos históricos (Díaz *et al.* 2020).

Marín *et al.* (2021) aplicaron un modelo de probabilidad en Los Cabos México para analizar la percepción local/no local de los ciclones tropicales y calcularon un índice para categorizar la vulnerabilidad, los indicadores incluyen exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, factores como la gobernanza, las características físicas de la ciudad, el estatus socioeconómico de los habitantes y la resiliencia de la infraestructura.

Gómez *et al.* (2022) utilizaron un modelo denominado Procedimiento Integrado para la Estimación de Impactos del Nivel del Mar (IPESLI) en Diamante Acapulco el cual está compuesto por imágenes Landsat, bases de datos oficiales y software de diseño de sistemas de información geográfica, el mismo fue calibrado con el uso de siete visitas de campo para comparación de los valores de altura producidos por el modelo de elevación digital con los datos in situ, los mapas de inundaciones generados pueden localizar las zonas más vulnerables.

Pratomo *et al.* (2016) modelaron inundaciones utilizando el software OpenLISEM en Granada. Se trata de un modelo de desastres basado en eventos que imita la escorrentía, la erosión y las inundaciones repentinas para un evento de lluvia particular y se utiliza para identificar la generación de cambios en el uso del suelo y las inundaciones. impactos de dicho evento. En otras palabras, la relación entre cambios de uso del suelo e inundaciones. El modelado de inundaciones se extrajo de dos capas para reducir la incertidumbre del valor de las propiedades del suelo, como la conductividad hidráulica saturada (Ksat), la porosidad y la humedad inicial del suelo (n de Manning).

Dada la escasez de datos en Matola Mozambique, Lourenço *et al.* (2023) utilizaron una versión del algoritmo de flujo múltiple (TFM) basado en formas triangulares, denominado modelo TFM-DYN. Modeló las inundaciones pluviales urbanas basándose en análisis SIG que crearon mapas de peligro y riesgo de inundaciones de Matola para 2000, 2020 y 2040. El modelo simuló el flujo y produjo estimaciones de la profundidad y velocidad del agua utilizando datos de entrada

sobre precipitaciones, infiltración y elevación. y rugosidad de la superficie, en datos ráster ASCII procesados en ArcMap v10.5.1 para ejecutar el modelo.

Un marco de gobernanza bien definido puede estructurar la responsabilidad, las funciones designadas, la toma de decisiones y los roles claros de las instituciones, haciéndolas responsables de sus acciones y desempeño relacionados con las inundaciones. Cuando se ejecuta de manera eficiente, una estructura de gobernanza efectiva proporciona la base para que las operaciones institucionales funcionen sin problemas y se logren los objetivos para combatir las inundaciones, ya que la estructura guía cómo se hacen las cosas, incluidos planes, programas y proyectos, y mecanismos de presentación de informes que garantizan que se cumplan las regulaciones.

La resiliencia adaptativa reconoce que los patrones de inundaciones están sujetos a cambios debido al cambio climático o al desarrollo urbano y prevé la agilidad y la capacidad de respuesta. Aunque se mencionó en todos los documentos revisados, su interpretación varía según el nivel de ingresos del país que se aplica, que puede variar desde seguro contra inundaciones y diseño de edificios resistentes a inundaciones, como casas construidas sobre pilotes o que utilizan materiales impermeables o restauración de humedales a la respuesta de las comunidades durante las inundaciones y a la preparación a través de planes de educación y evacuación. La resiliencia adaptativa fomenta el intercambio de información y el trabajo en equipo, así como el aprendizaje y las mejoras, que son esfuerzos que no son aplicables en la mayoría de los países en desarrollo; en esencia, es la capacidad de una comunidad para coexistir con posibles inundaciones, minimizando los daños y puede interpretarse de manera diferente según el contexto.

2.8 Conclusiones del capítulo

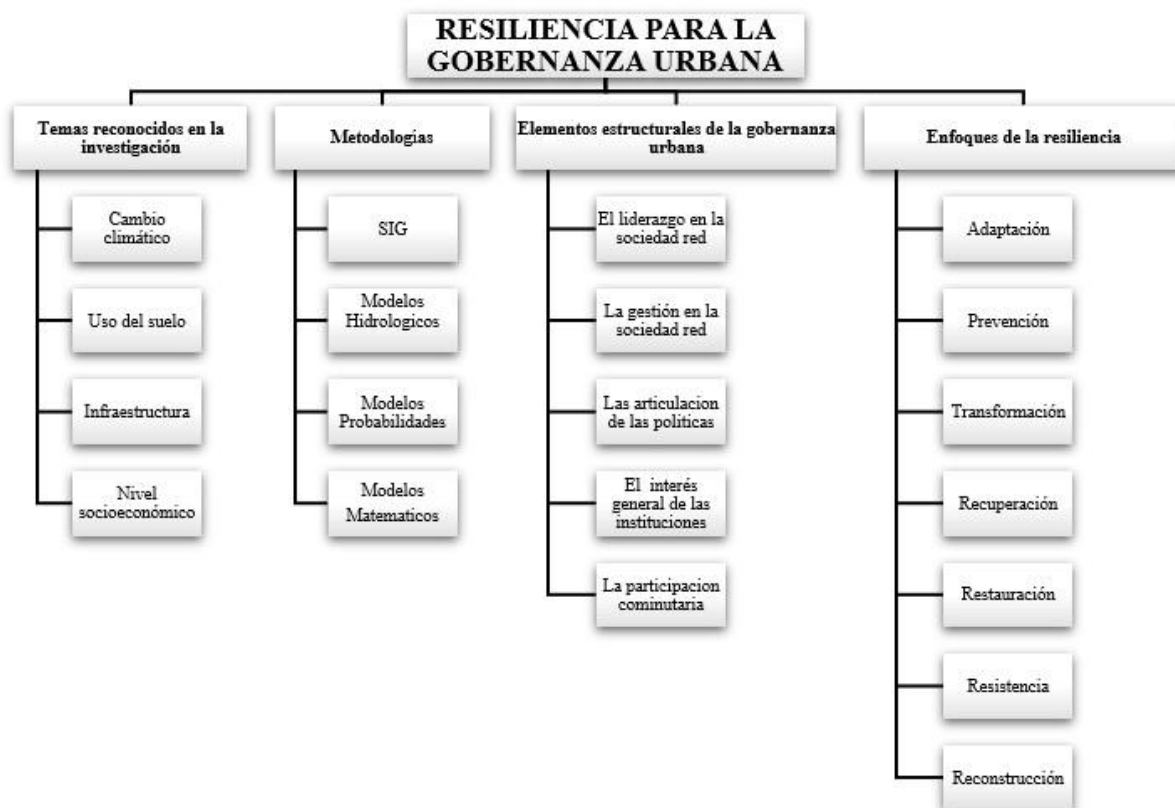


Ilustración 36 Resiliencia ante inundaciones para consolidar la gobernanza urbana

Fuente: Elaboración propia

Hay un vacío de conocimiento identificado que incluye el hecho de que cada ciudad es diferente con desafíos únicos y debe ser tratada como tal; también hay una consideración limitada para la resiliencia en la gobernanza urbana en las ciudades costeras para abordar las inundaciones. La falta de datos hace que validar los datos sea un desafío, debería haber consideraciones de equidad en los modelos porque muchas veces se deja de lado el aspecto social.

Tomando el vacío de la investigación en cuenta el cambio climático y el cambio en el uso del suelo han aumentado e intensificado las inundaciones en las ciudades costeras; sin embargo, para combatir los impactos de las inundaciones es esencial concentrarse en la vulnerabilidad social, por lo que la capacidad institucional, organizativa e instrumental es importante. Los técnicos y otros profesionales relacionados requieren la mano de obra, las habilidades y la experiencia necesarias para combatir las inundaciones.

Para apoyar a las organizaciones, las leyes, regulaciones y políticas son igualmente importantes porque garantizan el acceso a servicios críticos, especialmente para las poblaciones vulnerables, y pueden crear condiciones de descenso y seguridad que puedan contribuir a promover la resiliencia a las inundaciones. Las políticas que se diseñan e implementan adecuadamente pueden ayudar a mitigar estas consecuencias negativas de un evento, pueden garantizar una respuesta oportuna a los desastres, una mejor infraestructura y asistencia financiera.

La función económica es esencial en la gestión de inundaciones. Al destinar recursos a la prevención, la capacidad de respuesta y la fortaleza comunitaria, se salvaguarda la estructura económica, se preservan las vidas y se mejora la calidad de vida de las poblaciones en riesgo. Para realizar respuestas eficientes es importante tener cierto nivel económica para invertir en la tecnología requerida, ya que muchos gobiernos priorizan pobreza encima de RRD por falta de recursos, por lo tanto, las políticas de manejo de desastres deben abordar la relación entre la pobreza y la vulnerabilidad.

La participación de la comunidad es importante en los estudios de caso porque la comunidad es capaz de compartir el conocimiento local para la planificación de medidas preventivas con soluciones que sean culturalmente apropiadas, así como colaborar para reparar oportunamente la infraestructura pública que normalmente representa un costoso costo para el gobierno y, en última instancia, una contribución a resiliencia y la restauración de servicios básicos también participan en la vigilancia local permitiendo respuestas más rápidas.

La adaptación el proceso de ajustar prácticas, sistemas y estructuras para moderar los daños potenciales y hacer frente a las consecuencias de los desastres y relacionados con el clima. Esto incluye ajustar las prácticas socioeconómicas y ambientales para limitar los daños (UNDRR, 2024).

La adaptación costera es importante y formulando estrategias de mitigación de riesgos basado en información del estudio, debe incluir mapas de peligro de inundación en las estrategias implementadas porque es crítica para la adaptación a igual mediada es la construcción de espacios de almacenamiento azul-verde y la restauración ecológica. Existe esfuerzos colaborativos, que han funcionado especialmente en países como China y los Países Bajos así como soluciones tecnológicas, mantenimiento predictivo y sistemas de drenaje inteligentes, sin embargo una

investigación adicional únicas de los riesgos de desastres en el contexto de la región del Caribe es sumamente importante también.

Se debe mejorar la colaboración entre los actores, actualizar las políticas de planificación para incluir evaluaciones de riesgo de inundación adicionalmente, fomentar la transferencia de conocimientos y mejorar la absorción de este a través de un aprendizaje práctico y continuo. Como es el caso de los Países Bajos es necesario ajustar las políticas existentes para incorporar estas innovaciones y aumentar la resiliencia frente a las inundaciones eso sigue siendo la responsabilidad de la resiliencia para la gobernanza urbana, igualmente la gestión integrada de la zona costera debe incorporar estrategias de gestión turística con medidas de adaptación al cambio climático, mientras aprovechamiento de conocimiento local para medidas de adaptación a largo plazo.

La resiliencia para la gobernanza urbana es importante para minimizar los impactos de las inundaciones, de hecho (Diez *et al.*, 2022) mencionan que la resiliencia se ha vinculado a la planificación estratégica por motivos teóricos de vulnerabilidad y sostenibilidad en lugar de planes y proyectos reales; además, la implementación tiene sus desafíos y, por lo tanto, cumplir con los objetivos. El desafío de la resiliencia siendo capaz de articular dimensiones que ha desarrollado recientemente alcance socioeconómico y ambiental.

Una visión integrada de interés general permite el desarrollo de proyectos a largo plazo un modelo de planificación urbana nuevo o renovado que tenga en cuenta los derechos y necesidades de los sectores vulnerables esto permite incorporar la resiliencia como capacidad de adaptación, herramienta para reemplazar transformar o cambiar la situación actual modelo de ciudad costera a uno más complejo y democrático con el gobierno tomando la iniciativa del liderazgo (Sanz & Díez, 2020).

3. Metodología de la investigación

Este apartado presenta el método de análisis, los procedimientos y las técnicas de investigación que se utiliza para la recolección y procesamiento de datos en Cozumel, México y St. George, Granada. El alcance del método es para comprobar la interdependencia de los actores y permite identificar las diversidades entre Cozumel y St. George. Es importante destacar que esta investigación considera toda la isla de Cozumel, ya que, en relación con Granada, solo considera la parroquia de St. George que contiene la ciudad capital y no considera las otras seis parroquias² ni las islas de Carriacou y Petite Martinique que forman parte del estado triinsular de Granada para el análisis.

De esta forma la investigación, solo se enfoca en los problemas de inundaciones relacionados con vidas, medios de vida, vivienda, negocios (turismo), transporte y carreteras. Los casos de estudio revelan problemas ocultos como las raíces de la inundación por ejemplo el acceso limitado de recursos, y las variables elegidas para el análisis representan estos problemas. Se destaca la relación de los actores, debido a la importancia de la capacidad de gestión para planificar y con la finalidad de generar herramientas necesarias con una visión a largo plazo y un compromiso para llevarla a cabo.

Una gestión efectiva de las inundaciones urbanas en las zonas costeras es crucial porque representa una confluencia de dos importantes tendencias de gobernanza urbana que incluyen el papel evolutivo del Estado hacia un enfoque más colaborativo y la mayor participación de actores no gubernamentales. Esta colaboración conduce a mejores soluciones que benefician al público.

Este apartado, se estructura en cuatro subtemas. En el primero se describen las variables de la investigación, mediante las variables independiente y dependiente en el segundo subtema se establece el marco de análisis, considerando el análisis de dimensiones sociales, políticos, económicos, ambientales y territoriales de la vulnerabilidad. Posteriormente, se describe el proceso para determinar el índice de vulnerabilidad de los casos de estudio, además del proceso para el

² "Una parroquia es una comunidad eclesial local que forma parte de una organización religiosa más grande, normalmente una diócesis. Suele tener un alcance geográfico y abarcar una zona específica, como un pueblo, una ciudad o una zona rural. Una parroquia suele tener su propio edificio de iglesia, clero y estructura administrativa, y es responsable de proporcionar atención y servicios espirituales a sus miembros. Las parroquias suelen tener su propia estructura de gobierno, que incluye un párroco, un consejo y varios comités, y también pueden tener escuelas, organizaciones de servicios sociales y otras entidades afiliadas" (Jones *et al.*, 2005).

abordaje del estado actual de la gobernanza urbana respecto a las inundaciones en las ciudades de Cozumel y St. George, así como los elementos de adaptación, prevención, recuperación, transformación, restauración, resistencia y reconstrucción, que corresponden a la resiliencia. Además, se establecen las directrices para la formulación de un modelo de la resiliencia para gobernanza urbana ante inundaciones para ciudades costeras.

3.1 Variables de la investigación

Es crucial la definición y selección de variables de análisis, para lo cual fue necesario reexaminar los ejercicios utilizados en investigaciones previas, como Bottazzi *et al.* (2018) en los casos de inundaciones, dichos estudios habían considerado las relaciones entre actores para planificar y gestionar las inundaciones en la ciudad costera. El primer paso fue identificar las variables independientes y dependientes. De acuerdo con (Hernandez *et al.* (2010) una variable es una propiedad que puede cambiar y cuya variación es susceptible de medición y observación; el concepto puede aplicarse a una persona, organismos vivos, objetos, hechos y fenómenos, todos los cuales adquieren diferentes valores con respecto a la variable en cuestión.

a) Variable independiente

Una variable independiente significa que su valor es independiente de otras variables en este estudio. También se llama “independiente” porque no está influenciado por ninguna otra variable en el estudio. En última instancia, puede manipularse para explorar sus efectos sobre las variables dependientes, por lo que es la causa. La manipulación de una variable independiente puede influir significativamente en los resultados de un experimento esto se puede lograr incluyendo o excluyendo la variable, o alterando su grado o intensidad al variar la variable independiente de diferentes maneras, es posible observar diversos efectos y comprender su relación con la variable dependiente. (Hernandez *et al.*, 2010).

La elección de la variable independiente depende de sus elementos estructurales, indicados en el apartado 2.4 del marco teórico conceptual. Es necesario plantearse las siguientes preguntas para la selección de la variable explicativa:

- ¿Están en vigor las relaciones de coordinación entre los actores de las ciudades costeras en la formulación de planes, programas y proyectos? ¿Son complementarias o competitivas?
- ¿Qué enfoques teóricos se pueden poner en práctica para generar esquemas de coordinación?
- ¿Cómo contribuye la gobernanza urbana a la coordinación entre los actores para planificar y gestionar las inundaciones en ciudades costeras?
- ¿Cómo contribuyen las organizaciones civiles, empresariales, gubernamentales, y académica que temáticamente atienden el cambio climático en la implementación y continuidad de los planes, programas y proyectos?³

De esta forma, de acuerdo con la hipótesis establecida , la variable independiente en esta tesis es:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Gobernanza urbana para impulsar la formulación de planes, programas y proyectos ante inundaciones de ciudades costeras |
|--|

b) Variable dependiente

Una variable dependiente es el resultado o respuesta que se mide para determinar el efecto de una variable independiente; en efecto, cambia como resultado de la manipulación de la variable independiente. Por lo tanto, es crucial operacionalizar y medir cuidadosamente las variables dependientes para garantizar resultados de investigación precisos y confiables.

³ La inclusión de muchas variables en el análisis de la planificación y gestión de inundaciones costeras urbanas puede ser contraproducente. Este enfoque puede conducir a problemas de superposición de variables, incorporación de factores no contribuyentes y potencialmente aventurarse en un análisis de temas no relacionados, dificultando la identificación de los factores clave. La idea es explicar la planificación y gestión de las inundaciones costeras basada en una variable territorial frente a la diversidad de organismos públicos y privados, que estará sujeta a las condiciones de esta investigación y en este caso a los objetivos deseados. La intención es comprender cómo se pueden planificar y gestionar las inundaciones costeras en diferentes lugares. Para ello, es necesario centrarse en un factor clave que varíe según el territorio, ya que existen diferencias entre las ubicaciones. También es imperativo reconocer la participación de diversas entidades públicas, privadas e internacionales, y los enfoques específicos se basarán en los objetivos de esta investigación y los resultados deseados.

En este estudio, la variable dependiente de la investigación, que se espera que cambien en respuesta a la independiente es:

- resiliencia ante inundaciones en ciudades costeras

3.2 Marco de análisis de la vulnerabilidad, gobernanza urbana y resiliencia por inundaciones en las ciudades costeras

3.2.1 Análisis de la vulnerabilidad por inundaciones

Para el abordaje de la vulnerabilidad por inundaciones en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada, se analizó la realidad actual a través del estado de las dimensiones: social, política, económica, ambiental y territorial; considerando las aportaciones que fueron identificadas y ampliadas en la revisión de literatura. Además, se consideró su relación con los elementos estructurales de la gobernanza urbana.

Tabla 5 Relación de dimensiones e indicadores para el análisis de la vulnerabilidad a inundaciones en ciudades costeras

Dimensión	Indicadores	Descripción
Ambiental	Precipitación Aumento del nivel del mar Deforestación Cobertura verde Área Natural Protegida	Los cambios ambientales afectan al territorio y provocan cambios en sus componentes, uno de los peligros que se derivan de dicho cambio son los desastres (Sholihah <i>et al.</i> 2020). El Caribe está en riesgo de inundaciones por ser una de las regiones con más precipitaciones y fuertes tormentas eléctricas a nivel mundial (Collalti, 2024).
Social	Marginación Rezago social Escolaridad Pobreza	Las desigualdades socioeconómicas y socioespaciales dan lugar a diferencias sociales en la vulnerabilidad y la resiliencia a inundaciones que a su vez afectan la exposición al riesgo de desbordamientos y la capacidad de recuperarse de los impactos de estos desastres (Houston <i>et al.</i> 2021).

Político	Leyes Reglamentos Proyectos Programas Instituciones Instrumentos	La política facilita o dificulta la comprensión, el diseño y la ejecución de la reducción del riesgo costero; los incentivos de los actores políticos también pueden impedir la inclusión de medidas de adaptación en los planes gubernamentales; además, surgen complicaciones con la implementación de medidas relacionadas con las regulaciones ambientales, las restricciones del uso del suelo y la toma de decisiones descentralizada (Rasmussen <i>et al.</i> 2020).
Económico	PIB Diversidad económica Turismo	En los países en desarrollo, las inundaciones tienen un efecto perjudicial sobre el crecimiento económico local, mientras que una economía más desarrollada tiene los medios necesarios para una reconstrucción oportuna y, por lo tanto, es capaz de gestionar choques que son más frecuentes y severos a su infraestructura que últimamente pueden exacerbarse con el cambio climático (Collalti 2024).
Territorial	Población Barrios Marginales Uso del suelo Densidad de población	En zonas con terrenos más empinados y accidentados, las aguas de las inundaciones pueden cobrar más fuerza; el riesgo se ve agravado además por el desarrollo urbano descontrolado, la erosión del suelo, la deforestación y la agricultura intensiva, ya que la capacidad del suelo para absorber agua, que es crucial para la prevención de desbordamientos, se ve afectada negativamente (Collalti 2024).
Infraestructura	Edificios Calles Puertos y aeropuerto Diques y drenaje	En las regiones urbanas, cuanto mayor sea la proporción de áreas edificadas, mayor será la reducción de la capacidad de absorción del suelo y, posiblemente, los efectos más perjudiciales de las inundaciones (Collalti 2024). Las inundaciones graves pueden dañar las infraestructuras civiles, como edificios, carreteras, puentes y estructuras enterradas, y provocar crisis económicas y socioambientales (Abegaz <i>et al.</i> 2024).

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, para el análisis de las dimensiones social, política, económica, ambiental y territorial de Cozumel, México y St. George, Granada, respecto a la vulnerabilidad por inundaciones, se consideró los siguientes subdimensiones, variables, indicadores, ítems y fuentes:

Tabla 6 Matriz de dimensiones vinculadas con la vulnerabilidad por inundaciones en ciudades costeras

Dimensión	Subdimensión	Variable	Indicadores	Ítems	Cozumel Fuente	St. George Fuente
Territorial	Uso de suelo	Área Natural Protegida	Restauración	Replantación de especies nativas Recolección de especies invasoras Control de la erosión	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	TauDEM portal.opentopography.org
	Equipamiento	Viviendas	Total, de viviendas	Número total de casas (número) y Tendencia de crecimiento urbano	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			que no disponen de drenaje	Ratio de (%)	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			que disponen de letrina (pozo u hoyo)	Ratio de (%)	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
Ambiental	Climatología	Período de estancamiento	Frecuencia	Promedio NDBI Índice de Diferencia Normalizado Urbanizado	Calcular ráster e imágenes Satelitales del área de Cozumel	Calcular ráster e imágenes Satelitales del área de St. George
	Edafología	Tipos de Suelo	Permeabilidad	Velocidad de infiltración	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	https://www.gov.gd/moal/land-use-division
	Hidrología	Redes fluviales	Cuerpos de agua	Ríos	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	https://www.gov.gd/moal/land-use-division
			Cuencas	Subcuencas	Geoportal del Sistema Nacional de Información	https://www.gov.gd/moal/land-use-division

					sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	
			Reserva de agua	Reservas potenciales de agua 2018	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	https://www.gov.gd/moal/land-use-division
	Topografía	Modelos de terreno	El relieve	(°) de Pendiente	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	TauDEM portal.opentopography.org
	Ecológico	Conservación	Vegetación Bosque o selva	Porcentaje del territorio	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	TauDEM portal.opentopography.org
Social	Población	Vulnerabilidad social	Rezago social	tasa de pobreza Densidad de corriente (%)	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Educación	% 15 años y más alfabeto	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Pobreza	% de la población	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Marginación	% con discapacidad y limitación subir y bajar	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
	Urbana	Tasa urbana (%)	Crecimiento de la población	Ubicación	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office

		Densidad de población		(persona/km2) en llanura o costa	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
	Sociedad	Participación	Inclusión	Consultas publicas	Entrevista semi estructurada	Entrevista semi estructurada
Político	Instrumentos	Métodos no estructurales	Leyes Reglamentos Políticas	Articuladas	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
	Tecnología	Innovación	Sistema de alerta temprana	Cobertura geográfica	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
	Institucionales	Coordinación	Planes	Estrategias de respuesta a emergencias	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
			Programas	Numero de campañas de concientización pública	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
			Proyectos	Número de proyectos de adaptación al cambio climático	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
Económico	PIB	Diversificación de sectores económicos	Ingreso	Tasa de independencia financiera (%)	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
	Financiación	Presupuesto	Internacional	Cantidad de Donaciones	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
			Gubernamental	Porcentaje del presupuesto en inversión total	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
			Privado	ejecución de proyectos numero de seguros	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental
Infraestructura	Construcción	Vías de comunicación	Puentes	Ratio de mantenimiento (%)	SCITEL (inegi.org.mx)	TauDEM portal.opentopography.org
			Drenaje	Capacidad de (m3)	SCITEL (inegi.org.mx)	TauDEM portal.opentopography.org
	Preventiva	Estructuras	Elevación	Ocupación del Suelo	Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental

			Diseño		Entrevista semi estructurada o documental	Entrevista semi estructurada o documental

Fuente: Elaboración propia

La recopilación de información se basó de la identificación y recopilación de documentos relevantes, como planes, programas y proyectos que son oficialmente publicados por parte del gobierno nacional o libros, artículos de revistas, informes y otros recursos en línea, al tiempo que se garantiza que sean fuentes creíbles y actualizadas. El análisis de las fuentes evalúa críticamente el contenido de cada fuente, identificando patrones, conocimientos y temas relevantes para tratar las inundaciones en las ciudades costeras de Cozumel, México y Saint George, Granada. Luego, la información se sintetizó al combinar conocimientos de varias fuentes, destacando cómo la información de diferentes fuentes está interrelacionada y apoya el objetivo de la investigación.

3.2.2 Índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones

Las inundaciones no afectan a todos de manera igual, por lo tanto, es esencial comprender cómo afectan a personas de diversos orígenes socioeconómicos y demográficos (Hinojos *et al.*, 2023). El uso de índices de vulnerabilidad social como indicador es una forma de reducir el riesgo de inundaciones, y los investigadores han reconocido que es valioso comprender la vulnerabilidad social para orientar la planificación y la recuperación de la reducción del riesgo de desastres, a pesar de las críticas sobre las limitaciones de ciertos indicadores (Hinojos *et al.*, 2023).

Para el desarrollo de la investigación, se consideró válido crear un índice de vulnerabilidad, lo cual tiene dos alcances: a) para conocer la transcendencia de las instituciones de gestión de riesgo y b) para justificar la necesidad de la resiliencia para la gobernanza urbana en las ciudades costeras. La información recopilada se explica a partir de dos estudios de casos, donde los resultados son particulares para cada realidad.

Para construir este índice de vulnerabilidad ante inundaciones, se consideró un Indicador Compuesto, que es una herramienta cuantitativa y cualitativa que proporciona señales relacionadas con una situación, actividad o resultado. Los indicadores pueden representar aumentos o

disminuciones en categorías medibles. Expresan información relevante y única, ofreciendo evidencia de una condición específica (Sánchez, 2021)⁴.

Para la construcción del índice de vulnerabilidad, se utilizó un total de 20 indicadores, para el caso de Cozumel, provienen del INEGI con el censo de población y vivienda 2020, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y espaciales que fueron elaborados a través de datos socioeconómicos y análisis ráster. Para el caso de St. George, la información será recopilada de instituciones como la Oficina Central de Estadísticas, TauDEM un fuente abierta y Ministerio de Agricultura, división del uso de suelo. A continuación, se presentan indicadores seleccionados después de un proceso de discriminación.

Tabla 7 Matriz de análisis del índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones

Dimensión	Subdimensión	Variables	Indicador	Acrónimo	Fuente Cozumel 2020	Fuente St. George (2011)
Social	Población	Ubicación	Población total	POBTOT	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Población de 0 a 2 años	P_0A2	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Población de 60 años y más	P_60yMAS	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Población con discapacidad para caminar, subir o bajar	PCDISC_MOT	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Población con limitación para caminar, subir o bajar	PCLIM_CSB	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Educación	Población de 15 años y más analfabeta	P15YM_AN	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Seguro medico	Población afiliada a servicios de salud	PDER_SS	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Demográficos	Población Femenina	POBFEM	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Población femenina de 12 años y más económicamente activa	PEA_F	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
			Hogares censales con persona de referencia mujer	HOGJEF_F	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office

⁴ Sánchez (2021) explica que un indicador compuesto simplifica un concepto multidimensional en una representación unidimensional puede ser cuantitativo o cualitativo. Desde una perspectiva técnica, un indicador es una función matemática que establece un valor numérico a una característica o atributo, su delineación implica una conceptualización clara y el manejo de datos precisos por último un indicador sirve como un instrumento de simplificación, condensando información multidimensional

			Población en hogares censales con persona de referencia mujer	PHOGJEF_F	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
Territorial	Equipamiento	Ubicación de vivienda	Total de viviendas	VIVTOT	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Densidad de vivienda	Total de viviendas habitadas	TVIVHAB	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
Disponibilidad de información		Viviendas particulares habitadas que disponen de radio/ TVSatelite	VPH_RADIO/ VPH_TV/SAT	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
		Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor	VPH_TV	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
		Viviendas particulares habitadas que disponen de línea telefónica fija	VPH_TELEF	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
		Viviendas particulares habitadas que disponen de telefónico celular	VPH_CEL	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
Distribución económica		Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo)	VPH_LETR	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
		Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua	VPH_DSADMA	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
		Viviendas particulares habitadas con piso de tierra Vivienda improvisadas	VPH_PISOTI (Cozumel) VPH_IN (Granada)	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office	
Económico						

Fuente: Elaboración propia con Mtra. Y. Padilla

La información obtenida se trabajó mediante el software SPSS y para su estratificación con el método de Dalenius Hodges, que permitió definir las categorías de la vulnerabilidad social desde muy alto hasta muy bajo, considerando 5 estratos de análisis. En el cuadro arriba se muestran las variables que se trataron tanto para el caso de Cozumel México como para el caso de St. George Granada.

Además, se generaron mapas para cada caso de estudio utilizando variables como ubicación geográfica, nivel educativo, acceso a seguro médico, características demográficas, ubicación de la vivienda, densidad habitacional, disponibilidad de información y distribución económica. Estas variables se proporcionaron un enfoque multidimensional que se permitió una comprensión más clara de la vulnerabilidad social en San Miguel de Cozumel y St. George.

Los 20 indicadores correspondientes a cada caso de estudio fueron integrados en el programa QGIS. Los resultados obtenidos a través del análisis en SPSS se incorporaron al software mediante una unión de datos, con el fin de generar una representación visual de la vulnerabilidad social en ambos casos de estudio. La superposición de datos se permitió interpretar los resultados de manera más detallada, identificando, por ejemplo, disparidades de espaciales significativos.

3.2.3 Gobernanza urbana ante inundaciones en ciudades costeras

La gestión efectiva del riesgo de inundaciones requiere un enfoque holístico con una estrategia integral que involucre los impactos físicos, sociales, ambientales y económicos (Panigrahi & Sharma 2024; Awah *et al.* 2024). Para entender las complejas formas en que diferentes factores afectan el riesgo y la resiliencia ante inundaciones, se puede utilizar un enfoque de pensamiento sistémico (Awah *et al.* 2024).

La gobernanza urbana, como parte de las estrategias de política y planificación, debe integrar el riesgo de inundaciones, la resiliencia en la planificación y el desarrollo urbano para mejorar la sostenibilidad a largo plazo (Panigrahi & Sharma, 2024). Las comunidades locales pueden volverse más resilientes cuando se las incluye en la toma de decisiones, permitiéndoles compartir su experiencia y sentirse involucradas en el proceso (Maddaloni y Sabini, 2022). Los actores identificados de instituciones sociales, académicas, gubernamentales y empresariales incluyen aspectos legales, financiación económica, estrategia, colaboración, contabilidad, flexibilidad y sanciones, basados en el interés general de las instituciones, la inclusión de la sociedad en la toma de decisiones (participación comunitaria), el gobierno tomando el liderazgo en la sociedad en red, articulando las políticas de las ciudades costeras y la financiación para la gestión en la sociedad en red.

Para el análisis de la gobernanza urbana enfocada a inundaciones, se retomó las aportaciones de Venancio (2016), mediante un diagrama de red de gobernanza urbana, que se ilustró la coordinación necesaria entre los actores para planificar y gestionar las inundaciones costeras urbanas mediante planes, programas y políticas, respecto a: recolección de información, definición de actores, investigación y recopilación de información, diseño de las entrevistas, matriz de actores y red de gobernanza urbana, así como el tratamiento de variables, considerando centralidad e intermediación.

El trabajo de campo se orientó a comprender el interés de los actores sociales, por la planificación y gestión de inundaciones en ciudades costeras a partir de experiencia, planes, programas y proyectos, pero sobre todo, la coordinación entre los respectivos actores. De esta forma, la gobernanza urbana indica la participación de redes de actores interesados con el gobierno en las ciudades costeras y, de manera similar, redes de políticas públicas que describen las asociaciones de actores basadas en los fondos asignados a ellos que les permite alcanzar sus objetivos e intereses.

Bajo el principio de que una coordinación institucionalizada clara basada en la gobernanza urbana es fundamental para abordar las inundaciones costeras urbanas, se puede construir un diagrama de red de gobernanza urbana basado en la forma en que se establecen las redes de colaboración entre los actores de las ciudades costeras. Hay dos bloques que se complementan y ayudan a recopilar información para crear el diagrama de red.

a) Definición de los actores

Existen dos etapas en el tratamiento de variables en el diagrama de red de gobernanza urbana. Primero, la estructura general de la red, que analiza la posición de los actores. Para establecer la conexión entre los nodos, se utilizaron variables dicotómicas según la expresión booleana⁵ para indicar si existe una relación entre los diversos actores: sí=1 y no=0. Al analizar las relaciones entre los actores involucrados en las zonas costeras urbanas frente a las inundaciones, es posible

⁵ “En el modelo booleano, un documento es relevante o no relevante para una consulta; no hay grados de relevancia. El modelo se basa en la lógica booleana y la teoría clásica de conjuntos. Los términos se consideran como variables booleanas: el valor de un término es verdadero o 1 con respecto a un documento si el término está presente en el documento; falso o 0, de lo contrario” Gudivada *et al.* 2018).

comprender cómo funcionan el liderazgo, la planificación urbana y la gestión en diferentes condiciones. Estas relaciones se visualizaron en redes temáticas una vez que se definieron las características específicas de la situación, por ejemplo, si el gobierno tiene una relación en el manejo de inundaciones en las zonas costeras.

Para crear el diagrama de red de gobernanza urbana, las conexiones entre los actores se determinan por los atributos de 1 y 0 basados en criterios específicos (Cowhitt *et al.*, 2023). Esto puede determinar cómo interactúan diferentes actores urbanos entre sí seleccionando un actor y examinando sus relaciones con otros actores. El nombre de un actor se especifica en la fila (dispuesta horizontalmente) y la lógica de la relación con otros actores en las columnas de la fila (colocada verticalmente) se aplica (Venancio, 2016).

Para definir actores pertinentes en el diagrama de red de gobernanza urbana de inundaciones urbanas, es esencial utilizar un diagrama de red para conocer los objetivos e intereses de los actores en la red. La diversidad de actores se caracteriza por interacciones complejas que cambian con el tiempo en relación con las inundaciones. La falta de una estructura estatal unificada puede generar problemas, combinada con la variedad de actores que operan en diferentes niveles, una mala coordinación y funciones superpuestas entre diferentes períodos de gobierno pueden ser el resultado. Para abordar esto, el diagrama de red de gobernanza urbana se identificó actores relevantes basados en dos tendencias clave: el aumento del poder administrativo delegado a los municipios y el surgimiento de organizaciones funcionalmente descentralizadas como OSC, empresas privadas y grupos comunitarios⁶.

⁶ Para definir actores pertinentes en el diagrama de red de gobernanza de inundaciones urbanas, es fundamental basarse en (Ishiwatari, 2019; Hall *et al.*, 2003) con un enfoque en el diálogo constructivo. Es clave descentralizar el control sobre varias áreas, de dos maneras: geográfica y funcionalmente, primero, empoderando a los municipios y segundo, involucrando a organizaciones no gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro y empresas privadas en la toma de decisiones.

Los siguientes son los criterios para definir los actores que se considerarán en el diagrama de redes de gobernanza de inundaciones urbanas: primero, el diagrama de red de gobernanza consta de actores gubernamentales, sociales y privados vinculados en mayor o menor medida a la organización, planificación y gestión del desarrollo de ciudades costeras. Segundo, aquellos actores que tengan funciones y poderes en relación directa con el fenómeno costero urbano. Tercero, los conocimientos, habilidades, capacidades, infraestructura y recursos para proponer, abordar y resolver problemas relacionados con la organización, planificación y gestión del desarrollo urbano en relación con las inundaciones. Cuarto, su capacidad para negociar entre diferentes actores para crear acuerdos. Quinto, si tienen un mecanismo de financiación o donación de recursos y la flexibilidad para utilizarlo. Por último, si los actores tienen un impacto, lo que permite establecer que tienen una presencia constante en la red y no intermitente (Reyes, 2023). Al analizar el impacto de los actores en la red, es más fácil identificar a quienes participan

Para los estudios de casos, se han identificado como actores clave los siguientes:

Tabla 8 Actores en Cozumel y St. George

Actores	Cozumel	St. George
Gobierno federal, estatal, municipal	La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) SEMANART Quintana Roo Agua Quintana Roo Protección civil Quintana Roo Ayuntamiento de Cozumel El organismo operador de la CAPA en Cozumel Proteccion Civil Cozumel Desarrollo de Obras Públicas Desarrollo Ecología Residuos Sólidos Urbanos Desarrollo Urbano	Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA) Ministerio de Desarrollo de Infraestructura (MOID) Autoridad Nacional de Agua y Alcantarillado NAWASA Ministerio del Ambiente (MOE) Autoridad de Gestión de Residuos Sólidos de Granada (GSWMA) Autoridad de planificación y Desarrollo (PDA)
Organizaciones de la sociedad civil (OSC)	Cruz Roja Mexicana: (Programa de Resiliencia ante Inundaciones) Alianza Zurich y la IFRC (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja) Oxfam México World Vision	Sociedad de la Cruz Roja de Granada
Universidades y centros de investigación	Universidad Autónoma de Quintana Roo Universidad del Caribe Universidad Tecnológica del Mar	Universidad de St. George Colegio Comunitario TA Marryshow

constantemente, en lugar de aquellos que aparecen esporádicamente para el análisis de la coordinación de planes, programas y proyectos promovidos por el gobierno estatal.

Sector empresarial	La Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX) Asociación de Hoteles de Cozumel Grand Park Royal Luxury Resort Melia Cozumel Seguros Monterrey New York Life Grupo Modelo	Real Value Supermarket Coyaba Beach Resort

Fuente: Elaboración propia

b) Investigación y recopilación de información de los actores

Existen tres etapas esenciales para localizar a los actores de la gestión de inundaciones urbanas en ciudades costeras y obtener información sobre aquellos que podrían formar el diagrama de red de gobernanza urbana de inundaciones. La primera etapa es la investigación documental para encontrar los actores críticos, en el diagrama de red es obtenible mediante búsquedas directas en internet, una bibliografía especializada sobre inundaciones costeras urbanas y el escrutinio de planes, programas y proyectos urbanos. La segunda etapa implica trabajo de campo con actores clave para comprender, dar forma y conocer la lógica detrás de la relación en la red.

La tercera etapa es la confianza en la experiencia del investigador en el servicio público y la dinámica de relación presenciada en la red. Conocer sistemáticamente las relaciones de los actores de inundaciones costeras urbanas en el diagrama de red de gobernanza urbana facilitará la comprensión de sus acciones.

Los problemas de acción colectiva involucran a dos o más actores que intentan abordar las inundaciones como una preocupación común, por ejemplo, pueden encontrar dificultades en el desarrollo y aplicación de reglas derivadas del desacuerdo de los actores sobre cómo abordar las inundaciones y su interés propio puede no siempre alinearse con el mejor resultado para la sociedad (Oliver, 2019). Además, la planificación y gestión es difícil de lograr a partir de las acciones de actores individuales.

Para fortalecer los diagramas de red de gobernanza urbana, se realizaron entrevistas semiestructuradas según el sector social, empresarial, gubernamental y académico (ver anexo # 1),

con la intención de profundizar en el tema de la organización, planificación y gestión del desarrollo costero para mitigar las inundaciones.

Al entrevistar a funcionarios gubernamentales como directores municipales de desarrollo urbano y representantes de las Secretarías de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, se permitió comprender los desafíos administrativos y financieros que enfrentan al implementar iniciativas costeras urbanas.

Por otro lado, hablar con organizaciones sociales ayuda a evaluar la fuerza de la participación comunitaria en temas como vivienda, transporte y turismo, que son cruciales para el desarrollo costero. Colectivamente, esta información brinda información sobre las complejas relaciones entre las diferentes partes involucradas en la planificación y gestión costera urbana. Sin un liderazgo unificado y una visión compartida para toda el área costera urbana, es fundamental repensar las estrategias a nivel de ciudad, aprovechando los grupos influyentes existentes para superar los desafíos de este entorno urbano.

El trabajo de campo permitió la recolección de información directa, según las características de la gobernanza urbana de inundaciones en ciudades costeras de estudio, basado en el interés por comprender la planificación y gestión de inundaciones en ciudades costeras a partir de la participación de actores distintos al gobierno en planes, programas y proyectos. Tuvo una duración prevista de 3 meses en Cozumel, México, y St. George, Granada. El trabajo de campo se dividió en 3 fases. La primera fase fue la preparación, que incluye 2 semanas para diseñar los instrumentos. La segunda fase es la recopilación de datos, que se realizó durante 2 meses mediante la realización de entrevistas. La tercera y última fase es el seguimiento, que duró 2 semanas para cualquier recopilación de datos adicional o aclaraciones.

El diseño de los instrumentos de investigación incluye un guion de entrevista semiestructurada con preguntas abiertas adaptadas a cada tipo de institución (sociedad civil, empresas, academia y gubernamental). A esto le sigue una prueba piloto mediante la realización de entrevistas piloto para refinar las preguntas y garantizar la claridad. Se utilizarán grabadoras digitales y toma de notas para un registro preciso de los datos.

El método de muestreo fue intencional para seleccionar participantes que tengan experiencia y conocimiento relevantes. La muestra consistió de 1 a 5 participantes de informantes clave de la sociedad civil (líderes de OSC prominentes, organizadores comunitarios), el Gobierno

(funcionarios de alto nivel, formuladores de políticas), las universidades (decanos, jefes de departamento, investigadores senior) y las empresas (CEO, gerentes senior, expertos de la industria). Para el diseño de las entrevistas se consideraron los siguientes elementos:

Tabla 9 Matriz de análisis de la gobernanza urbana de inundaciones en ciudades costeras

Dimensión	Subdimensión	Categoría	Sub- Categoría	Variable	Fuente
Social	OSC	Colaboración	Internacional	Compartición total de recursos e investigación y desarrollo conjuntos	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Nacional	Cantidad de asignación de recursos	
			Empresarial	Frecuencia de las reuniones o de la comunicación	
			Academia	Proyectos de investigación conjuntos, publicaciones en coautoría, publicaciones compartidas recursos	
Empresarial	Negocios	Colaboración	Internacional	Número de acuerdos de licencia y alianzas estratégicas	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Nacional	Número de puestos de trabajo creados y planes de respuesta a emergencias	
			Empresarial	Número de respuestas a eventos de inundación	
			Academia	Proyectos de investigación conjuntos, publicaciones en coautoría, publicaciones, compartidas recursos	
		Financiación económica	Gubernamental	Subvenciones para la mitigación de inundaciones e inversión privada en adaptación climática	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Privado	Inversiones en investigación e infraestructuras	
Academia	Universidades y Centros de Investigación	Colaboración	Internacional	Número de proyectos conjuntos de investigación (resistentes a las inundaciones)	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Nacional	Iniciativas conjuntas de investigación, desarrollo de políticas y proyectos de infraestructura	

			Empresarial	Iniciativas conjuntas de investigación, desarrollo de políticas y proyectos de infraestructura	
			Academia	El intercambio de conocimientos y la influencia de las decisiones políticas	
			Atención a personas desplazadas	Diseños de refugios humanitarios	
Gubernamental	Federal, Estatal y Municipal	Financiación económica	Internacional	Subvenciones de Asistencia para la Mitigación de Inundaciones	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Gubernamental	Número de proyectos de infraestructura como diques, muros de contención y sistemas de drenaje	
			Privado	Número de Asociaciones Público-Privadas	
		Colaboración	Internacional	Coalición para la Infraestructura Resiliente a los Desastres y número de proyectos del Banco Mundial	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Nacional	Existencia de desarrollo coordinado de políticas y planificación de respuesta a emergencias	
			Empresarial	Número de puestos de trabajo creados y planes de respuesta a emergencias	
			Academia	Iniciativas conjuntas de investigación, desarrollo de políticas y proyectos de infraestructura	
		Contabilidad	Roles	Leyes de zonificación establecidas y códigos de construcción	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Responsabilidades	Frecuencia de las auditorías y evaluaciones	
			Expectativas	Frecuencia de informes y comentarios públicos	
		Flexibilidad	Decisiones	Respuesta rápida	Entrevista semi estructurada Información Documental
			Finanzas	Disponibilidad de fondos de emergencia y presupuesto flexible	
		Sanciones	Multas	Aplicación de la no queja	Entrevista semi estructurada
			Litigio	Establecer organismos independientes para	

				supervisar la gestión del riesgo de inundación y hacer que las entidades gubernamentales rindan cuentas.	Información Documental

Fuente: Elaboración propia

La creación de un matriz de gobernanza urbana ante inundaciones en ciudades costeras, sirvió para identificar las acciones de las organizaciones de la sociedad civil, empresariales, gubernamentales y académicos en el manejo de recursos nacionales e internacionales, pero además la delegación de responsabilidades, creación e implementaciones de planes programas y proyectos para mitigar los problemas ambientales e inundaciones, mediante técnicas de innovación adecuada por las condiciones económicas, políticas, ambientales, territoriales como inundaciones.

c) Método de análisis de la información recopilada

El método de análisis implicó la transcripción de todas las entrevistas de forma literal. Se incorporó un análisis temático para identificar y relacionar los temas y patrones clave. Finalmente, se aplicó la triangulación para contrastar los datos de diferentes fuentes y garantizar la confiabilidad. El informe resumirá los hallazgos, destacando los conocimientos específicos de cada tipo de institución.

d) Matriz de actores y red de gobernanza urbana

El análisis del diagrama de la red de gobernanza urbana para Cozumel Mexico y St. George's, Granada, comprende dos etapas. Primero, se examinó la estructura general de la red para comprender la posición de los actores utilizando variables dicotómicas (sí = 1, no = 0) para clasificar las conexiones entre los nodos. Al analizar las relaciones en Cozumel y St. George's, unas ciudades costeras, fue posible identificar la planificación urbana, el liderazgo y las estrategias de gestión relacionadas con las inundaciones. Estas relaciones se visualizan a través de redes temáticas que consideran factores como la participación del gobierno en la mitigación y gestión de inundaciones. Posteriormente, las conexiones entre los actores se mapean utilizando atributos binarios y se organizan en filas y columnas para ilustrar sus interacciones. Los actores más

relevantes, junto con sus objetivos e intereses, se identifican teniendo en cuenta las complejidades y dinámicas cambiantes de la red. Sin embargo, los desafíos surgen de una estructura estatal fragmentada, una coordinación deficiente y funciones gubernamentales superpuestas. Para abordar esto, se presta atención a tendencias como la delegación del poder administrativo entre instituciones gubernamentales, OSC, empresas privadas y centros de investigación dentro del diagrama.

La implementación de un Mapeo de Actores Clave fue fundamental para comprender quién toma decisiones relacionadas con las inundaciones, qué actores tienen mayor poder, la relación entre los sectores y los recursos asignados a cada actor. La identificación y comprensión de los actores se permitió visualizar sus conexiones, lo que facilitó un enfoque holístico para abordar las inundaciones urbanas en ciudades costeras. Para desarrollar el mapeo de actores, se crean tres tablas para identificar a los actores según su sector, recursos y relaciones, basadas en los siguientes criterios: Sector de los actores: funcionarios públicos, Organizaciones de la Sociedad Civil, universidades y centros de investigación, y sector empresarial.

Tabla 10 por sector de los actores para Cozumel y St. George respectivamente

Tabla de los Sectores de los Actores	
Funcionarios Públicos Nacionales	1
Funcionarios Públicos Estatales	2
Funcionarios Públicos Municipales	3
OSC	4
Universidades y Centros de Investigación	5
Sector Empresarial	6

Cozumel, México

Tabla de sectores de los actores	
1	Funcionarios públicos
2	Organización de la Sociedad Civil
3	Universidades y centros de investigación
4	Sector empresarial

St. George's Granada

Tabla 11 Relaciones entre los diferentes actores:

Tabla de relación entre los diferentes actores	
Valor	Relación entre los diferentes actores
0	Ausencia de relación
1	Intermitencia
2	Colaboración /alianza
3	Tensión/ conflicto

Además, Traversetti *et al.* (2017) utilizaron la matriz de doble entrada para calcular los valores y clases del Índice de Riesgo Teratogénico (TRI). Esta matriz se adoptó para identificar los diversos actores clave que impactan las inundaciones en St. George's. Estos actores se clasifican por sector, como funcionarios públicos, Organizaciones de la Sociedad Civil, Universidades y centros de investigación, y el sector empresarial. Además, se considera su interés en la resiliencia ante inundaciones costeras (alto, medio o bajo), así como el poder que ejercen sobre otros actores (alto, medio o bajo).

Ilustración 37 Matriz de Actores Clave

Alto			
Medio			
Bajo			
	Alto	Medio	Bajo

Interés en inundaciones urbanas costeras

Fuente: Elaboración propia, Traversetti *et al.* (2017)

En cuanto al tipo de recursos de cada actor (político, normativo, financiero, cognitivo y humano), se utilizaron los siguientes colores:

Ilustración 38 Colores para identificar los recursos por sector

Color	Recursos
	Político
	Normativo
	Finaciamiento
	Humano
	Cognitivo

Fuente: Elaboración propia

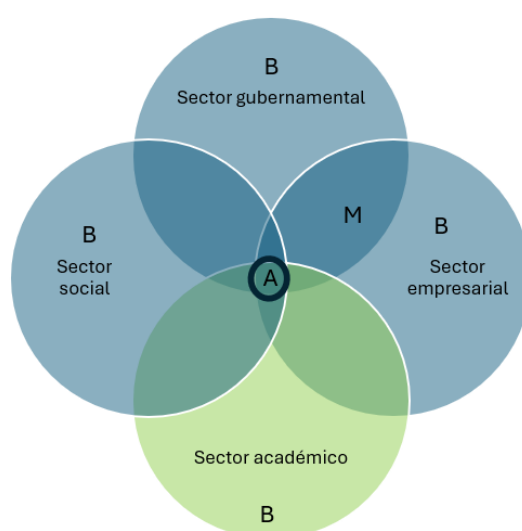
En cuanto a las relaciones entre los actores, la representación considera si la interacción entre ellos implica ausencia de relación, intermitencia, colaboración o alianza, y tensión o conflicto.

El mapeo de actores se creó utilizando Microsoft Excel para facilitar la representación gráfica de los actores por sector, considerando su posición e interés en la resiliencia ante inundaciones urbanas, así como su poder de toma de decisiones o influencia sobre otros actores. Finalmente, también se incorporó la relación existente entre los actores sociales, ya sea que no haya interacción entre ellos, exista una colaboración ocasional en proyectos específicos, haya una cooperación activa para alcanzar objetivos comunes, o se presenten intereses y perspectivas opuestas o en competencia.

Para representar el diagrama de red de gobernanza urbana, se utilizó los programas informáticos de UCINET Y NetDraw. Los resultados se volvieron en Excel, donde se depura la matriz de información y se copian los datos. Las redes de gobernanza urbana permitieron conocer los recursos que cuenta la red, los objetivos y los intereses. En la red de Cozumel y St. George, los

colores, formas y tamaños son características visualmente distintas que diferencian los diversos elementos. Estas características corresponden a los perfiles de los actores dentro de la red. La propuesta metodológica para analizar la resiliencia para la gobernanza urbana a inundaciones se basa en el enfoque de redes de políticas públicas. Este enfoque permitió representar la influencia y el alcance de las relaciones en la red en función de los recursos asignados.

Ilustración 39. Esquema de la localización de los actores en los diagramas de redes de gobernanza urbana



Fuente: Elaboración propia con base en Ishiwatari, 2019 y adaptado de Venancio, 2016

El análisis es una combinación de datos cuantitativos y cualitativos. Los actores más influyentes son aquellos con altas puntuaciones numéricas y aquellos identificados como actores clave debido a su importancia cualitativa dentro de la red. Estos actores ocupan posiciones críticas y ejercen una influencia significativa sobre los demás.

Este marco se clasificó a los actores de las inundaciones costeras urbanas por sus recursos y ayudó a identificar a las personas clave y las conexiones cruciales para mejorar la coordinación de las ciudades costeras. Esto, a su vez, mejora la organización, planificación y gestión del desarrollo costero para mitigar los riesgos de inundación.

3.3.3 Análisis de la resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones

Las ciudades costeras pueden mejorar su resiliencia ante las inundaciones, a través de una combinación de planificación urbana, mejoras en la infraestructura, participación comunitaria y abordaje de desafíos económicos y políticos. Al incorporar el uso de tecnologías avanzadas y planificación inclusiva, se puede lograr una mejor preparación y mitigación de sus impactos. Adaptar infraestructuras como las defensas contra las inundaciones es una estrategia esencial para construir resiliencia ante las inundaciones.

Las ciudades costeras están invirtiendo en defensas estructurales contra inundaciones, como muros de contención, diques y barreras contra marejadas, con ejemplos de los Países Bajos. Just *et al.* (2024) mencionan que el enfoque funciona como una herramienta esencial para evaluar el riesgo de inundación previsto, basándose en diferentes parámetros y facilitando la implementación de estrategias avanzadas para mitigar con éxito escenarios críticos, fortaleciendo en última instancia la resiliencia urbana ante desastres relacionados con inundaciones.

En la planificación y diseño urbano, la adaptación o incorporación de la elevación de edificios e infraestructura crítica "esta modificación es especialmente crucial en áreas costeras y propensas a inundaciones, protegiendo los servicios críticos y reduciendo el riesgo de daños a la infraestructura vital" Dharmarathne *et al.* (2024). Sharma y Ayuba (2024) mencionan que la incorporación de infraestructura verde o características del paisaje natural como humedales, techos verdes, jardines de lluvia, bioswales y pavimentos permeables ayuda a absorber las aguas de inundación y reducir la escorrentía que puede llevar a inundaciones urbanas. Heldsinger *et al.* (2018) mencionan que la percepción de la comunidad sobre las inundaciones y cómo responden a ellas, por lo tanto, educar a los residentes a través del compromiso comunitario y la educación sobre los riesgos de inundación y las medidas de preparación es crucial, ya que las estrategias de comunicación efectivas pueden ayudar a las comunidades a reconocer, entender y responder a las amenazas de inundación. La planificación inclusiva es otro pilar, ya que incluir a las comunidades en la creación de planos de resiliencia garantiza que las de adaptación consideren las medidas de todos, especialmente aquellos en áreas desfavorecidas (Nugraheni y Suyatna 2020).

Los desafíos para mejorar la resiliencia pueden surgir debido a restricciones económicas, ya que asegurar el financiamiento para proyectos de infraestructura a gran escala puede ser una barrera significativa. México y Granada, y muchas ciudades costeras, especialmente en países en desarrollo, luchan por asegurar los recursos financieros necesarios (OCDE, 2024). Los factores políticos y sociales son otros obstáculos, ya que implementar medidas de resiliencia a menudo implica navegar por paisajes políticos complejos y abordar desigualdades sociales. Sin embargo, asegurar una distribución equitativa de los recursos y el apoyo es esencial, ya que puede influir en la percepción de justicia y el desarrollo social está fuertemente influenciado por la equidad (De Goër de Herve, 2022). También hay consideraciones ambientales, ya que equilibrar la preservación ambiental con el desarrollo urbano puede ser un desafío, dado que los ecosistemas costeros actúan como una barrera natural contra las inundaciones, y su degradación puede intensificar los riesgos de inundación (Lallemant *et al.* 2021).

Los criterios para analizar los elementos estructurales de la resiliencia en la gobernanza urbana basado en (Venancio 2016; UNDRR 2017a) son los siguientes: Interés general de las instituciones: el grado en que las instituciones priorizan colectivamente las inundaciones; participación comunitaria: la inclusión de la comunidad local en la toma de decisiones y en el intercambio de conocimientos; liderazgo en la sociedad roja: la capacidad de las instituciones para coordinar e influir en otras instituciones a fin de organizarse para la mitigación de inundaciones; y la articulación de políticas ante inundaciones y la gestión en la sociedad: la capacidad de movilizar los recursos necesarios para la mitigación de inundaciones.

3.3.4 Propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones

Las propuestas están basadas en los siete enfoques de resiliencia planteados por Diez *et al.* (2022) que incluyen la prevención, resistencia, transformación, adaptación, reconstrucción, restauración y recuperación. Tienen su origen en los documentos del Marco de Sendai de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015) y la Nueva Agenda Urbana de ONU-Hábitat (2016). La orientación estratégica del Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (2024), que ofrece perspectivas sobre la adaptación urbana

inclusiva y sostenible; así como el marco del Banco Mundial/GFDRR liderado por Kryspin-Watson (2017).

La ilustración siguiente muestra la estructura de las propuestas formuladas para Cozumel y St. George basado en los enfoques de la resiliencia.



Ilustración 40 Propuestas de medidas de la resiliencia ante inundaciones

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta una matriz estructurada que sintetiza los componentes analíticos utilizados para evaluar la resiliencia urbana ante inundaciones. La matriz articula cada enfoque de resiliencia, su subdimensión correspondiente, la variable e indicadores para su medición, observación y comparación, el elemento y el método técnico estratégico de análisis. Esta herramienta permite sistematizar las propuestas y facilita su comparabilidad, lo que puede generar un proceso de toma de decisiones con mayor fundamento empírico.

Tabla 12 Matriz de referencia para la formulación de propuestas para fortalecer la resiliencia ante inundaciones

Dimensión	Sub dimensión	Variable	Indicador	Ítem	Método Estrategia Técnica	Cozumel Fuente	St. George Fuente

Adaptación	Ecológico	Alteración del ecosistema	ANP	Superficie del territorio	Mapear	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	División de Uso del suelo del Ministerio de Agricultura https://www.gob.mx/moal/land-use-division
		Alteración del espacio verde	Vegetación	Superficie del territorio	Mapear		
		Alteración del hábitat	Bosque o selva	Superficie del territorio	Mapear		
	Económicos	Contribución sectorial al PIB	Diversificación de PIB	Índice de concentración de producción en una economía	Documental	Cozumel: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública Data México (economia.gob.mx)	World Bank Document
		Producción, consumo e inversiones	Ajustes en producción, consumo e inversiones	La clasificación de los sectores económicos	Documental	Plan Municipal de Desarrollo Cozumel.cdr	National Sustainable Development Plan 2020-2035 Grenada Regional Observatory on Planning for Development (cepal.org)
		Gastos de investigación y desarrollo	Innovación de tecnología y servicios	Presupuesto de instituciones	Entrevista semi estructurada o documental	Actores Claves	Actores Claves
	Sociales	Nivel de educación	Educación	Población de 15 años y más analfabeta	Mapear	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Nivel de capacitación poblacional	Discapacitación	Población con discapacidad para caminar, subir y bajar	Mapear		
		Nivel de limitaciones Poblacional	Habilidades	Población con limitación para caminar, subir y bajar	Mapear		
Prevención	Leyes y reglamentos de construcción	Existencia de legislación sobre gestión de riesgo de inundación	Leyes	Articuladas con Código de Edificación de Vivienda, 3ra. Edición 2017	Documental	https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm#:~:text=La%20compilaci%C3%B3n%20de%20leyes%20y%20reglamentos%20federales%20que%20aqu%C3%AD%20se	https://www.laws.gov.gd/index.php/acts/1351-2016?utm_
		Existencia de normas de construcción y zonificación	Reglamento	Articuladas con las Normas Técnicas Complementarias (NTC) y en el Reglamento Nacional de Construcciones (RNC), que son establecidos por la Secretaría de Desarrollo	Documental	Vista de Derecho urbano en México. Administración federal Boletín Mexicano de Derecho Comparado (unam.mx)	Código de construcción de la OECC C:\Users\Tony Gibbs\Documents\Now\OECScode\2014 project\Main Contract\Deliverables\Final Document\Cover.wpd

				Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).			
		Identificación de zonas de riesgo de inundación	Planes	Articuladas con el Plan Municipal de Desarrollo	Documental	Plan Municipal de Desarrollo Cozumel.cdr	Plan Nacional de Desarrollo Físico 2003-2021 National Adaptation Plan Grenada Climate Finance Portal
		Materiales impermeables (muros y diques), de permeables (patio), flotantes, sellado	Materiales	Articuladas con las Normas Técnicas Complementarias (NTC) y en el Reglamento Nacional de Construcciones (RNC), que son establecidos por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).	Documental	Vista de Derecho urbano en México. Administración federal Boletín Mexicano de Derecho Comparado (unam.mx)	Código de construcción de la OECO C:\Users\Tony Gibbs\Documents\Now\OECScode\2014 project\Main Contract\Deliverables\Final Document\Cover.wpd
Recuperación	Rehabilitación y reconstrucción física	Mejora del diseño de drenaje	Sistemas de drenaje	Número de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	Mapear	SCITEL (inegi.org.mx)	Central Statistical Office
		Aumento de superficie	Infraestructura verde	Superficie del territorio	Mapear	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	USDA Forest Service FSGeodata Clearinghouse - Caribbean Island Land Cover
Transformación	Individuos y organizaciones	Monitoreo y evaluación	Planes de respuesta a emergencias	Articuladas con el Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales	Documental	PLAN MUNICIPAL DE CONTINGENCIA POR CICLONES TROPICALES 2018- 2021 (cozumel.gob.mx)	https://www.ifrc.org/docs/idrl/828EN.pdf
		Educación y conciencia comunitaria	Campañas de concientización pública	Cambio de comportamiento (preparación)	Entrevista semi estructurada o documental	Programas y acciones, gobierno municipal promovió la salud en los cozumeleños durante el 2023 - Ayuntamiento de Cozumel	Grenada Climate-Resilient Water Sector (G-CREWS) Project - GWP

		Recursos y capacidades	Seguro	Articuladas con la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF)	Entrevista semi estructurada o documental	Condusef contenido	Entrevista semi estructurada
		Monitoreo y evaluación	Sistema de alerta temprana	Alcance de superficie territorial	Entrevista semi estructurada	PLAN MUNICIPAL DE CONTINGENCIA POR CICLONES TROPICALES 2018- 2021 (cozumel.gob.mx)	Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA)
		Planificación y logística	Llanuras de inundación y zonificación costera	Superficie del territorio	Mapear	PDUCP-COZUMEL.pdf	Caribbean Disaster Management Agency (CEDEMA) Microsoft Word - National flood hazard map Grenada draft 1.1_VJ160518 (cdema.org)
Restauración	Estado anterior y variedad de modificaciones	Enfoque más robusto de reforestación	Restauración de llanuras aluviales y costas	Superficie del territorio	Documental y/o mapear	23001_COZUMEL_2023.pdf (proyectomesomex.org)	https://reliefweb.int/report/grenada/official-launch-disaster-vulnerability-reduction-project
		Condiciones Hidrológicas	Gestión de ríos y arroyos	Articuladas con el Plan Municipal de Desarrollo	Documental y/o entrevista	https://cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2022/04/Plan-Municipal-de-Desarrollo-de-Cozumel-2021-2024.pdf	
Resistencia	Infraestructura preventiva y capacidad de diseño	Planificación y Diseño Adaptativo	Elevación de estructuras	Altura mínima en pies o metros	Documental y/o entrevista	Reglamento de Construcciones Cozumel PDF Arquitecto Calle (scribd.com)	Código de construcción de la OECS C:\Users\Tony Gibbs\Documents\Now\OECScode\2014 project\Main Contract\Deliverables\Final Document\Cover.wpd
		Diseño Estructural	Impermeabilización	Porcentaje de materiales aceptadas	Mapear	Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,881] - CONABIO	Soil map of Grenada (CDB/CDERA, 2006) Download Scientific Diagram (researchgate.net)
Reconstrucción	Infraestructuras dañadas	Prioridades de reconstrucción	Construcción	Porcentaje del daño	Documental y entrevista	Vista de Derecho urbano en México. Administración	UNDP_RBLAC_The-CaseofHurricane Ivan.pdf

						federal Boletín Mexicano de Derecho Comparado (unam.mx)	
	Precipitación	Frecuencia e intensidad de lluvia	Promedio de precipitación de AGEB	Superficie de cada una del AGEB x Promedio de precipitación anual	Documental y entrevista	Anual y Mensual del Tiempo - Cozumel, México	Best Time To Visit Grenada Seasonality, Weather & Events Sandals
Ambiental	Espacio verde	Área con vegetación	Promedio NDVI Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	Superficie de cada una del AGEB	Calcular ráster e imágenes satelitales del área	IslasMarEcosistemas.pdf	Anonimo
	Espacio gris	Área urbanizada	Promedio NDBI índice de diferencia normalizado urbanizado	Superficie de cada una del AGEB	Calcular ráster e imágenes satelitales del área	(PDF) Atlas de Riesgos de la Isla de Cozumel, México	Information about Grenada

Fuente: Elaboración propia

3.3 Formulación de un modelo de la resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática

Para la fase final de la investigación, se formuló un modelo de resiliencia para consolidar la gobernanza urbana en ciudades costeras que enfrentan inundaciones asociadas a la variabilidad climática. Este modelo se basó en la coordinación institucional y en el desarrollo de planes, programas y proyectos orientados a la adaptación frente a los desafíos territoriales.

Para lograrlo, se retomaron y adaptaron las experiencias y aportes del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024). Esta organización ha desarrollado una metodología que orienta la elaboración de procesos de planificación urbana inclusivos e integrados, los cuales pueden ajustarse a las necesidades y contextos locales. De este modo, proporciona diversas herramientas de apoyo para los gobiernos locales y los actores urbanos, lo que ha permitido su implementación y replicación en múltiples contextos durante los últimos diez años. El enfoque es inclusivo e integrado, con un fuerte énfasis en la participación comunitaria a lo largo de todo el proceso de planificación.

Esta metodología comprende cuatro fases (diagnóstico, planificación, operacionalización e implementación y evaluación), cinco bloques temáticos principales, veintitrés subbloques y cincuenta y cinco actividades diseñadas para promover los procesos de planificación urbana. Se

adapta para la formulación de un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana en ciudades costeras que enfrentan inundaciones asociadas con la variabilidad climática.

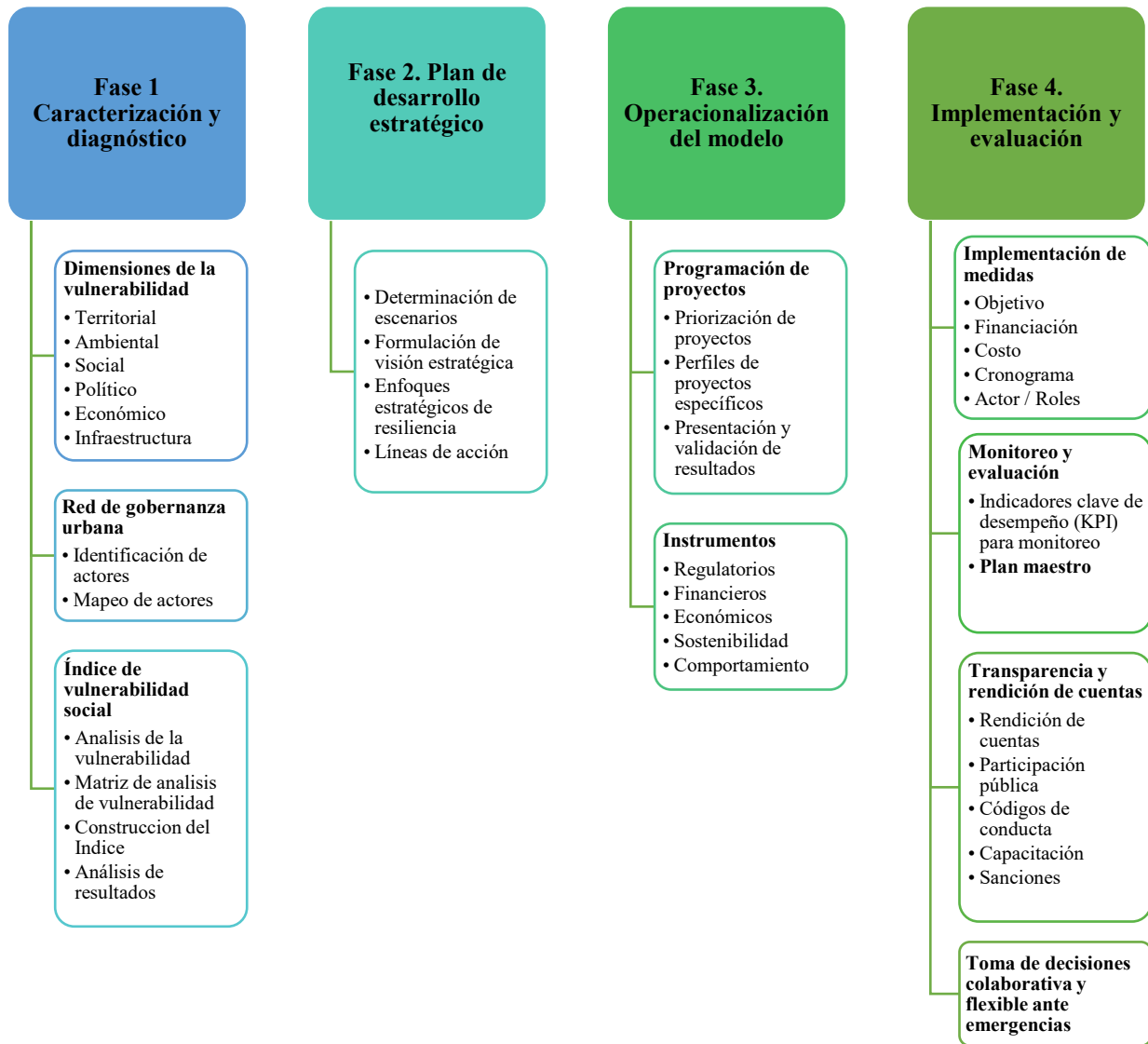


Ilustración 41 Formulación de modelo de resiliencia ante inundaciones
Fuente: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024)

La *Fase 1* implica la caracterización y el diagnóstico de la vulnerabilidad y el riesgo de inundación con base en las dimensiones territorial, ambiental, social, política, económica y de infraestructura. El riesgo de inundación se refiere al potencial de pérdida de vidas o lesiones, daños o pérdidas materiales y degradación ambiental resultantes de un evento de inundación. La

evaluación del riesgo de inundación permite la identificación, evaluación y gestión de los factores que contribuyen, reduciendo así su impacto en las comunidades afectadas. Una buena gobernanza urbana implica la coordinación institucional y la implementación de políticas, que son fundamentales para una gestión eficaz del riesgo de inundación.

A continuación, se identifica la red de gobernanza urbana mediante el mapeo de actores, ya que la gobernanza urbana garantiza la inclusión, la transparencia y la adaptabilidad, pilares para construir un enfoque integral que proteja tanto a las personas como al medio ambiente. Finalmente, se crea un índice de vulnerabilidad social, que comprende un análisis de vulnerabilidad, una matriz de análisis de vulnerabilidad, la construcción del índice y sus resultados.

La *Fase 2* se centra en el plan estratégico para las ciudades costeras que enfrentan inundaciones. Implica la creación de un plan de desarrollo estratégico que incluye la definición de escenarios, la formulación de la visión estratégica, estrategias y líneas de acción. Las estrategias dentro del modelo incluyen adaptación, transformación, resistencia y recuperación, restauración y reconstrucción. La adaptación se centra en la tecnología, las nuevas políticas y la educación. La transformación se dirige a las organizaciones y la sociedad. La resistencia tiene como objetivo reducir la probabilidad de ocurrencia y minimizar el impacto a través de la infraestructura, el diseño y la planificación del uso del suelo. Restauración, recuperación y reconstrucción buscan la recuperación después de un evento de ecosistemas, infraestructuras y comunidades gravemente degradadas. Se fomenta la promoción de leyes regulaciones y prácticas establecidas en la planificación urbana ante inundaciones.

Tras la identificación de áreas vulnerables y la creación de mapas de riesgo con participación comunitaria, se establecen las líneas de acción en un modelo de riesgo de inundación; estas se refieren a los pasos específicos que se deben seguir para mitigar los riesgos de inundación. Estas acciones incluyen ajustar las leyes y regulaciones para incorporar la resiliencia ante inundaciones. También es esencial garantizar que los roles y responsabilidades de cada institución sean apropiados, claramente definidos y delegados sin superposición, sin duplicación de responsabilidad aisladas y fragmentación de responsabilidad en ausencia de colaboración clara.

La zonificación para restringir la construcción en áreas de alto riesgo, la regulación de los usos de los pisos inferiores en estas zonas, el establecimiento de zonas de amortiguamiento, la actualización de los códigos de construcción para incluir mejoras de diseño y materiales de calidad,

y la conservación del medio ambiente para proteger y restaurar los ecosistemas naturales (manglares, humedales, arrecifes de coral, cauces de ríos) que actúan como barreras naturales y la promoción de prácticas sostenibles, todo contribuye a mejorar la resiliencia ante inundaciones. Promover prácticas sostenibles para reducir la erosión desde una perspectiva de planificación urbana también es vital.

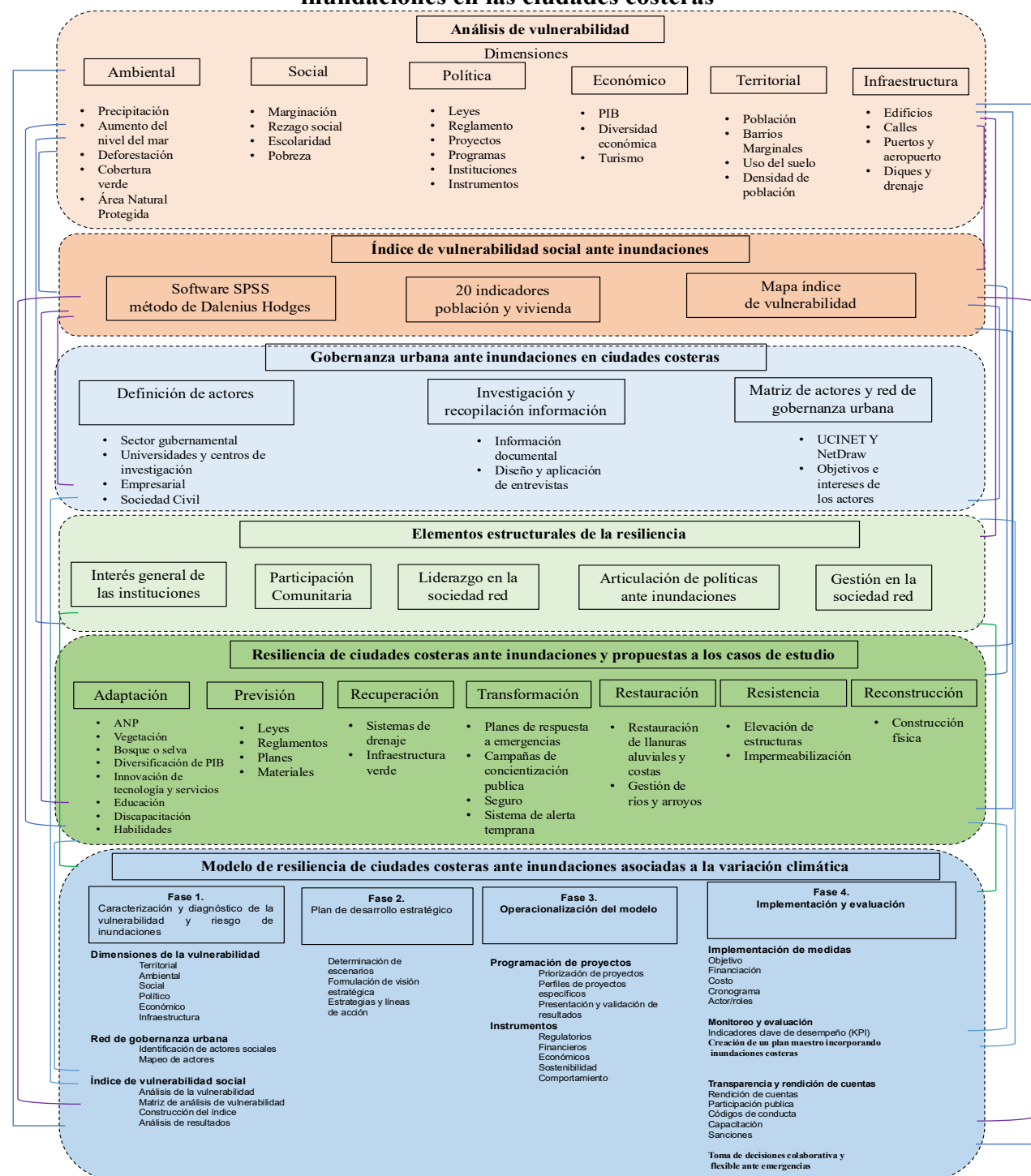
La *Fase 3* es la operacionalización del modelo, que incluye la programación de proyectos, la priorización de proyectos específicos, el desarrollo de perfiles de proyectos y la presentación y validación de resultados. Esta fase incorpora herramientas basadas en datos cuantitativos como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), modelos hidrológicos y otros estudios. Dichos instrumentos apoyan criterios que incluyen aspectos regulatorios, financieros, económicos, de sostenibilidad y de comportamiento.

Respecto a la *Fase 4*, corresponde a la implementación y evaluación, dividida en mecanismos de implementación, monitoreo y evaluación, transparencia y rendición de cuentas, y toma de decisiones colaborativa y flexible ante emergencias de inundaciones. Los mecanismos de implementación consideran el objetivo, financiamiento, costo, cronograma, así como los actores y sus roles. El monitoreo y la evaluación se realizan utilizando datos de referencia e indicadores para prever y fortalecer la toma de decisiones precisas y el plan maestro de disposiciones sobre inundaciones, y las instituciones cumplen con el plan, con las sanciones apropiadas por incumplimiento. La transparencia y la rendición de cuentas institucional son principios clave que deben estar respaldados por la participación pública y sanciones adecuadas. Por lo tanto, la inclusión en los presupuestos gubernamentales y la asignación de recursos a los departamentos correspondientes son imperativas. Es esencial mantener la flexibilidad y la colaboración entre los actores en la toma de decisiones durante las emergencias, con recursos adecuados (internacionales, nacionales y privados) disponibles para las partes interesadas mediante la asignación de fondos de emergencia.

El modelo proporciona datos esenciales para una preparación precisa, planificación urbana y estrategias de mitigación para minimizar los riesgos. En este contexto, la gobernanza urbana desempeña un papel fundamental para garantizar que los datos científicos se incorporen en los marcos de políticas y que la coordinación institucional y la participación de los actores, junto con la asignación de recursos, conduzcan a centros urbanos costeros más resilientes. El modelo puede

alcanzar a toda la comunidad, sin dejar a nadie atrás y manteniéndose práctico. Debe establecerse un organismo coordinador central para fomentar la sinergia entre el gobierno, la sociedad, las empresas, la academia y las organizaciones de la sociedad civil. Esta coordinación puede ayudar a asegurar financiamiento de donantes internacionales, presupuestos gubernamentales e inversiones del sector privado, especialmente para las áreas de alta prioridad de inundación mediante una asignación eficiente de recursos.

Ilustración 42 Marco de análisis de la vulnerabilidad, gobernanza urbana y resiliencia por inundaciones en las ciudades costeras



Fuente: Elaboración Propia

4. Resultados: dimensiones de la vulnerabilidad por inundaciones

Esta sección presenta las dimensiones territoriales, ambientales, sociales, políticas, económicas e infraestructurales de la vulnerabilidad ante inundaciones en Cozumel y St. George. En ambos casos, dichas dimensiones permiten comprender las dinámicas subyacentes que agravan el riesgo de inundación. La información constituye la base para el desarrollo del Índice de Vulnerabilidad Social que se aborda en el capítulo siguiente, y respaldan la identificación de zonas críticas propensas a inundaciones dentro de las ciudades costeras de Cozumel y St. George. Además, el análisis resalta que la vulnerabilidad ante inundaciones evidencia la necesidad de un modelo de resiliencia hídrica específico al contexto, adaptado a las realidades de estas islas caribeñas.

4.1 Cozumel, México

En Cozumel, el aumento del nivel del mar (SLR, por sus siglas en inglés) continúa incrementando las inundaciones costeras además de los relacionados con el agua, como huracanes, tormentas tropicales o depresiones, esto aumenta los niveles de las aguas subterráneas, lo que lleva a una disminución de la infiltración superficial del escurrimiento de lluvia mientras aumenta la infiltración subterránea debido a la permeación en los sistemas de drenaje pluvial (Thelen *et al.* 2024). GFDRL (2024) clasifica a Cozumel con una probabilidad media de inundaciones fluviales, lo que significa que hay un 20% de probabilidad de tales inundaciones en la próxima década. Thelen *et al.* (2024) mencionan que el agua de mar también supera las costas bajas durante las mareas altas, provocando inundaciones en la infraestructura en áreas menos elevadas. La ilustración siguiente indica los 105 huracanes que afecto directa o indirectamente al estado de Quintana Roo incluyendo Cozumel.



Ilustración 43 Inundación en vialidades de Colonia Emiliano Zapata y la colonia 10 de abril Cozumel Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Cozumel 2011

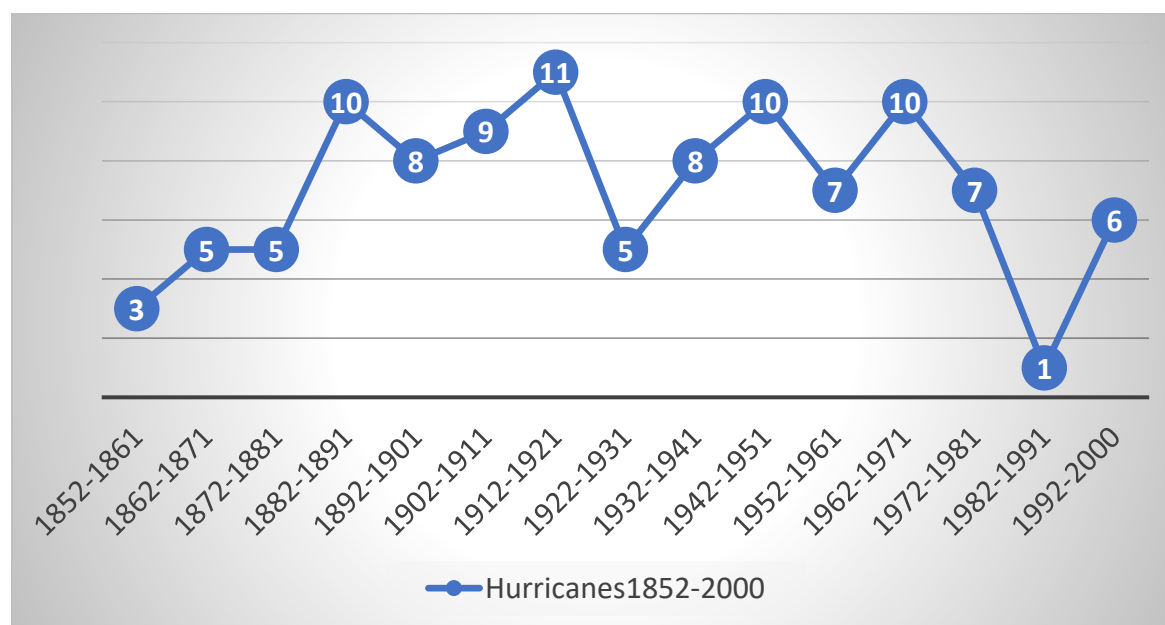


Ilustración 44 Huracanes Quintana Roo, México 1852-2000
Fuente: Elaboración propia con base en datos de Broose *et al.* 2003

La ilustración anterior muestra que durante el siglo XX hubo tres décadas con más de diez eventos, aunque entre 1982 y 1991 solo hubo un evento la década con el menor número de eventos registrados desde 1852. Se puede deducir que ha habido un incremento en los eventos, ya que durante los últimos 50 años del siglo XIX hubo 31 eventos, mientras que en el siglo pasado hubo 74 eventos. Es evidente que hubo un aumento general a pesar de las fluctuaciones.

está protegida. Se puede deducir que el porcentaje de vegetación es mayor que el de urbanización en la isla. Sin embargo, las inundaciones continúan a pesar de la existencia de una mayoría de vegetación en la isla.

La rápida expansión de la ciudad de San Miguel de Cozumel en la región kárstica es un obstáculo importante para la planificación urbana, un crecimiento que conduce a asentamientos no planificados, comunidades desconectadas, infraestructura inadecuada y falta de servicios; además, la falta de comprensión sobre los ecosistemas kársticos ha resultado en edificios que no son adecuados para estos entornos únicos Frausto *et al.* (2021).

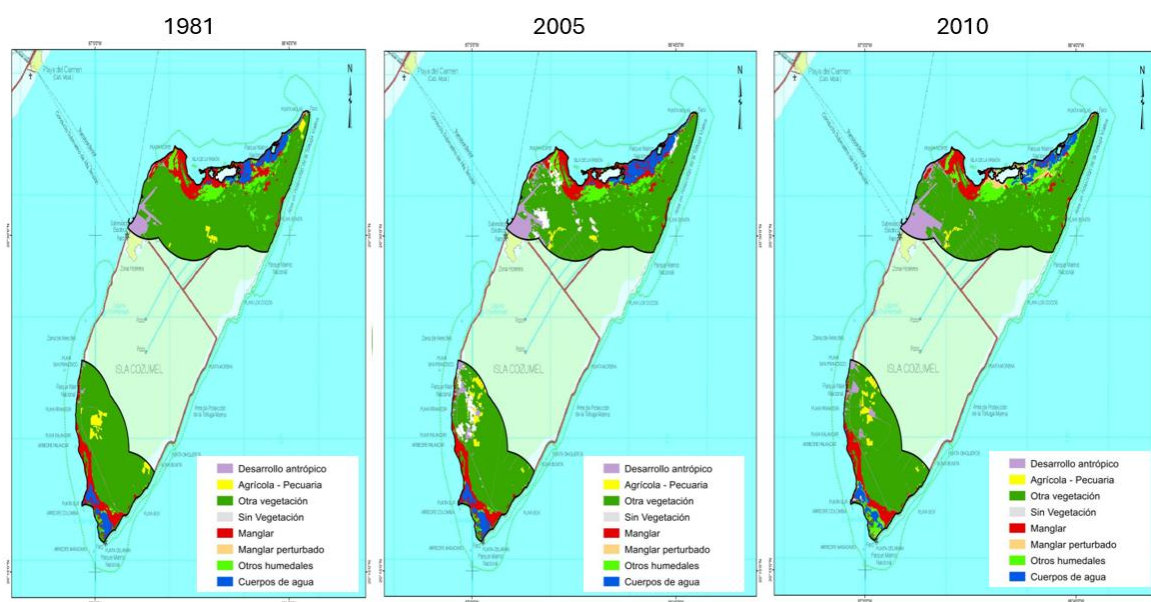


Ilustración 46 Crecimiento urbano de Cozumel
Fuente: CONABIO (2024)

En Cozumel, al igual que en el resto de México, el área urbana está aumentando. Esta expansión ha reducido los cuerpos de agua y manglares tanto en el norte como en el sur, pero ha incrementado las áreas sin vegetación, agrícolas y otros humedales. Cozumel presenta concentraciones de población en la costa, con menos asentamientos en el interior. La población de la ciudad de Cozumel se caracteriza por su alta densidad.

4.1.2 Ambiental

El clima es cálido subhúmedo con temperaturas entre 23 a 27.5 °C, la temporada de lluvias es entre junio y diciembre mientras que el resto del año es la temporada seca, hay una precipitación media anual de 1300–1400 mm en el extremo norte de la isla y la mayoría restante de entre 1400–1500 mm (Hernández *et al.* 2021). Geológicamente Cozumel es una plataforma plana de piedra caliza, con una altura máxima de 15 metros sobre el nivel del mar (UNESCO, (2016). La precipitación es una de las causas más inmediatas de las inundaciones. La siguiente figura muestra el promedio anual de las lluvias más intensas en Cozumel.

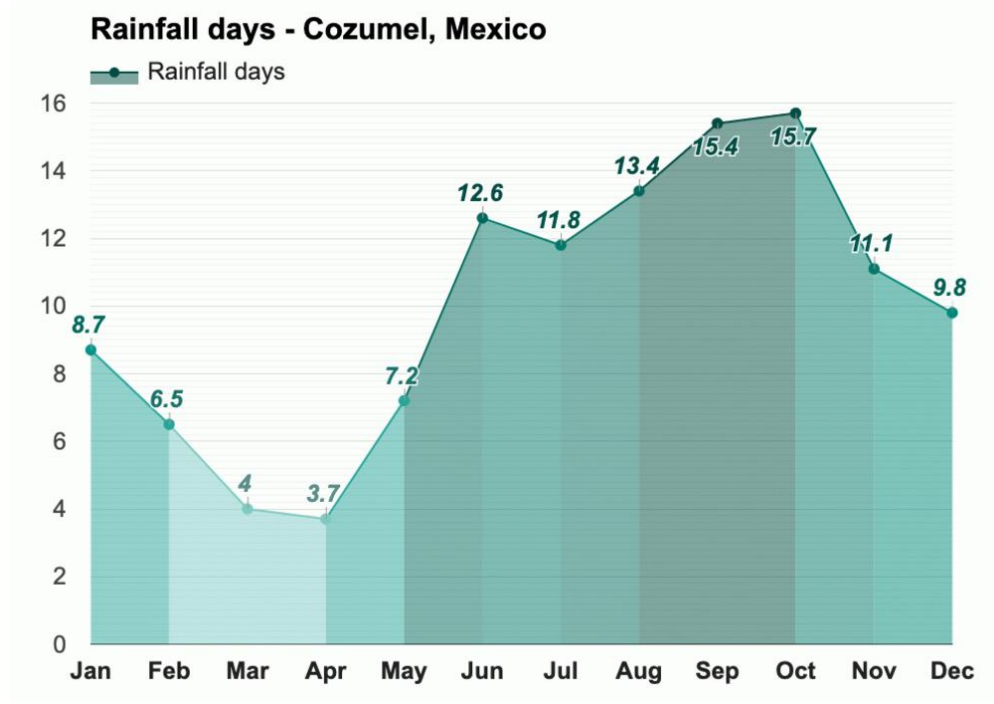


Ilustración 47 Precipitación en Cozumel
Fuente: Weather Atlas (2025)

En promedio, hay 121 días de lluvia en Cozumel. Los dos meses más lluviosos en Cozumel son octubre, seguido de septiembre. Esto ocurre durante los meses de la temporada de huracanes, por lo que la probabilidad de inundaciones es mayor durante estos dos meses. Abril y marzo son los meses más secos, lo que significa que la probabilidad de inundaciones es menor en estos meses.

El pendiente de la isla tiene un impacto en las inundaciones. La ilustración siguiente muestra el pendiente del terreno en Cozumel.

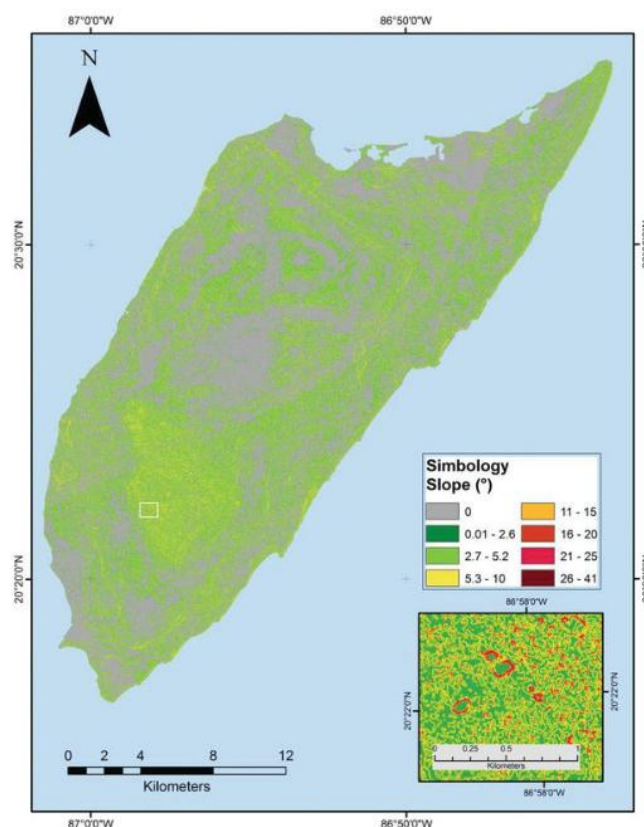


Ilustración 48 Mapa pendiente de la isla de Cozumel
Fuente: Frausto *et al.* (2018)

El mapa arriba muestra que 0° representa terreno plano, mientras que los valores más altos en grados representan pendientes más pronunciadas. Los puntos grises en el mapa indican áreas completamente planas, mientras que los puntos amarillos representan pendientes moderadas entre 5.3° y 10°. No existen áreas en Cozumel que superen los 10° de pendiente. El tipo de suelo también tiene un impacto directo en las inundaciones. La ilustración abajo muestra que el tipo de suelo en Cozumel.

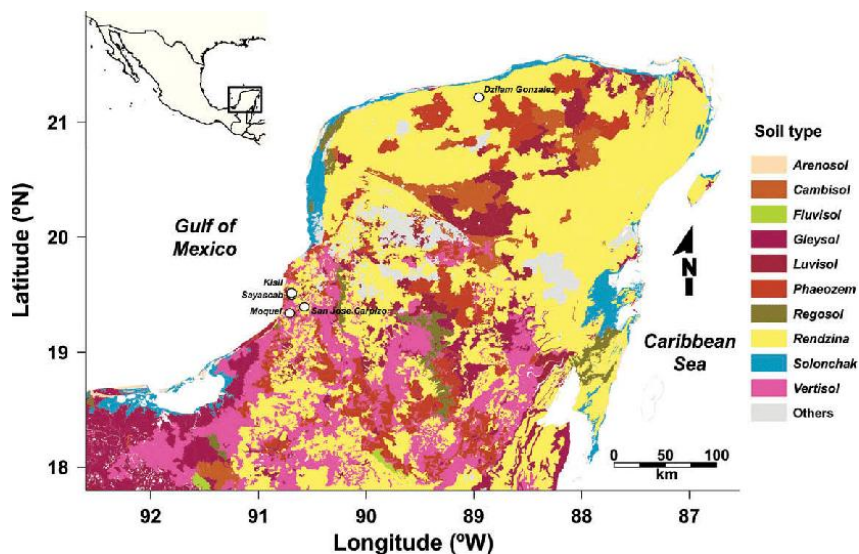


Ilustración 49 Península de Yucatán, sureste de México.
Fuentes: (Romero *et al.* 2017; FAO y UNESCO 1972; INEGI 2013)

La Ilustración anterior muestra que el tipo de suelo que predomina en las áreas urbanas en Cozumel es Rendzina, 82.38% y Solonchack 17.62% (CONABIO, 2024). Solonchack viene de sal ruso, son suelos caracterizados por su contenido de sal soluble de alto contenido (Nachtergaele, 2017). Los suelos Rendzina se caracterizan por su alto contenido de calcio y magnesio, con una reacción neutra a alcalina y una saturación de bases elevada en toda la estructura del suelo (Kabala, 2018). El hecho de que el tipo de suelo en Cozumel se sature fácilmente no los exime de inundaciones, este tipo de planificación cerca de la costa sigue provocando inundaciones debido a su baja elevación. Se debería haber implementado una mejor planeación considerando el aumento del nivel del mar en esta ciudad costera.

Cozumel es un punto crucial en la implementación de medidas de conservación y ha sido reconocido con una certificación el 19 de marzo de 2016, fue incorporado a la Red Mundial de Reservas de la Biosfera MaB-UNESCO, la Reserva de la Biosfera MaB se encuentra en tiene una superficie de 134,624.17 hectáreas (1,346.24 km²), e incluye tres ANP estatales que son el Parque Natural Laguna de Chankanaab, el Área sujeta a Conservación Ecológica Parque Ecológico Estatal Laguna Colombia y la Reserva Estatal Selvas y Humedales de Cozumel, y dos ANP Federales, el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y el Área de Protección de Flora y Fauna Porción Norte y Franja Costera Oriental, tanto terrestre como marina (GoM, 2017).

Los huracanes afectan inundaciones en cuanto a los mayores daños y pérdidas de vidas durante los huracanes, se deben a las inundaciones de las zonas costeras, los deslizamientos de lodo en las laderas de las montañas saturadas y las marejadas oceánicas (Jáuregui, 2003). La ilustración 46 demuestra los huracanes en México de 1951 a 2000.



Ilustración 50 Número de tormentas tropicales que caen en México por estados, período 1951-2000. Fuente: Jáuregui (2003)

A nivel nacional, Baja California Sur, Sinaloa, Quintana Roo son los estados más afectados por tormentas tropicales en México entre el período 1951-2000 y muestra que hay 19,18 y 13 respectivamente. Todos los estados afectados son estados costeros. La ilustración 47 es una representación cartográfica de los posibles efectos del aumento de la temperatura en Cozumel.

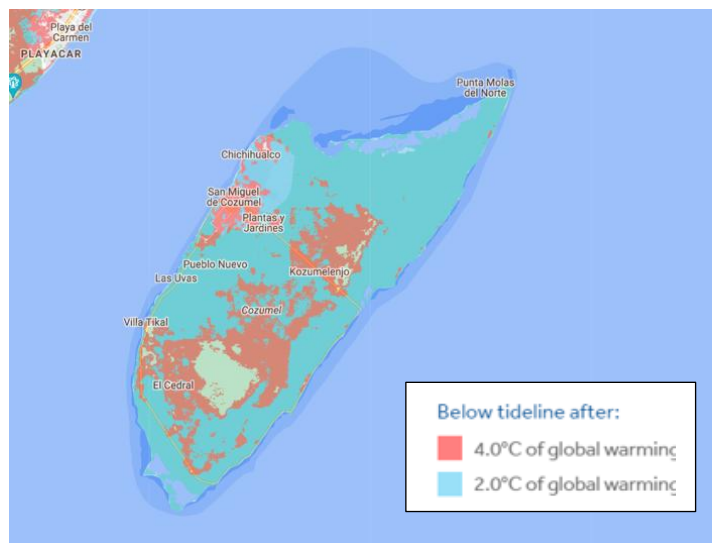


Ilustración 51 Mapa de Cozumel con diferentes niveles de calentamiento global
Fuente: Climate Central (2024)

La ilustración demuestra las áreas de la isla de Cozumel sujeto de inundación si hay 2.0^C de calentamiento global o una situación de 4.0^C de calentamiento global. Ambos escenarios impactarán tanto a la población urbana de Cozumel como a la zona turística de la isla. La siguiente figura muestra el riesgo inundaciones.



Ilustración 52. Riesgos de Inundación
Fuente: Atlas de Riesgos del Municipio de Cozumel 2011

Las viviendas endebles, y los negocios, están en riesgo de inundación en Cozumel. Cozumel es relativamente plana; de hecho, el PMD 2024-2027 “menciona que no llegan a más de 20 metros de altura” por lo que ésta aumenta el riesgo de inundaciones por lluvias intensas y huracanes en la región y se agrava con el cambio climático.

4.1.3 Social

La población de Cozumel se encuentra en la costa y, a pesar de las inundaciones y las pérdidas potenciales, la población continúa aumentando. La siguiente figura representa los aumentos graduales de la población de Cozumel durante un período de cuarenta años.

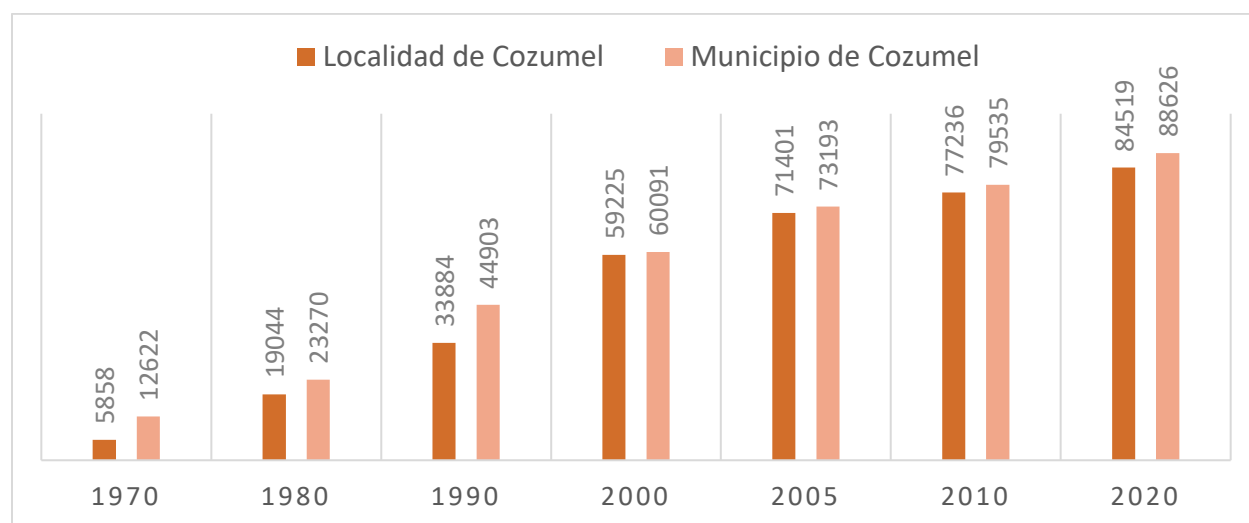


Ilustración 53 Crecimiento urbano de la localidad y municipal de Cozumel desde 1970 hasta 2020 Fuente: PDUCP (2023) INEGI (2020b)

La ilustración muestra el crecimiento en la población en Cozumel por la década de los 70's a 2020 y cada 5 años hasta 2010. La localidad y municipio de Cozumel ha crecido establemente durante este tiempo. Cozumel cuenta con una población adecuada para el turismo, la cual incluye mano de obra especializada y capacitada en áreas como la hospitalidad, guías turísticas, chefs y gestión hotelera. Además, las ciudades ofrecen una amplia base de talento en estos sectores.

4.1.3 Político

Los indicadores de inundaciones en México incluyen el número de inversiones sociales para mitigar inundaciones, los indicadores socioeconómicos, la existencia de planes de contingencia, si existe desarrollo social y compensación, el número de políticas públicas integrales de educación y comunicación sobre riesgos de inundación, infraestructura de vivienda social, salud y servicios básicos en emergencias, así como la flexibilidad para la toma de decisiones, el consenso

gubernamental, ciudadano e institucional y los instrumentos de gestión para las zonas costeras. La figura siguiente señala en qué documentos está involucrada la isla de Cozumel para la mitigación de las inundaciones.

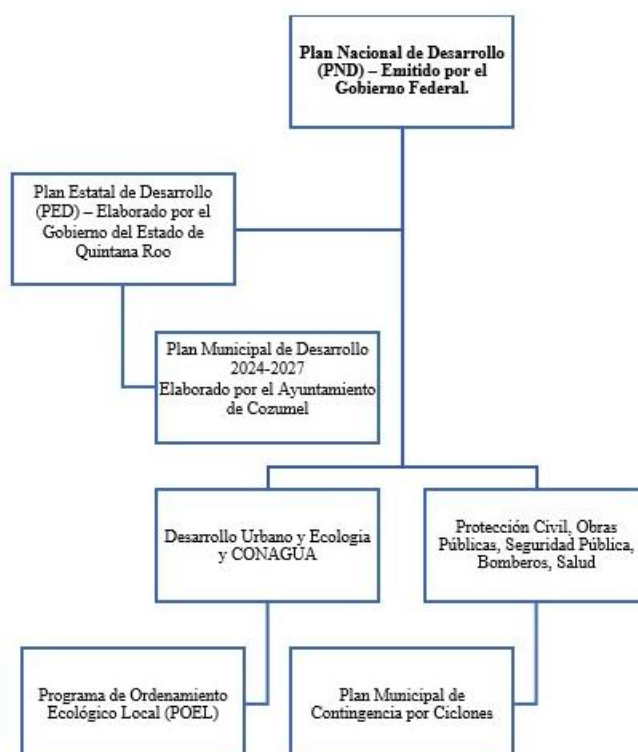


Ilustración 54 Planes de Cozumel afectando inundación
Fuente: Elaboración propia

Esta estructura demuestra cómo se articula la planeación territorial y la gestión de la inundación desde lo federal hasta lo municipal, integrando diferentes departamentos para fortalecer la resiliencia municipal. A menudo, estos planes no se implementan por diversas razones, como la falta de responsabilidad, sanciones, capacidad e intereses diversos, entre otros. La figura siguiente señala las responsabilidades de las instituciones en Cozumel.

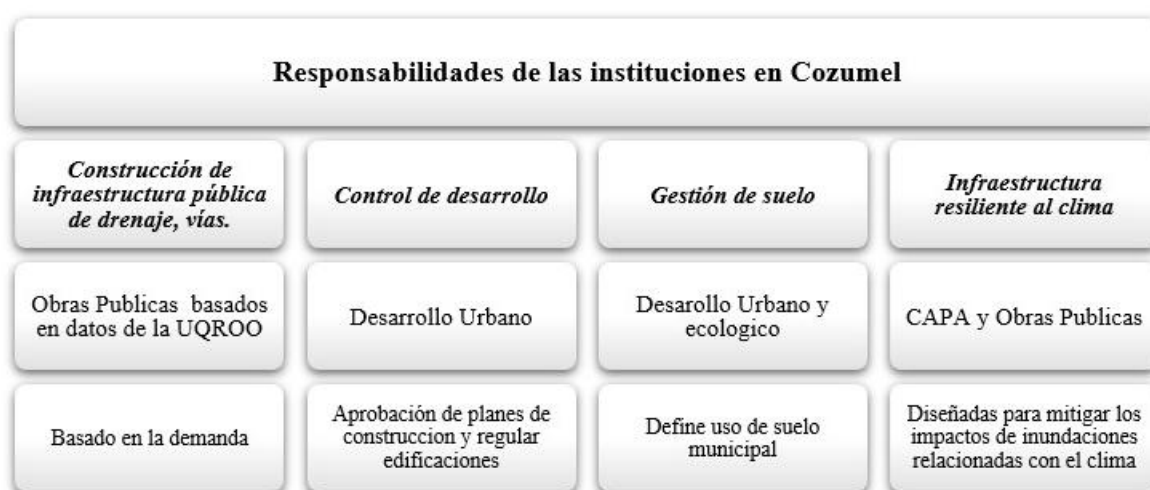


Ilustración 55 Instituciones en Cozumel que afectan la resiliencia ante las inundaciones
Fuente: Elaboración propia

La construcción de infraestructura pública en Cozumel, al igual que en otras partes de la República, depende en gran medida de la demanda ciudadana y no necesariamente de consideraciones relacionadas con inundaciones. Las direcciones de Desarrollo Urbano y Ecológico colaboran en la elaboración de planes territoriales. Por su parte, Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) y Obras Públicas son responsables tanto de la infraestructura diseñada para resistir fenómenos climáticos como de la construcción de obras públicas en general. En esencia, existe una colaboración entre diversas instituciones que comparten responsabilidades en la atención y mitigación de inundaciones. La figura siguiente muestra qué instituciones, a nivel federal, están involucradas en la reducción del riesgo de inundaciones en México. La figura siguiente señala que instituciones en México a nivel federal están involucradas en mitigar inundaciones.

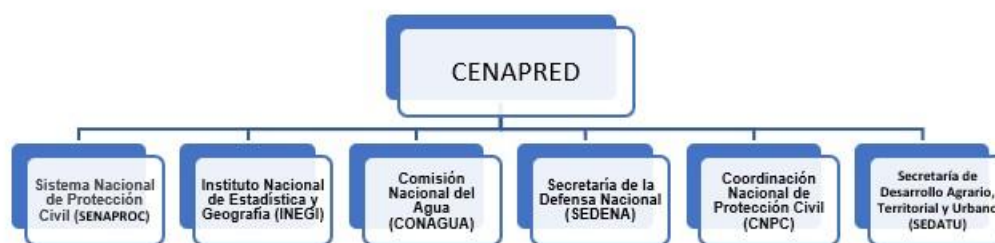


Ilustración 56 Instituciones en México que atienden inundaciones
Fuente: Elaboración propia

La ilustración arriba presenta un diagrama de flujo que describe la estructura organizativa que rodea al CENAPRED, el cual está ubicado en el centro. CENAPRED se conecta con seis entidades clave, y cada organización está representada para simbolizar su papel colaborativo en los esfuerzos de prevención y respuesta ante inundaciones en México. El diagrama destaca de manera efectiva la interconexión y el respaldo institucional detrás de las acciones de resiliencia ante inundaciones que lidera CENAPRED a nivel federal.

4.1.5 Económico

México tiene una población de aproximadamente 130 millones y es la segunda economía más grande de América Latina y una de las 15 principales del mundo, tiene una institución macroeconómica sólida. Adicionalmente, el país está abierto al comercio y una base manufacturera diversificada que está conectada a las cadenas de valor globales (BM, 2023a). México tiene un PIB de \$1,269 mil millones (GOM, 2023a), PIB per cápita \$8,326 (INEGI, 2020a), una gran cantidad de su PIB está basada en industria y servicios, tiene un Inversión Extranjera Directa de \$29,3 mil millones lo que ubica al país en el puesto 19 en el Ranking Mundial de Exportaciones, además es un actor global emergente en la economía (SRE MX, 2023).

Hoy en día Cozumel predomina en el turismo de masas de sol y playa. Lara *et al.* (2021) mencionan que el principal atractivo de Cozumel es su costa, mientras que las actividades turísticas se centran en las cinco áreas naturales protegidas de la isla. En la actividad económica local, anualmente el producto turístico de la Isla de Cozumel genera USD 762 millones, además, antes del COVID-19, por cada habitante, cada año visitaban la isla 11 millones de personas lo que

equivale a 111 visitantes por habitante hospedados en hoteles locales, en visitas de un día de crucero, aproximadamente cuatro millones de personas visitan la isla al año. (Lara *et al.* 2021).

Tabla 13 Estado económico de México

Indicadores	México
Población	130 millones (GOM, 2023)
PIB	\$1,268,870 mil millones (GOM, 2023)
Per cápita	\$8,326 (INEGI, 2020)
Economía	- Servicios, manufactura, comercio, agricultura, minería, producción de energía, industria financiera (SRE GOB MX UK, 2023) - Exportador líder en América Latina (SRE GOB MX Filipinas, 2023)

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Infraestructura

El transporte en una ciudad es fundamental para la vida cotidiana, la economía y el desarrollo urbano. En el caso de Cozumel el tamaño de la isla hace que sea fácilmente accesible para la población viajar desde y hacia los centros turísticos sin un tiempo significativo de desplazamiento, lo que permite a las personas viajar rápidamente e indirectamente aumentar la productividad. El sector de transporte en Cozumel ofrece opciones para moverse por la isla, incluyendo taxis, colectivos, bicicletas y escúter y autos en alquiler.

El efecto indirecto de las inundaciones en la red de transporte, provoca una disminución de la capacidad de la red local, los elementos del transporte se ven afectados en el contexto temporal y espacial. Dependiendo del aumento de la población, la expansión urbana y las superficies construidas, habrá inundaciones devastadoras en el futuro, se pueden enumerar los significados catastróficos de las inundaciones en el transporte, ya que, durante una inundación, los viajes pueden ser nulos, condensados o intermitentes, esto afecta el servicio (Rebally *et al.*, 2021).

También hay un efecto indirecto de la falla en la infraestructura y la economía, ya que la infraestructura es crítica; además, hay un aumento en el tiempo de viaje y la longitud de la ruta, la falla en un nodo de la red puede afectar a los otros nodos, lo que lleva a partes de la sociedad alejadas del principal peligro de verse afectado por daños a infraestructuras críticas (Rebally *et al.*, 2021). La figura representa la red vial en Cozumel.

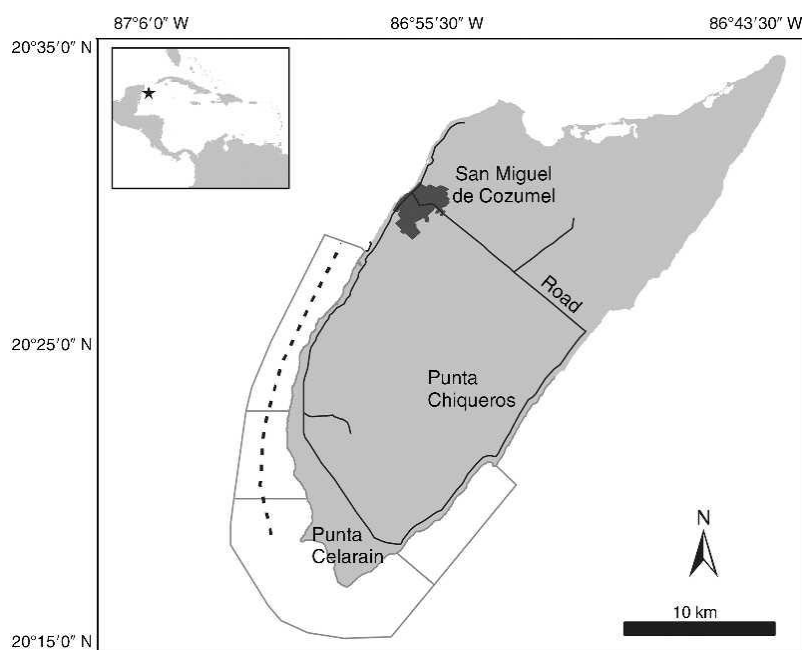


Ilustración 57 Mapa que muestra la red de carreteras en Cozumel
Fuente: Alvarez *et al.* (2011)

La figura anterior muestra la red de carreteras en Cozumel. En tiempos de inundaciones este mapa demuestra que sólo existen dos alternativas para llegar a las zonas hoteleras donde trabaja gran parte de la población. Si ambos accesos se inundan simultáneamente no quedan alternativas y se corta el acceso a los servicios a quienes puedan verse directamente afectados.

Cozumel cuenta con infraestructura adecuada por el turismo, por ejemplo, aeropuertos, puertos, carreteras, transporte público, telecomunicaciones y servicios de salud que beneficia los hoteleros. Para combatir las inundaciones, Cozumel invirtió en un sistema de drenaje y muros de contención. La siguiente ilustración muestra cómo se aborda el problema de las inundaciones en Cozumel.



Ilustración 58 Protección ante inundación en Cozumel
Fuentes: TV Azteca Quintana Roo (2023), Ness Lee y Andre Navarro

4.2 St. George, Granada

Granada ha sufrido pérdidas de vidas y propiedades a lo largo de los años debido a las inundaciones. Hubo dos eventos importantes el 12 y el 18 de noviembre de 2024, siendo el último el que cobró la vida de una mujer atrapada en su vehículo. Entre la infraestructura afectada en la ciudad de St. George se incluyen tres instituciones académicas, dos escuelas, una primaria y una secundaria, la Escuela Metodista de St. George y el Wesley College, respectivamente, y el T. A. Marryshow Community College, una planta de electricidad y el puerto nacional de carga. Sin embargo, el *Mecanismo Mundial para la Reducción de Desastres y la Recuperación* (GDRFF por sus siglas en inglés, 2024) proyectó, con base en datos de inundaciones modelados, que la

probabilidad de inundaciones urbanas en St. George es muy baja, lo que significa que hay menos del 1% de probabilidad en los próximos 10 años de daños potenciales e inundaciones fluviales que pongan en peligro la vida.

Peters y Smith (2001) informaron los resultados de una encuesta socioeconómica que destacó que el costo promedio ponderado de los daños por inundaciones fue de \$22,000. Thelan *et al.* (2024) mencionan las causas de las inundaciones que han afectado a Granada, incluyendo el aumento del nivel del mar, que sigue incrementando la ocurrencia de inundaciones costeras, las mareas altas, las inundaciones pluviales y fluviales que afectan infraestructuras como tuberías y sistemas de aguas pluviales. El paisaje montañoso que rodea las tierras bajas de St. George y la falta de un drenaje adecuado facilitan más inundaciones. La siguiente ilustración muestra la inundación que ocurrió en River Road St. George's el 18 de noviembre de 2024.



Ilustración 59 Inundación en St. George's 18 de noviembre de 2024

Fuente: anónimo

La figura arriba muestra las inundaciones en St. George's e indica por qué las inundaciones continúan causando estragos en esta área. Algunos de los factores que contribuyen a esto son la proximidad al mar y al río, la topografía y la ubicación de la infraestructura, drenaje, prácticas en áreas arriba del río, entre otros. La ilustración siguiente demuestra los eventos de Granada que afectaron la región desde 1885 hasta 2014.



Ilustración 60 Eventos relacionados con el agua en Granada 1885-2014
Fuente: Elaboración propia con base en datos de NADMA 2018

La ilustración anterior muestra que hubo 41 eventos en 129 años. Durante el siglo XX y específicamente entre 1985 y 2014 hubo 26 eventos. Es evidente que hubo un aumento general a pesar de las fluctuaciones y se puede deducir que ha habido un incremento en los eventos que provocan inundaciones.

4.2.1 Territorial

NCHAC *et al.* (2009) mencionan que St. George's está ubicada entre la montaña y el mar y tiene importancia histórica, geográfica y topográfica debido a su posición, el entorno natural, incluida la proximidad a las montañas y al océano, que influyen en los estilos arquitectónicos de los edificios religiosos, administrativos, comerciales, militares y residenciales. St. George's no siempre estuvo ubicado en su sitio actual. A continuación, se muestra una representación del asentamiento temprano de la ciudad.

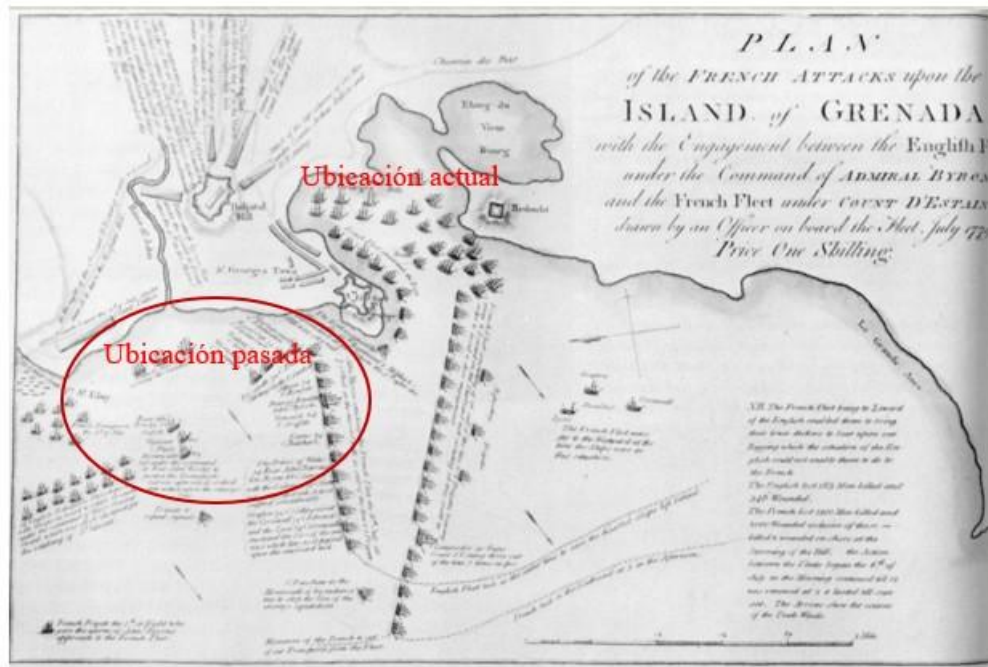


Ilustración 61. Plano de los ataques franceses de St. George's 1779
Fuente: Zimmerman, (2005)

La ilustración arriba muestra en rojo donde estaba ubicada el área urbana y su ubicación presente. Las inundaciones no son nada nuevo para la ciudad de St. George, desde sus inicios en el asentamiento colonial original que se encontraba al sur de su ubicación actual en el borde oriental del puerto que fue nombrado en honor al rey Luis IX de Francia como Saint Louis, más tarde se conocería como Port Louis, sin embargo, como se descubrió que estaba sujeta a inundaciones y malaria, se creó una nueva ciudad llamada Ville de Fort Royal o Fort Royal Town en honor a los franceses y británicos respectivamente (Zimmerman, 2005).

Su función militar histórica abordó las necesidades de seguridad de la isla, lo que provocó la reubicación y expansión de los fuertes, la necesidad de comercio atendió sus necesidades comerciales históricas mientras la función administrativa se introdujo a medida que la ciudad se organizaba más (NCHAC *et al.* 2009). St. George's también es reconocida como una ciudad con importancia histórica, con desastres de inundaciones y provocados por el hombre que dieron forma a su forma actual (NCHAC *et al.* 2009).

Todas las áreas urbanas de Granada están ubicadas en la costa, además hay una enorme cantidad de recursos que se pueden extraer del mar, las zonas costeras son más planas y

convenientes para la construcción mientras el interior de la isla es montañoso con una reserva forestal, toda la isla es vulnerable a huracanes que provoca inundaciones, pero más aún las zonas costeras (Geopolipedia, 2023). Las inundaciones son destructivas cuando se encuentra con proximidad y ecología que afecta el humano. Hay varios usos de la ciudad que impulsa las inundaciones. La ilustración muestra el uso de suelo de la ciudad.

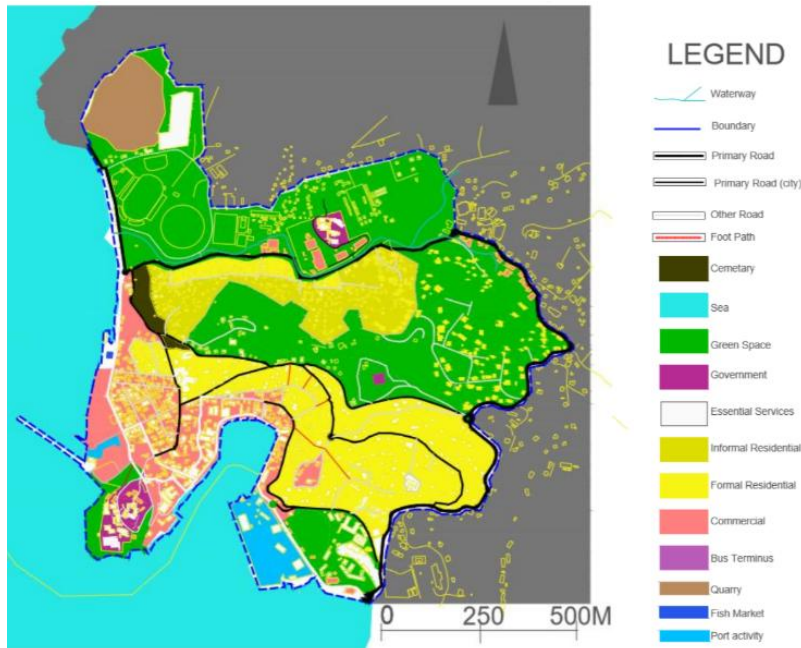


Ilustración 62 Uso de Suelo de St. George's
Fuente: Elaboración propia

La Ilustración arriba muestra que la mayoría de las infraestructuras en las ciudades están ubicadas en la costa, mientras que el interior es principalmente vegetación y algunas zonas agrícolas también se encuentran en el interior. A diferencia de la población de la ciudad de Cozumel, que se caracteriza por ser densa, la capital de St. George está disminuyendo y tiene una de las menores densidades en la isla.

4.2.2 Ambiental

La ubicación de Granada en la proximidad del Ecuador asegura un clima tropical durante todo el año, con temperaturas promedio que oscilan entre 23 y 28 °C, sin embargo, sus vientos

alisios refrescantes ofrecen condiciones muy confortables (GoG, 2024*). La precipitación es una causa significativa de las inundaciones en Granada. La siguiente imagen muestra precipitación en la ciudad.

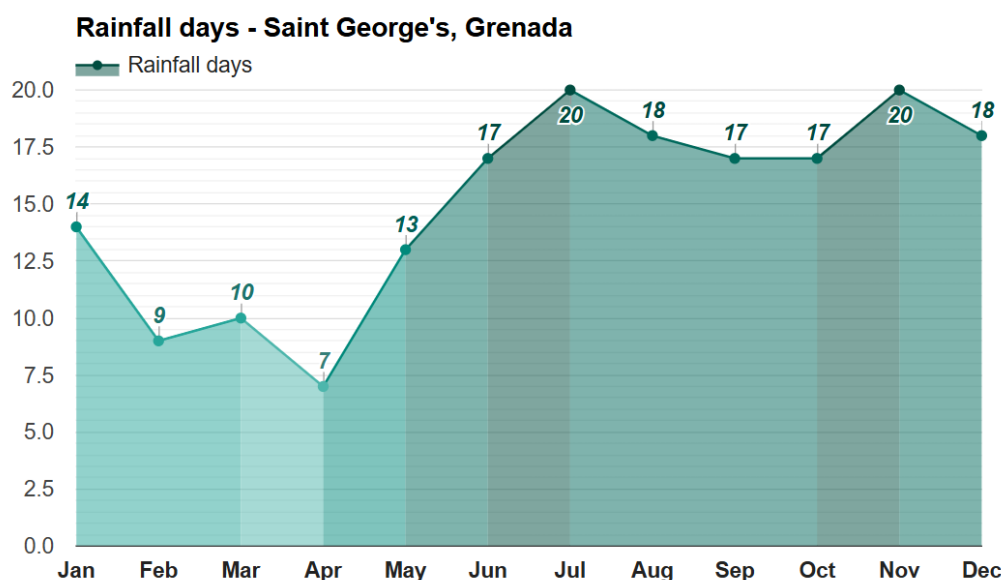


Ilustración 63 Precipitación en St. George's
Fuente: Weather Atlas (2025)

En promedio, hay 180 días de lluvia en St. George's. Los meses más lluviosos en St. George's son julio y noviembre. Esto ocurre durante los meses de la temporada de huracanes, por lo que la probabilidad de inundaciones es mayor durante estos dos meses. De febrero a marzo son los meses más secos, lo que significa que la probabilidad de inundaciones es menor en estos meses. El tipo de suelo en la isla tiene un impacto en las inundaciones.

La baja elevación puede afectar la vulnerabilidad a las inundaciones, especialmente en las zonas bajas, ya que Itsukushima *et al.* (2024) señalan que evitar el riesgo y la exposición es la medida más básica de control de desastres. En el caso de St. George, cuanto menor es la elevación, mayor es la vulnerabilidad a las inundaciones, particularmente en las áreas ubicadas en la costa. La siguiente ilustración muestra la elevación de Granada, incluyendo la parroquia de St. George y St. George's.

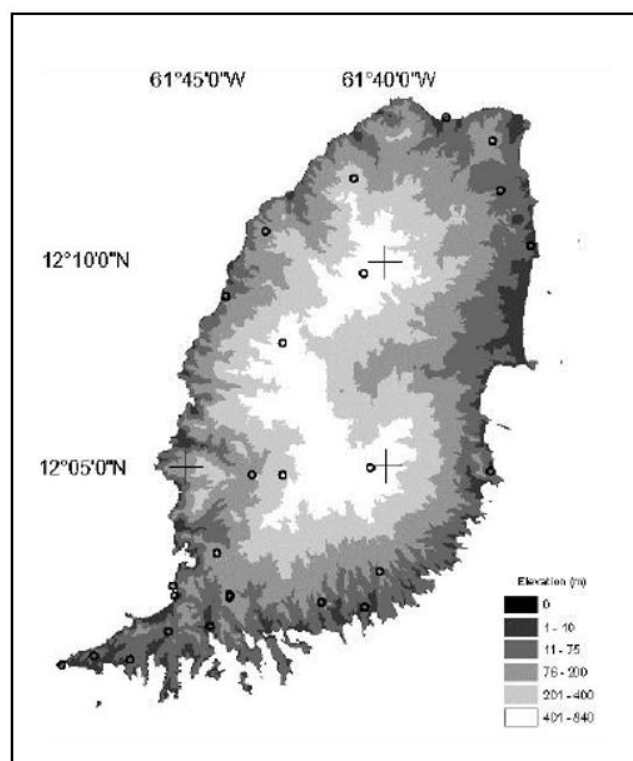


Ilustración 64 Elevación de Granada
Fuente: Chirico (2004)

Los colores más oscuros en el mapa representan las zonas de menor elevación, como las áreas costeras y las zonas propensas a inundaciones en Granada, particularmente en St. George's, mientras que los colores más claros representan las áreas de mayor elevación en el centro de la isla, donde también se registra la mayor precipitación. Desde el centro de la isla, las pendientes descienden hacia la costa. Sin embargo, debe señalarse que la mayoría de la población vive en dichas zonas costeras. La ilustración siguiente muestra el tipo de suelo de St. George's y Granada.

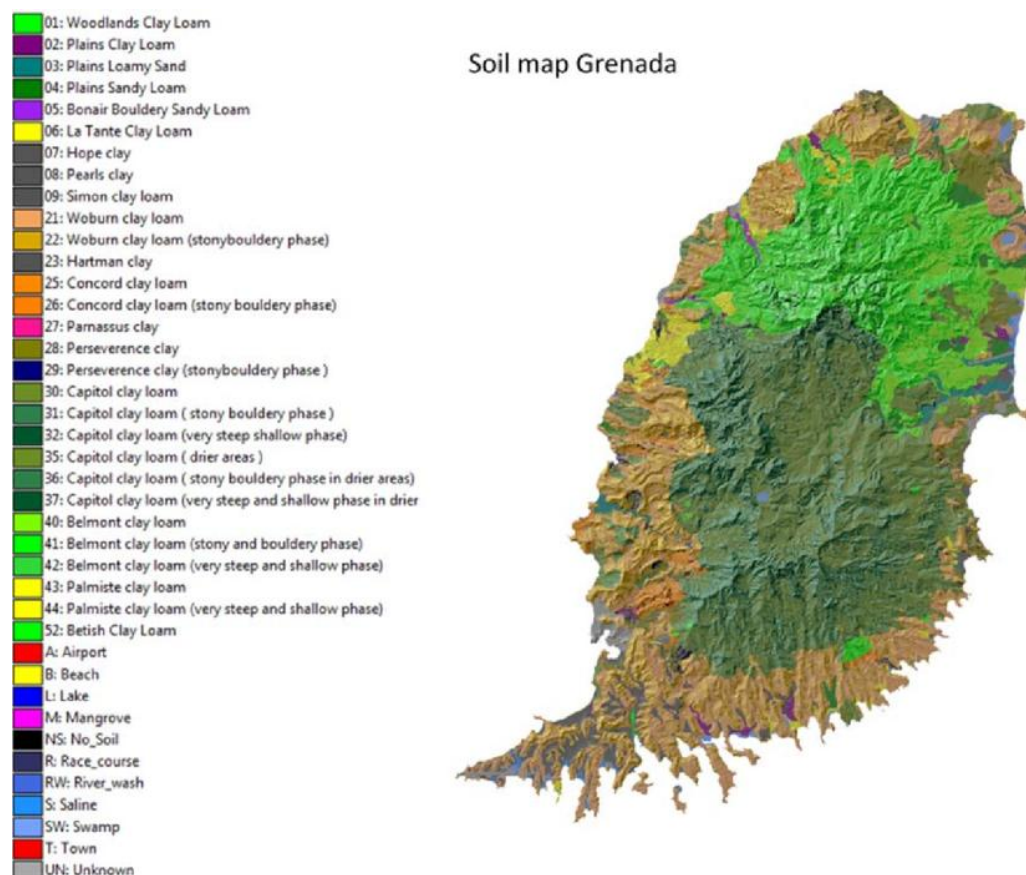


Ilustración 65 Mapa de tipo de suelo de Granada
Fuente: (CDB/CDERA, 2006)

Lockhart y Wiseman (2023) mencionan que los suelos arcillosos contienen la mayor proporción de partículas de arcilla entre todos los tipos de suelo, con un mínimo del 30% de la composición textural. Adicionalmente, mencionan que cuando están húmedos, pueden sentirse pegajosos, moldearse y deformarse, estos suelos, al exponerse al agua de mar o ser manipulados en estado húmedo, pueden sufrir defloculación. Szejba (2020) menciona que los suelos arcillosos tienen una alta capacidad de almacenamiento de agua y solo una proporción mínima es drenable. Para las inundaciones severas, los suelos arcillosos pueden permanecer saturados por períodos más largos, esto puede agravar el impacto de las inundaciones en ciudades con este tipo de suelo.

Según actores históricos, la principal zona turística de St. George es Morne Rouge. Originalmente era un pantano que fue rellenado, lo que permitió el desarrollo posterior. Sin

embargo, con el paso de los años, el área ha sido inundada en múltiples ocasiones. La siguiente imagen muestra la intrusión de agua salada en la zona.



Ilustración 66 Inundación costera Morne Rouge, St. George, Grenada
Fuente: Elaboración propia

La ilustración muestra la intrusión de agua salada desde el mar cercano. A la derecha del sitio se encuentra un edificio de color turquesa y blanco, mientras que frente al sitio hay un edificio naranja que alberga un centro comercial. La zona circundante incluye varios puntos de referencia importantes, como la estación de policía de South St. George, el Centro Nacional de Comercio, un centro juvenil, diversos restaurantes y hoteles frente al mar, entre ellos Coyaba Beach Resort, Allamanda Beach Resort y Spice Island Beach Resort.

Spice Island Beach Resort ha recibido varios reconocimientos prestigiosos. Fue nombrado *Mejor Hotel con Spa* por la *Guía de Viajes de Lujo Condé Nast Johansens* en 2020 y ha sido galardonado constantemente con el *Premio a la Excelencia del Cliente* por British Airways Holidays. Además, durante siete años consecutivos, recibió el *Premio Seis Estrellas Diamante* de

la *Academia Americana de Ciencias de la Hospitalidad* (Spice Island Beach Resort, 2025). La siguiente ilustración muestra una posible intrusión de agua salada en St. George's y sus alrededores.



Ilustración 67 Mapa de St. George's con diferentes niveles de calentamiento global
Fuente: Climate Central (2024)

La ilustración demuestra las áreas de St. George's Granada sujeto de inundación si hay 2.0^C de calentamiento global o una situación de 4.0^C de calentamiento global. Ambos escenarios impactarán tanto a la población urbana de St. George's, su distrito central de negocios que impacta la economía e infraestructura básica directa e indirectamente debido a su localización.

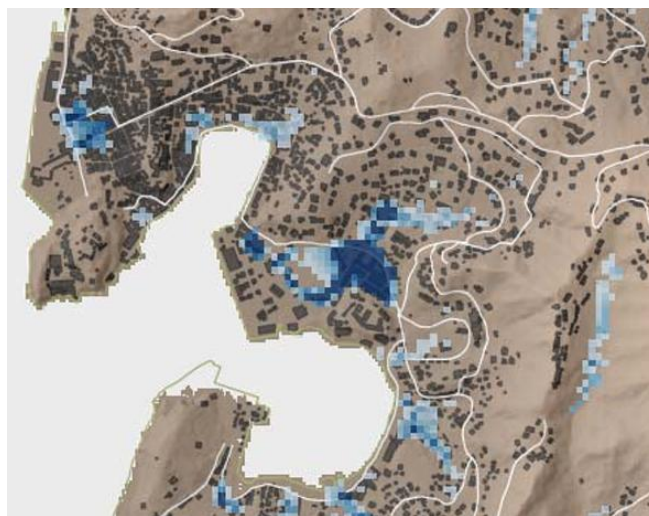


Ilustración 68 Escorrentía excesiva que causa inundaciones en St. George's
Fuente: Jetten (2016)

La figura anterior identifica zonas afectadas por escorrentía excesiva e inundaciones en la ciudad de St. George's, destacando el Distrito Central de Negocios (CDB), Tanteen y el Carenage como áreas particularmente vulnerables. Estas zonas se consideran propensas a inundaciones con base en observaciones directas y antecedentes históricos documentados.



Ilustración 69 Mapa de inundaciones repentinas a lo largo del río St. Johns en St. George's.
Fuente: CDEMA, (2015)

La figura anterior identifica zonas afectadas inundaciones fluvial en la ciudad de St. George's, destacando River Road como un área especialmente vulnerable que está acompañado con escorrentía excesiva. Esta comunidad se considera propensa a inundaciones con base en observaciones directas y antecedentes históricos documentados específicamente 8 de agosto 2018, 21 de julio de 2021, 8 de noviembre 2022 y últimamente noviembre 12 y 18 de 2024.

4.2.3 Social

La parroquia de St. George, Granada, ocupa un área de 65 km² y tiene una población de 44,777 habitantes (Oficina Central de Estadística, 2011). La siguiente figura representa los aumentos graduales de la población de St. George y el capital durante un período de cuarenta años.

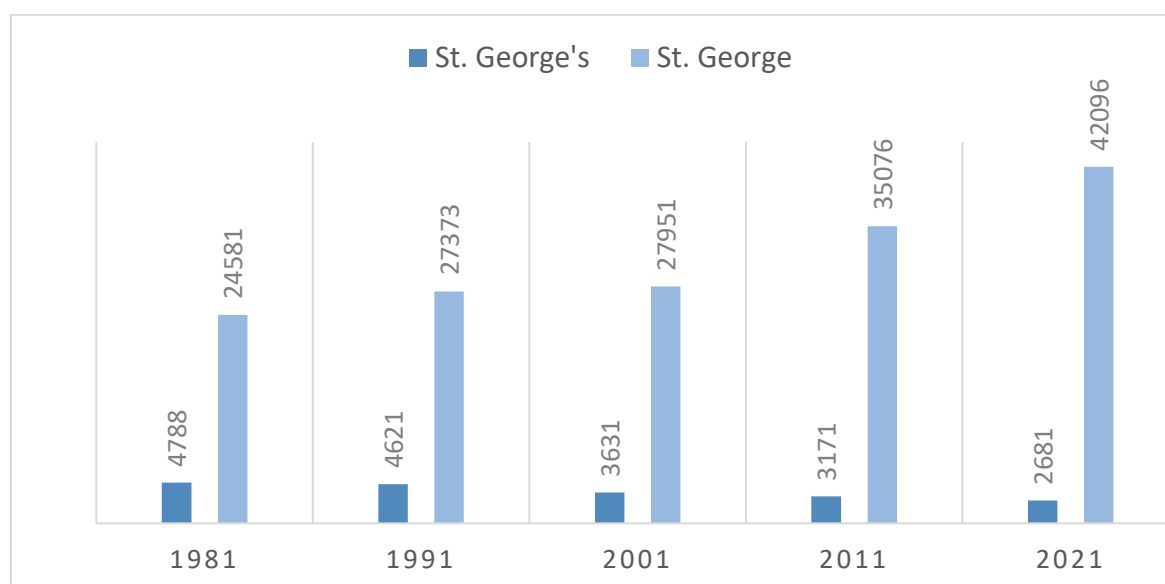


Ilustración 70 Crecimiento urbano de la ciudad de St. George que es San George y el resto de la parroquia Fuentes: (GoG 2020; Now Grenada 2024)

La ilustración 68 muestra que la población de ciudad de St. George está disminuyendo mientras que la población de la parroquia ha aumentado durante el periodo. Granada cuentan con población adecuada para el turismo que requiere un mano de obra especializada capacitado en áreas como hospitalidad, guías turísticos, chefs y gestión hotelera y las ciudades ofrecen una amplia base de talento.

4.2.4 Político

Los indicadores de inundaciones en México incluyen el número de inversiones sociales para mitigar inundaciones, los indicadores socioeconómicos, la existencia de planes de contingencia, si existe desarrollo social y compensación, el número de políticas públicas integrales de educación y comunicación sobre riesgos de inundación, infraestructura de vivienda social, salud y servicios básicos en emergencias, así como la flexibilidad para la toma de decisiones, el consenso gubernamental, ciudadano e institucional y los instrumentos de gestión para los regímenes fluviales, pluviales y costeras.

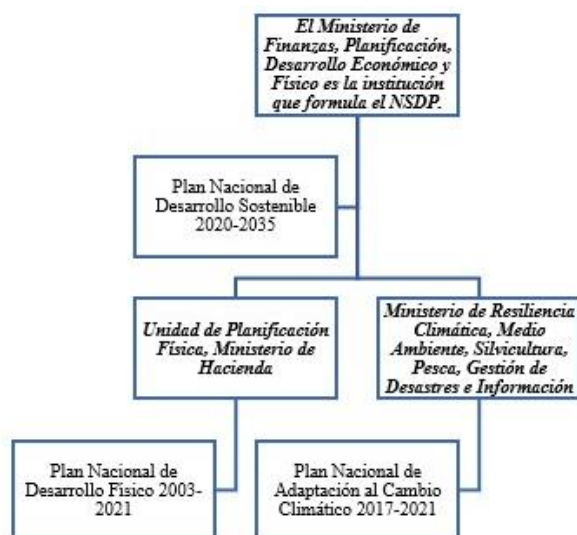


Ilustración 71 Planes de Granada afectando inundación
Fuente: Elaboración propia

Dos de los planes están obsoletos: el plan nacional de desarrollo físico y el plan nacional de adaptación al cambio climático. A menudo, estos planes no se implementan por diversas razones, como la falta de responsabilidad, sanciones, capacidad e intereses diversos, entre otros. Sin embargo, esto indica que los mecanismos para abordar las inundaciones pueden estar rezagados debido a la falta de actualizaciones para satisfacer las necesidades actuales en los departamentos gubernamentales.

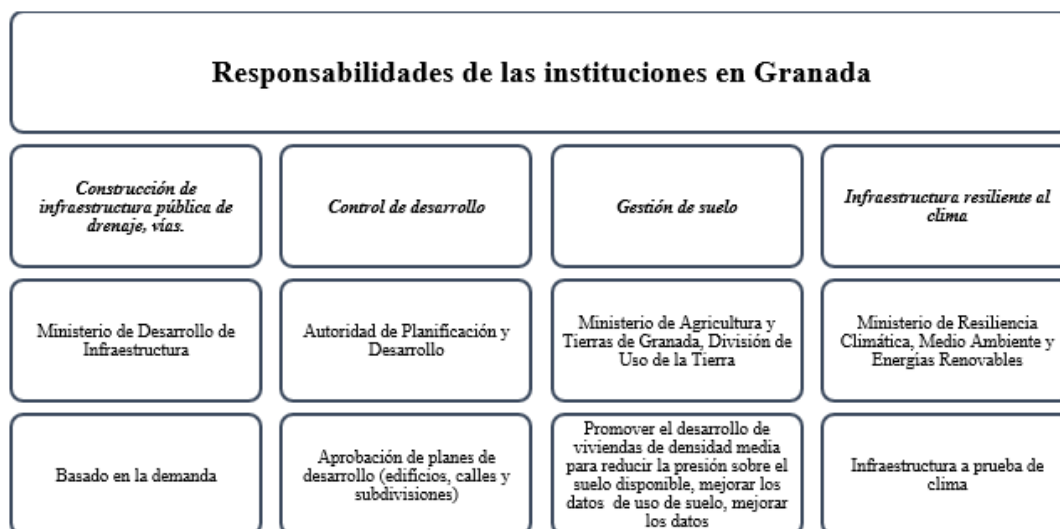


Ilustración 72 Instituciones en Granada que afectan la resiliencia ante las inundaciones
Fuente: Elaboración propia

La construcción de infraestructura pública en Granada depende de la demanda y no necesariamente de las consideraciones sobre inundaciones; a veces la planificación se realiza internamente. La Unidad de Planificación Física, ahora la Autoridad de Planificación y Desarrollo, se ha reducido al control del desarrollo mediante la mera aprobación de planes. Hay ocasiones en que el departamento no cuenta con un planificador físico o un planificador urbano en su personal para abordar las inundaciones en sus planes físicos. El Ministerio de Agricultura tiene una división de uso del suelo que recomienda áreas para el desarrollo. Esto es preocupante porque la planificación de las ciudades no debe depender únicamente de las necesidades agrícolas, sino que debe equilibrar diferentes disciplinas, incluida la mitigación de inundaciones. Por último, el Ministerio de Resiliencia Climática es responsable de la infraestructura a prueba de clima; sin embargo, no es responsable de la construcción de infraestructura pública. En esencia, hay una duplicación de responsabilidades en Granada en lo que respecta a las inundaciones, y se necesita un enfoque más colaborativo. La figura siguiente señala que instituciones en Granada están involucradas en mitigar inundaciones.



Ilustración 73 Instituciones en Granada que atienden inundaciones

Fuente: Elaboración propia

La ilustración arriba presenta un diagrama de flujo que describe la estructura organizativa que rodea a la Agencia Nacional para la Gestión de Desastres (NADMA), el cual está ubicado en el centro. NADMA se conecta con siete entidades clave, y cada organización está representada para simbolizar su papel colaborativo en teoría en los esfuerzos de prevención y respuesta ante inundaciones en St. George's. El diagrama destaca de manera efectiva la interconexión y el

respaldo institucional detrás de las acciones de resiliencia ante inundaciones que lidera NADMA a nivel central.

4.2.5 Económico

La economía de Granada ha pasado de la agricultura a la prestación de servicios, principalmente el turismo, en los últimos 20 años, el turismo se ha ido expandiendo y gran parte de su expansión se debe a la inversión extranjera directa y la nación también depende en gran medida del turismo para ganar divisas además sus mayores exportaciones incluyen nuez moscada (el segundo productor mundial), granos de cacao, pescado y harina de trigo (GoG 2023). En la actualidad, Granada tiene una población de 0,1 millones de habitantes, un PIB de 1.000 millones de dólares 1,3 y un ingreso per cápita de 10,524 dólares (BM, 2023b).

Tabla 14 Estado económico de Granada

Indicadores	Granada
Población	106,667(GoG,2023)
PIB	\$1.273 mil millones (FMI, 2023)
Per cápita	\$11,246.3 (BM,2023d)
Economía	Turismo y agricultura (GoG,2023)

Frente: Elaboración propia

4.2.6 Infraestructura

Similar a Cozumel, Granada cuenta con una extensa red de carreteras, que abarca más de 1,100 km (datos del año 2000). Todos los rincones de la isla pueden alcanzarse desde la capital del país, St. George, en menos de dos horas. Esto significa que incluso si la población vive en áreas remotas, aún pueden trabajar en el sector turístico porque la isla es pequeña y accesible mediante transporte. Sin embargo, existen muchas carreteras sin salida en Granada, lo que dificulta que los turistas exploren la isla. A continuación, se muestran las rutas de transporte público en Granada.

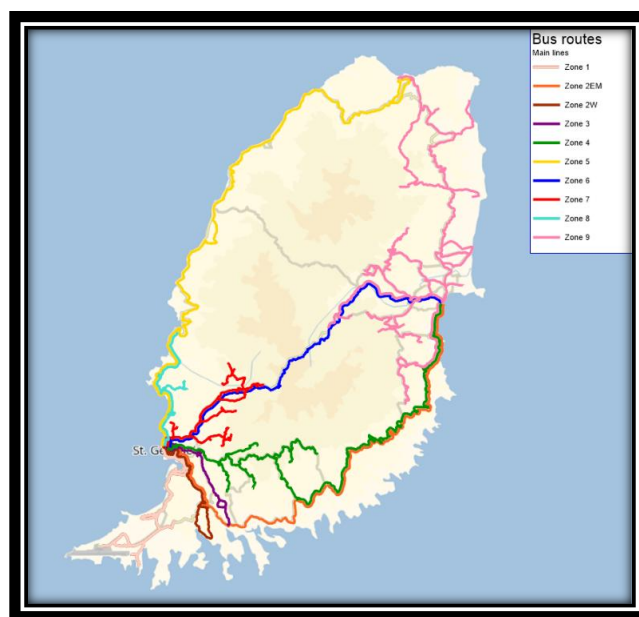


Ilustración 74 Rutas de combis en Granada
Fuente: TransplanGrenada (2024)

El transporte público en la isla se basa principalmente en minibuses, y no hay autobuses grandes con acceso para sillas de ruedas. Granada carece de opciones de transporte público accesibles para personas con discapacidades. La Autoridad de Turismo de Granada (2025) menciona que la tarifa del autobús local oscila entre 2,50 y 6,50 dólares EC. Los automóviles son otra alternativa para moverse en Granada; en promedio, el costo de alquilar un automóvil en Granada es de aproximadamente US\$50-75 por día (Autoridad de Turismo de Granada, 2025). Ha habido expansiones en la costa de St. George's. La siguiente ilustración demuestra el desarrollo en la costa que tiene graves impactos durante un evento.



Ilustración 75 La evolución de la Esplanade, St. George's
Fuente: Grenada Magazine (2016)

En el área urbana de St. George se han experimentado aumentos en la costa mediante la creación de nuevos terrenos mediante el relleno de áreas costeras, con fines de desarrollo. A continuación, se muestra un collage de fotografías que representan el desarrollo costero mediante la recuperación de tierras que causó la expansión de la ciudad.

St. George's tiene muchas fuentes de inundación, como el mar, el río, las montañas y la urbanización. La siguiente ilustración muestra cómo se aborda el problema de las inundaciones en Granada.



Ilustración 76 Estructuras ante las inundaciones en St. George's
Fuentes: GIS Grenada, ALBA-TCP y Elaboración propia

St. George's ha implementado medidas estructurales como la construcción de diques marítimos que previenen la infiltración de marejadas ciclónicas y mareas altas, el refuerzo de las riberas de los ríos para evitar la erosión y el desbordamiento de agua, y la mejora del sistema de drenaje para desviar el agua fuera de la ciudad.

Conclusiones del capítulo

Después de analizar las dimensiones de vulnerabilidad ante inundaciones en Cozumel y St. George, se determinan que, a pesar de las medidas de infraestructura implementadas en Cozumel y Granada como muros de contención costeros y fluviales, así como dragados en algunos casos las inundaciones continúan causando estragos en ambas ciudades, incrementando su frecuencia, intensidad y nivel de destrucción. Ambos territorios se encuentran ubicados en zonas costeras y están expuestos a inundaciones y degradación costera debido a las condiciones ambientales. Sin embargo, la infraestructura, como carreteras y edificaciones, incluso aquellas consideradas críticas, se localiza en áreas reconocidas como propensas a inundarse, lo que evidencia una falta de planificación urbana adecuada.

Las inundaciones son de naturaleza multifacética y requieren de múltiples instituciones y voluntad política para su gestión; por lo tanto, este enfoque colaborativo e interdisciplinario enfatiza la necesidad de combinar conocimientos de planificación urbana, hidrología, ingeniería estructural, agricultura, ecología y meteorología. Existe una necesidad evidente de actualizar y modernizar las políticas donde sea necesario, así como de contar con los recursos que respalden los esfuerzos de mitigación.

Un Índice de Vulnerabilidad Social (SVI) para inundaciones en Cozumel y St. George, como parte de esta metodología, puede adaptarse y aplicarse a diversas regiones, ya que proporciona una base para identificar desigualdades y procesos de marginación en ambos estudios de caso, además de constituir un punto de partida para futuras investigaciones sobre inundaciones costeras en las ciudades trópicos ecuatoriales.

5. Índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones

Un índice de vulnerabilidad para la gobernanza urbana en la resiliencia frente a inundaciones permite una evaluación integral con enfoque holístico de distintos factores sociales, territoriales, económicos y ambientales. Esto puede contribuir a la planificación urbana y las mejoras en la infraestructura. Un índice de vulnerabilidad es una herramienta vital para la gobernanza urbana, que facilita la toma de decisiones informadas, la asignación de recursos y el desarrollo de estrategias efectivas de resiliencia ante inundaciones.

Muchos autores han aplicado IVS en sus investigaciones y el análisis de componentes principales, por ejemplo Cutter *et al.* (2003) construyeron un índice de vulnerabilidad social para evaluar los riesgos ambientales, al cual denominaron Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) para los Estados Unidos, basado en datos de 1990. Utilizaron un enfoque de análisis factorial que incluyó 42 variables, las cuales fueron reducidas a 11 factores independientes y explicaron aproximadamente el 76% de la varianza.

Tascón-González *et al.* (2020) analizaron la vulnerabilidad social ante inundaciones en el municipio de Ponferrada (España) mediante la integración y ponderación de una serie de indicadores de exposición y resistencia. Cada indicador fue seleccionado y caracterizado utilizando el proceso de jerarquía analítica (AHP). Además, se generó un mapa detallado del índice de vulnerabilidad social a escala de parcela urbana, lo que permitió identificar una población afectada de 34,941 habitantes en una ciudad de tamaño medio.

Török (2018) investigó la vulnerabilidad social a inundaciones a escala local en Rumanía, con el objetivo de identificar los grupos sociales y demográficos más vulnerables. También buscó mejorar el modelo de Vulnerabilidad Social (IVS) mediante la aplicación de un método de ponderación adaptado al contexto rumano. Se seleccionaron cuidadosamente 28 variables y se construyeron tres índices agregados utilizando el software ArcGIS.

Lixin *et al.* (2025) presentaron un modelo matemático para establecer un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), el cual consistió en 12 variables sociales, y formularon la vulnerabilidad social regional ante amenazas. El estudio se llevó a cabo en China y utilizó la ciudad como unidad estadística; la vulnerabilidad ante riesgos fue analizada entre 323 ciudades con base

en el IVS. Los resultados proporcionarán información útil para que los responsables de políticas públicas formulen planes de gestión de desastres.

Para la construcción del presente índice de vulnerabilidad social, se utilizaron un total de 20 indicadores, para el caso de Cozumel, provienen del INEGI y CONABIO, así como datos de la Oficina Central de Estadísticas, TauDEM y Ministerio de Agricultura para el caso de St. George. Los indicadores seleccionados después de un proceso de discriminación fueron los siguientes:

Tabla 15 Resumen del contenido del índice de vulnerabilidad social

Dimensión	Subdimensión	Variable	Indicador
Social	Población	Ubicación	Población total
			Población de 0 a 2 años
			Población de 60 años y más
			Población con discapacidad para caminar, subir o bajar
			Población con limitación para caminar, subir o bajar
	Educación	Ubicación	Población de 15 años y más analfabeta
	Seguro Medido	Ubicación	Población afiliada a servicios de salud
	Demográficos	Ubicación	Población femenina
			Población femenina de 12 años y más económicamente activa
			Hogares censales con persona de referencia mujer
			Población en hogares censales con persona de referencia mujer
Territorial	Equipamiento	Ubicación de la vivienda	Total de viviendas
		Densidad de vivienda	Total de viviendas habitadas

Económica	Equipamiento	Disponibilidad de información	Viviendas particulares que disponen de radio/ TV Satélite Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor Viviendas particulares habitadas que disponen de línea telefónica fija Viviendas particulares habitadas que disponen de telefónico celular
		Distribución económica	Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo) Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua Viviendas particulares habitadas con piso de tierra o vivienda improvisados

Fuente: Elaboración propia

Se empleó el software SPSS para la estratificación de la información mediante el método *Dalenius Hodges*, definiendo las categorías de la vulnerabilidad social para los casos de Cozumel y St. George Granada. El análisis factorial prueba que el modelo es pertinente porque está por encima de 90% en su varianza total explicada, por lo tanto, es pertinente.

Además, para la construcción del índice, se utilizaron los coeficientes, los cuales ya han sido estandarizados, evaluando la significancia de cada variable para garantizar la representatividad y generalización de los resultados. Covarianza acumulativa que está respondiendo al fenómeno explicando que es mayor de 85%. Según Hair *et al.* (2019), cuando la covarianza acumulada (o varianza explicada) supera el 85%, el modelo demuestra una fuerte capacidad explicativa. Los siguiente es el resultado de *Cozumel México* y los coeficientes y el comportamiento estandarizado correspondientes.

Total Variance Explained							
	Component	Total	Initial Eigenvalues ^a		Extraction Sums of Squared Loadings		
			% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
Raw	1	17.174	90.390	90.390	17.174	90.390	90.390
	2	.683	3.595	93.985			
	3	.516	2.715	96.700			
	4	.284	1.497	98.197			
	5	.109	.573	98.770			
	6	.079	.415	99.185			
	7	.069	.365	99.550			
	8	.041	.214	99.765			
	9	.014	.075	99.839			
	10	.011	.060	99.899			
	11	.009	.047	99.946			
	12	.006	.031	99.977			
	13	.003	.015	99.992			
	14	.001	.003	99.995			
	15	.000	.002	99.997			
	16	.000	.001	99.998			
	17	.000	.001	99.999			
	18	.000	.001	100.000			
	19	8.221E-6	4.327E-5	100.000			

Ilustración 77 Varianza total explicada para Cozumel
Fuente: Elaboración propia con apoyo de la Dra. S. Calva

La tabla de covarianza acumulativa refleja el fenómeno analizado con un nivel de explicación superior al 85%. En este contexto, se observa que el 96.7% de las variables responden de manera significativa al fenómeno, lo que indica un alto grado de correspondencia. Sin embargo, cuando las variables presentan valores inferiores al 80%, significa que no contribuyen al fenómeno, lo que implica su falta de representatividad en el análisis. En los casos en que una variable no sea representativa, es necesario eliminar aquellas con valores negativos y ajustar el modelo para mejorar su precisión.

El siguiente es el resultado de *St. George, Granada* y los coeficientes y el comportamiento estandarizado correspondientes.

Total Variance Explained

Component	Total	Initial Eigenvalues		Extraction Sums of Squared Loadings		
		% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	17.712	88.558	88.558	17.712	88.558	88.558
2	1.081	5.403	93.961			
3	.889	4.447	98.408			
4	.174	.869	99.277			
5	.039	.196	99.473			
6	.034	.169	99.643			
7	.028	.139	99.781			
8	.018	.090	99.872			
9	.009	.047	99.918			
10	.006	.028	99.946			
11	.004	.022	99.968			
12	.003	.015	99.983			
13	.002	.009	99.993			
14	.001	.003	99.996			
15	.000	.002	99.998			
16	.000	.001	99.999			
17	.000	.001	100.000			
18	1.820E-5	9.099E-5	100.000			
19	5.893E-6	2.947E-5	100.000			
20	3.627E-7	1.813E-6	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Ilustración 78 Varianza total explicada para St. George's
Fuente: Elaboración propia

La tabla de covarianza acumulativa refleja el fenómeno analizado con un nivel de explicación superior al 85% y demuestra una fuerte capacidad explicativa según (Hair *et al.*, 2019).

En este contexto, se observa que el 98.4% de las variables responden de manera significativa al fenómeno, lo que indica un alto grado de correspondencia. Sin embargo, cuando las variables presentan valores inferiores al 80%, significa que no contribuyen al fenómeno, lo que implica su falta de representatividad en el análisis. En los casos en que una variable no sea representativa, es necesario eliminar aquellas con valores negativos y ajustar el modelo para mejorar su precisión.

Los coeficientes permiten comprender el comportamiento estandarizado de cada variable, identificando aquellas con mayor representatividad y su grado de influencia dentro del conjunto de datos. Se utilizan coeficientes previamente estandarizados para evaluar la significancia de cada variable, garantizando la representatividad y la generalización de los resultados obtenidos

Component Score Coefficient Matrix^a	
	Component 1
Zscore(POBTOT)	.058
Zscore(POBFEM)	.058
Zscore(P_OA2)	.056
Zscore(P_60YMAS_M)	.053
Zscore(P15YM_AN)	.052
Zscore(PEA_F)	.057
Zscore(PDER_SS)	.058
Zscore(PCDISC_MOT)	.053
Zscore(PCLIM_CSB)	.054
Zscore(PHOGJEF_F)	.057
Zscore(HOGJEF_F)	.057
Zscore(VIVTOT)	.057
Zscore(TVIVHAB)	.058
Zscore(VPH_PISOTI)	.038
Zscore(VPH_RADIO)	.057
Zscore(VPH_TV)	.058
Zscore(VPH_TELEF)	.054
Zscore(VPH_CEL)	.058
Zscore(VPH_DSADMA)	.058
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. Component Scores. a. Coefficients are standardized.	

Ilustración 79 Valor del componente Cozumel
Fuente: Elaboración propia con Dra. S. Calva

Los coeficientes explican el comportamiento estandarizado de cada variable, permitiendo identificar aquellas con mayor representatividad y el grado de explicación que aportan al conjunto de variables. Los coeficientes más altos tienen mayor pertinencia, mientras que los valores negativos no responden al fenómeno analizado.

El valor más alto, 0.58, se deriva de variables como la población total, la población femenina, la población afiliada a servicios de salud, el total de viviendas habitadas, las viviendas

particulares habitadas que disponen de televisor, las viviendas particulares habitadas que cuentan con teléfono celular y las viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua.

Por otro lado, el valor más bajo corresponde a las viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo). Sin embargo, este no es un valor significativo, ya que ninguna vivienda en Cozumel tiene letrina, por lo que fue necesario eliminarlo y volver a correr el modelo. En este análisis, todas las variables están correlacionadas y determinan el coeficiente del análisis multivariable, aportando pertinencia según el porcentaje de correspondencia con el fenómeno estudiado.

Component Score Coefficient Matrix	
	Component 1
Zscore(POBTOT)	.056
Zscore(POB_FEM)	.053
Zscore(P_0A4)	.055
Zscore(P_60yMAS)	.056
Zscore(P15YM_AN)	.055
Zscore(PEA_F)	.056
Zscore: PDER_SS	.056
Zscore: PCDISC_MOT	.048
Zscore: PCLIM_CSB	.049
Zscore(PHOGJEF_F)	.056
Zscore(HOGJEF_F)	.056
Zscore(VIVTOT)	.056
Zscore(TVIVHAB)	.056
Zscore(VPH_LETR)	.046
Zscore(VPH_IN)	-.003
Zscore: VPH_TV/SAT	.056
Zscore(VPH_TV)	.056
Zscore: VPH_TELEF	.055
Zscore(VPH_CEL)	.056
Zscore: VPH_DSADMA	.056
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. Component Scores.	

Ilustración 80 Valor del componente St. George
Fuente: Elaboración propia con Dra. S. Calva

Los coeficientes explican el comportamiento estandarizado de cada una de las 20 variables, permitiendo identificar aquellas con mayor representatividad y su grado de contribución al conjunto de variables analizadas.

El valor más alto, 0.56, se relaciona con variables como la población total, la población de 60 años y más, la población femenina de 12 años y más económicamente activa, la población afiliada a servicios de salud, los hogares censales con persona de referencia mujer, la población en hogares censales con persona de referencia mujer, el total de viviendas, el total de viviendas habitadas, las viviendas particulares habitadas que disponen de TV satelital, las viviendas particulares habitadas que cuentan con televisor, las viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular y las viviendas particulares que cuentan con drenaje y sanitario con admisión de agua.

Por otro lado, el valor más bajo corresponde a las viviendas improvisadas, con -.003. Tanto en St. George como en Cozumel, todas las variables están correlacionadas y determinan el coeficiente del análisis multivariable, aportando pertinencia según el porcentaje de correspondencia con el fenómeno estudiado.

5.1 Cozumel, México

Los resultados obtenidos se visualizan a través del mapa de índice de vulnerabilidad de San Miguel de Cozumel presentado a continuación. Este mapa es un instrumento importante para identificar las áreas críticas de inundaciones costeras en términos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa frente a riesgos hidrometeorológicos.

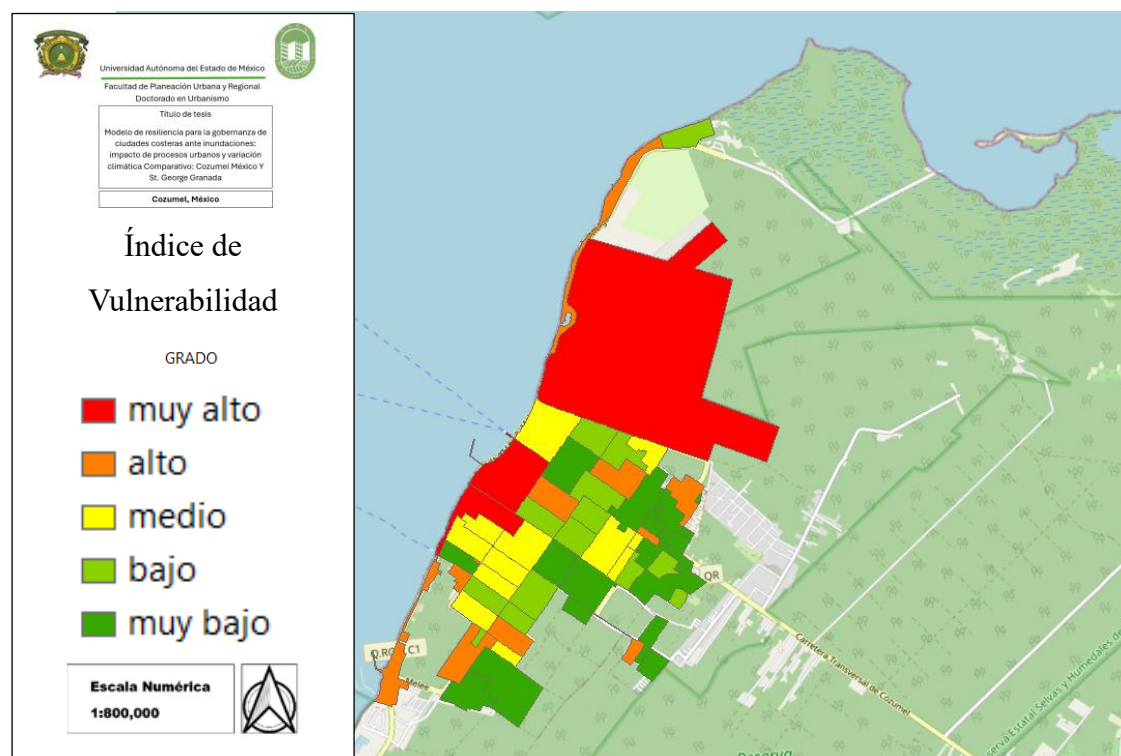


Ilustración 81 Índice de vulnerabilidad ante inundaciones San Miguel de Cozumel
Fuente: Elaboración propia con apoyo de Dra. S. Calva

El índice de vulnerabilidad social se procede a clasificarlo con el método del anuncio hecho para definir las cinco categorías o estratos de que se distribuyen desde muy alto, alto, medio alto, medio bajo y muy bajo. Se evidencia que las poblaciones más vulnerables se agrupan en áreas específicas mientras que otras menos vulnerables se ubican en otras zonas. En particular se esta observado que en la costa se encuentran los más vulnerables, mientras que las AGEB más en la periferia se encuentran menos vulnerables.

Esto puede ser atribuido por las tendencias turísticas de la isla y la infraestructura comercial acerca del mar. Este fenómeno está relacionado con la presencia de asentamientos informales, otros pequeños negocios y la insuficiencia de infraestructura básica (drenaje), que los hace más susceptibles a riesgos de inundaciones. El uso del software QGIS permite visualizar la distribución espacial de la vulnerabilidad social.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas en Cozumel, basadas en trabajo de campo con actores clave, y se pueden identificar varios factores que contribuyen a los desafíos de inundación en la isla. Estos incluyen la invasión de terrenos y los asentamientos informales, la falta de

infraestructura suficiente, como problemas de drenaje, el impacto ambiental, la exposición a inundaciones, la vulnerabilidad insular y la planificación urbana limitada, así como la falta de inclusión en el desarrollo urbano.

A continuación, se presentan extractos de comunicaciones personales con actores clave, recopilados durante la investigación de campo.

Jefe de la subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel mencionó *"En Cozumel tenemos la problemática de la invasión de terrenos. Esto se intensificó después de la pandemia, cuando muchos perdieron sus trabajos y sus ingresos. Para continuar en la isla, algunas personas optaron por invadir terrenos o casas deshabitadas.*

Esto generó irregularidades tanto a nivel catastral, que es el encargado de administrar los territorios de vivienda, como problemáticas en el uso de materiales de construcción. Aquí conocemos estas viviendas como 'casas endebles', hechas a base de cartón, lámina, madera, tela o incluso bolsas de plástico.

En algunos casos, estas casas albergan familias completas. En otros, donde no hay familias, suelen ser ocupadas por personas en situación de adicción, quienes, al encontrarse en estado de indigencia, optan por ocupar lotes baldíos, patios o parques. Como tal, no tienen una vivienda, pero sí un espacio donde acomodan sus pertenencias" (jefe de la subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel, comunicación personal, mayo 27, 2025).

El jefe de tratamiento de aguas residuales Cozumel expresó *"Los asentamientos irregulares surgen por la falta de infraestructura de tipo doméstico. No existe, por decirlo así, un plan adecuado para personas que no tienen un hogar donde vivir y se ven en la necesidad de asentarse en lugares no urbanizados. Esto conlleva una serie de factores, como la contaminación del manto acuífero, la tala de árboles y la destrucción del medio ambiente y los ecosistemas"* (jefe de tratamiento de aguas residuales, comunicación personal, mayo 21, 2025).

Jefe de Desarrollo Urbano *"El primer factor es que, entre los años 90 y 2000, no se promovió la construcción de viviendas. No había viviendas dentro del PDU, ni programas de acceso a créditos, como FOVISSSTE o INFONAVIT.*

Entonces, la población no tenía acceso a ese tipo de vivienda construida y optaba por asentarse en el área ejidal. El precio del metro cuadrado era de 4.5 pesos, y los ejidatarios también participaron en este proceso. Empezaron a vender sus tierras comunales, y así surgió un asentamiento irregular muy grande, que incluye Las Fincas, Los Ranchitos, Mateo 4.5, Carboneros, San Fernando y varios más, ubicados

cerca de la transversalidad" (jefe de Desarrollo Urbano, comunicación personal, 23 de mayo de 2025).

Exdirector y miembro del club rotario desde hace 38 años mencionó *"La primera vulnerabilidad es su condición insular, que depende del abasto y de muchos servicios provenientes del continente. No tenemos una ley insular, lo cual nos pone en desventaja en el desarrollo con el resto del país. Otra vulnerabilidad que nos ha afectado muchísimo, por obvias razones, es la exposición endeble ante los grandes fenómenos naturales, como los huracanes, tormentas y lluvias prolongadas. La alternancia entre sequías y lluvias prolongadas es un problema muy serio, tanto cuando escasea el agua como cuando abunda."* (Exdirector Club Rotario, comunicación personal, mayo 30, 2025).

Profesor UQROO Campus Chetumal afirmó *"Vulnerabilidad la entiendo como la condición que tiene la sociedad, el ambiente y las instituciones respecto a hacer frente a una amenaza. Puede ser de carácter hidrometeorológico o antrópico, por mencionar algún ejemplo."* En cuanto a medidas se toman en torno a lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles respondió *"Podré estar, que me sale en heridas estructurales, medidas no estructurales. Si me preguntas de manera general, porque pues son diferentes entes, por así decirlo"* (Profesor UQROO Campus Chetumal, comunicación personal, mayo 30, 2025).

Sobre las medidas que toman en torno a lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, residentes y sostenible Profesor UQROO Campus Cozumel expresó *"Pues depende, no depende. O sea, dicho que podrían ser participativas, ¿no? O sea, acciones que sean planeadas en conjunto, desde la arena de los tomadores de decisiones, en conjunto también con la población, ¿no? En este sentido, también puede ser detectar a esta población afectada. Sí, puede también expresar sus condiciones. No sé qué acciones se puedan llevar a cabo en conjunto"* (Profesor UQROO Campus Cozumel, comunicación personal, mayo 29, 2025).

Empresaria y líder de la comunidad mencionó *"no me parece que hayan más inundaciones. Quizá al taparse los drenajes con basura"* (Empresaria y líder de la comunidad, comunicación personal, mayo 22, 2025).

Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad afirmó que *"el desarrollo urbano, que a lo mejor la pavimentación podría ser en zonas donde antes se absorbía el agua y que ahora, pues, ya*

se hizo cemento, y eso, pues, evita que el agua se filtre. Las construcciones mal planeadas y el drenaje también pueden ser otro factor" (Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad, comunicación personal, mayo 28, 2025).

Las perspectivas de los actores sociales en Cozumel, México son esenciales para comprender las dinámicas de vulnerabilidad ante las inundaciones en las áreas propensas a este fenómeno. Sus opiniones reflejan su conocimiento sobre los problemas locales que pueden exacerbar el fenómeno. La combinación de su conocimiento y experiencia proporciona la base para la creación de un modelo de resiliencia ante inundaciones que aborde las prácticas humanas y las características geográficas de Cozumel.

5.2 St. George, Granada

Los resultados obtenidos se visualizan a través del mapa de índice de vulnerabilidad de la Ciudad de St. George Granada presentado a continuación. Este mapa es un instrumento importante para identificar las áreas críticas de inundaciones costeras en términos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa frente a riesgos hidrometeorológicos.

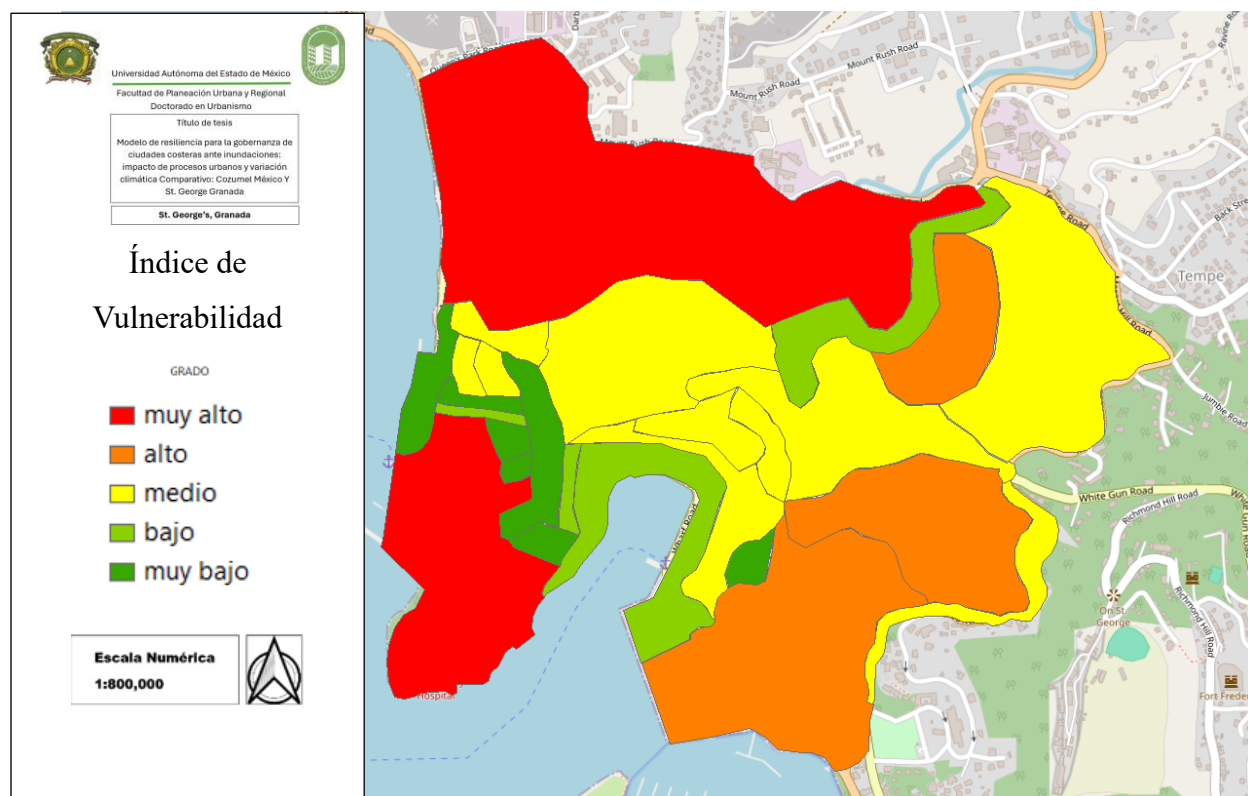


Ilustración 82 Índice de vulnerabilidad St. George's
Fuente: Elaboración propia

En el caso de St. George, Granada, el índice de vulnerabilidad social se procede a clasificarlo con el método del anuncio hecho para definir las cinco categorías o estratos de que se distribuyen desde muy alto, alto, medio alto, medio bajo y muy bajo. Esto permitió precisar a partir del uso del software QGIS la distribución espacial de la vulnerabilidad social. Es evidente que se agrupan las poblaciones más vulnerables y las menos vulnerables. En la costa se encuentran los más vulnerables donde hay infraestructura básica, negocios de todo tipo y asentamientos informales. En particular esta observado que en la costa se encuentran los más vulnerables, simultáneamente las localidades más prósperas se encuentran en el centro de la ciudad de St. George y alado del mar.

Adicionalmente, aunque en la entrada del mar (El Carenage) se encuentra equipamiento, no se representa una vulnerabilidad social muy alta porque las casi se encuentra viviendas ahí. Se realizaron entrevistas semiestructuradas en St. George que aportan evidencia contundente para respaldar las conclusiones obtenidas en el índice de vulnerabilidad. Estas entrevistas ofrecen

perspectivas cualitativas que están en línea con los patrones identificados mediante el análisis cuantitativo, lo que enriquece la comprensión general de los factores que contribuyen a la vulnerabilidad en la zona.

Derivado del trabajo de campo y las entrevistas con los actores, se puede identificar que existe diversos factores contribuyen a los desafíos que enfrenta St. George's que facilita las inundaciones, Incluyen factores de cambio climático, ubicación, infraestructura, prácticas sociales, aspectos ambientales y la urbanización.

A continuación, se presentan fragmentos de comunicaciones personales con actores clave, que fueron obtenidos durante el desarrollo de la investigación de campo:

Presidenta de la Cruz Roja afirmó que *“la construcción, en términos de infraestructura física y problemas de drenaje, y luego está el camino natural. Hay partes del entorno donde no se ha hecho nada, pero es natural que ese lugar se inunde. Según evidencia histórica, como la conocemos. Hemos crecido como niños sabiendo que se inunda, sigue inundándose y no sabemos por qué. Nunca lo hemos cuestionado; simplemente sabemos que se inundará. Y luego, por supuesto, tienes la urbanización en áreas planas donde las personas se mudan. Se reubican en áreas propensas a inundaciones”* (Presidenta de la Cruz Roja, comunicación personal, 20 de enero de 2025).

Capitán de la Universidad de St. George (SGU) relacionó que *“lo que generalmente causa inundaciones son los desagües obstruidos o las alcantarillas bloqueadas. Había algunos pantanos en la zona; esos lugares han sido rellenados y ahora tienen grandes edificios. Estamos por debajo del nivel del mar, por lo que las mareas altas pueden permitir la entrada de agua, pero tenemos buenas capacidades de drenaje, así que cada vez que el agua sube, se retira rápidamente.”* (Capitán DPS, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Vicedirector T. A. Marryshow Community College (TAMCC), atestiguó que *“debido a la naturaleza de Granada y otras pequeñas islas, hay altos niveles de vulnerabilidad simplemente por su propia naturaleza... Una mala planificación y los permisos para construir en áreas altamente vulnerables son uno de los factores clave que causan estos desafíos físicos”* (Vicedirector TAMCC, comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Director de la Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA, signo en inglés)

afirmó que “los cambios en el uso de suelo y la aplicación de regulaciones reducirán la vulnerabilidad, porque obligarán a las personas a tomar medidas que disminuirán su riesgo”. *Entonces, las personas que construyen cerca del río tendrán que mudarse de allí, y las que construyen en la costa tendrán que tomar ciertas acciones*” (Director NaDMA, comunicación personal, 26 de enero de 2025)

Jefe Técnico Oficial de Desarrollo de Infraestructura (CTO, signo en inglés) , mencionó

que “supongo que desde que los amerindios estuvieron aquí, es algo cultural en el sentido de que cuando las personas se asentaron por primera vez en Granada, debido al terreno montañoso, fue más simple para ellos asentarse donde estaba la tierra plana, lo que simplemente resultó estar en la llanura de inundación o la zona costera para la pesca, el comercio, el tránsito, etcétera. Incluso en tiempos más modernos, ese es el lugar más fácil para construir, ya que no hay árboles para talar” (CTO de Desarrollo de Infraestructura, comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Gerente de Operaciones del Hotel Coyaba, confirmó que “debido a nuestra ubicación, la mayor parte del suelo está por debajo del nivel del mar porque la mayoría de ella habría sido rellenada. Si cavas unos 5 pies, encontrarías agua de mar incluso hasta áreas tan lejanas como Morne Rouge, en ciertos puntos del suelo. Entonces, en términos de vulnerabilidad, somos vulnerables porque estamos en un área propensa a inundaciones. Por lo tanto, si hay una subida del nivel del mar, un tsunami o huracán, nos inundaremos. Las fuertes lluvias son el resultado del mal drenaje en el área y del agua de escorrentía de la mayoría de los edificios comerciales y residenciales. Estamos en un valle cerca del mar, por lo que, por supuesto, somos propensos a las inundaciones” (Gerente de Operaciones Hotel Coyaba, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Gerente de Operaciones del Supermercado Real Value, refiere que “la infraestructura, principalmente porque cuando se construyó el sistema de drenaje originalmente, no se tuvo en cuenta la lluvia intensa y el aumento de edificios que estamos teniendo. Hace 35 años, todos esos edificios no existían. En realidad, todo aquí era un pantano, así que, a medida que desarrollamos el sistema de alcantarillado y drenaje mientras ocupábamos los desechos de todos los hoteles, el centro comercial ha bloqueado algunas salidas que deberían ir al océano. También creo que las tuberías deben ser más grandes, lo que significaría que en algún momento tendríamos que rehacer toda la estructura. Por eso, cuando ves que llueve, el agua automáticamente sube aquí porque lo que está pasando es que se acumula mucha agua pero no tiene a dónde ir. De alguna manera, somos como un pequeño valle, por lo que toda la escorrentía de las montañas viene

directamente a esta pequeña cuenca aquí. El agua llega, pero no tiene a dónde ir cuando llega” (Gerente de Operaciones del Supermercado Real Value, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Los resultados obtenidos de los actores a través del mapa de índice de vulnerabilidad en St. George, Granada son esenciales para comprender las dinámicas de inundaciones en las áreas propensas a este fenómeno. Este mapa es un instrumento importante para identificar las áreas críticas de inundaciones costeras en términos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa frente a riesgos hidrometeorológicos de St. George. Adicionalmente, estas prospectivas ayuda proporciona la base para la creación de un modelo de resiliencia ante inundaciones en ciudades costeras.

6. Análisis de la gobernanza urbana frente a inundaciones

Para resolver eficazmente las inundaciones, es esencial la colaboración entre urbanistas, ingenieros, ambientalistas, arquitectos y responsables de la formulación de políticas. Sin embargo, para que esta colaboración se materialice, se requiere una estructura de gobernanza urbana sólida, ya que estos actores sociales a menudo operan de manera independiente, cada uno centrándose en sus propias responsabilidades. Este enfoque puede obstaculizar el desarrollo de estrategias cohesivas para combatir las inundaciones. Por lo tanto, es crucial que el estado asuma un papel de liderazgo en la identificación y coordinación de las partes interesadas para garantizar un enfoque unificado y efectivo en lugar de uno fragmentado, fomentando la comunicación y la cooperación para un enfoque unificado.

Para abordar eficazmente las inundaciones, la gobernanza urbana es fundamental, por lo que el estado debe asegurarse activamente de que los recursos se asignen de manera efectiva para empoderar a las partes interesadas y mitigar posibles conflictos, ya que los recursos adecuados son importantes para la planificación, los proyectos y la implementación de programas. Además, es necesario el desarrollo de políticas que promuevan la resiliencia a largo plazo frente a las inundaciones mediante el establecimiento de roles y responsabilidades claros para las partes interesadas.

6.1 Cozumel, México

6.1.1 Definición de los actores

Los actores clave de las inundaciones en Cozumel cumplen roles fundamentales que impulsan el desarrollo y generan impacto en distintas áreas que están afectadas. Entre estos actores destacan:

- Dependencias públicas a nivel federal: SEMARNAT, CONAGUA, Centro Nacional de Prevención de Desastres.

- Dependencias públicas a nivel estatal: Quintana Roo, Agua Quintana Roo y Protección civil Quintana Roo.
- Dependencias públicas a nivel local: Ayuntamiento Cozumel, Organismo operador de la CAPA en el de agua en Cozumel, Protección Civil Cozumel, Desarrollo de Obras Públicas, Desarrollo Ecología, Residuos Sólidos Urbanos, Desarrollo Urbano.
- Organizaciones de la sociedad civil (OSC): Cruz Roja Mexicana, Alianza Zurich y la IFRC (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Medialuna Roja), Club Rotario, Oxfam México y World Vision México.
- Universidades y centros de investigación: La Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, Universidad del Caribe y Universidad Tecnológica de la Riviera Maya.
- El sector empresarial: La Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX), Asociación de Hoteles de Cozumel, Grand Park Royal Luxury Resort, Seguros Monterrey New York Life, Melia Cozumel y Grupo Modelo México.

Cada uno de los actores contribuye desde su ámbito a la construcción de soluciones y avances en beneficio de los problemas ambientales. A continuación, se presenta la definición y relevancia de cada uno de estos actores.

Tabla 16. Identificación de actores clave de las inundaciones en Cozumel

Sector	Actor	Objetivo	Incidencia
Funcionarios públicos <i>federales</i>		Incorpora en todas las esferas de la función pública y de la sociedad, los criterios para garantizar la efectiva conservación, protección y aprovechamiento de los recursos naturales de la república, que se concentre en una política ambiental incluyente e integral que logre el desarrollo sostenible (SEMANART, 2025)	Regula el uso del agua para evitar su sobreexplotación, lo que es clave en la gestión de inundaciones. Establece normativas de uso de suelo para prevenir deforestación y minimizar el impacto de fenómenos climáticos. Promueve la innovación e investigación ambiental colaborando con instituciones académicas e industriales. Impulsa tecnologías y

			prácticas sostenibles que fortalecen la resiliencia ante las inundaciones. Contribuye a mejorar la salud pública y el bienestar ambiental mediante políticas que equilibran el desarrollo y la conservación.
		“El objetivo de recolectar la información cartográfica (mapas), ambiental y estadística de los ecosistemas de humedal, para su mejor aprovechamiento y preservación ya que, además de ser hábitat de una gran variedad de especies de fauna y flora, son de gran importancia para el bienestar de las comunidades humanas” (CONAGUA, 2017)	Prevención de inundaciones mediante obras de infraestructura. Zonificación y ordenamiento territorial para evitar asentamientos en zonas de riesgo. Monitoreo hidrometeorológico y sistemas de alerta temprana actualizados con tecnología de punta. Lidera la Agenda del Agua 2030, enfocada en inversiones, regulación y financiamiento de proyectos hídricos. Promueve la gestión de cuencas con acciones de restauración ecológica. Otorga permisos y licencias relacionados con el uso del agua y el desarrollo urbano.
		Estudian, desarrollan, aplican y coordinan tecnologías para prevenir y mitigar desastres, promueven la capacitación técnica y profesional sobre la materia y apoyan la difusión de actividades de preparación y autoprotección de la población local ante la contingencia de un desastre (CENAPRED, 2025)	Brinda apoyo técnico al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Realiza investigaciones y monitoreo para mitigar los efectos de inundaciones. Promueve la cultura de protección civil a través de campañas de concienciación pública y educación. Participa en

			la planificación territorial, integrando datos sociodemográficos y tecnologías avanzadas. Fomenta el desarrollo sostenible, la gestión ambiental y la reducción de vulnerabilidades sociales. Esencial en la generación de conocimiento técnico para la toma de decisiones en todos los niveles de gobierno.
Funcionarios públicos estatales		“Incorporar en todos los ámbitos de la sociedad los criterios e instrumentos que aseguren una cultura ecológica que anteponga el cuidado del entorno y la preservación ambiental, en la toma de decisiones para incentivar y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, consolidando un Quintana Roo verde, impulsando nuevas formas de participación que alienten al ciudadano de manera individual y en grupos organizados a intervenir en la formulación y ejecución de las políticas públicas ambientales, así como fortalecer la gestión pública ambiental en el estado, considerando de manera transversal la variable de cambio climático, con sus aspectos de mitigación y adaptación” (SEMA, 2025).	Formula e implementa el Programa Sectorial de Ecología y Medio Ambiente con acciones a corto, mediano y largo plazo. Promueve la participación ciudadana en políticas ambientales. Incorpora criterios de mitigación y adaptación al cambio climático en las decisiones públicas. Evalúa y monitorea el inventario estatal de gases de efecto invernadero. Implementa proyectos de captura de carbono y estrategias de desarrollo limpio. Asegura financiamiento y asistencia técnica para iniciativas climáticas. Reduce la vulnerabilidad frente a inundaciones a través de la Visión 10-20-40 de gestión sostenible y equitativa. Coordina acciones con municipios y organismos internacionales para la resiliencia ante el cambio climático, especialmente frente a inundaciones y deforestación.

		Aspirar a ser el organismo público líder en México en la operación de los servicios de agua potable, saneamiento y drenaje en la gestión de los recursos hídricos mediante la prestación de servicios de agua potable, saneamiento y drenaje de manera sustentable, equitativa, competitiva, con alta cantidad y calidad (CAPA, 2025).	Transformo la infraestructura hídrica, colabora con municipios para el drenaje pluvial, aplicando medidas de mitigación ante inundaciones. Financia diversos proyectos para abordar las inundaciones a través del Programa de Protección a Centros de Población.
		El objetivo primordial es la protección de la integridad física y mental así como la salud de las personas afectadas negativamente por desastres (naturales o antropogénicos), y dirigidas principalmente a las comunidades e personas más vulnerables (CEOPROC (2025)).	Monitorea ciclones y huracanes, preparando refugios y coordinando esfuerzos con diversas dependencias. Ofrece capacitaciones sobre planes de emergencia familiares y sistemas de alerta temprana (SIAT) y hace reglamentos internos y normativas específicas sobre seguridad en emergencias. Hace colaboración interinstitucional con diversas entidades como la SEMAR, SEDENA y las direcciones municipales de Protección Civil.
Funcionarios públicos municipales		Diseñar programas y estrategias que promuevan el humanismo, la justicia social y la prosperidad encaminados a construir el Cozumel deseado mediante la creación de infraestructura crítica que no comprometa el medio ambiente y atienda las necesidades de los habitantes, garantizando condiciones de vida dignas y oportunidades para todos.(Cozumel Ayuntamiento, 2024).	Evaluó del desempeño de programas presupuestarios en 2020, utilizando indicadores estratégicos y de gestión. Aplicación de regulaciones nacionales para garantizar transparencia en la administración de recursos públicos. Implementación de estrategias de

			gasto eficiente según la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
		Gestionar eficazmente los recursos hídricos mediante la dotación de agua potable, saneamiento y drenaje a los habitantes del Estado de Quintana Roo con sustentabilidad, equidad, calidad y cantidad, y competitividad, siendo el mejor organismo público de agua potable, saneamiento y drenaje. (CAPA, 2021).	Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "San Miguelito, expansión de capacidad de la PTAR y hace mejoras en el cárcamo de aguas residuales incluyendo mantenimiento y modernización de bombas y equipos eléctricos.
		Órgano social participativo y consultivo encargado de planear, ejecutar y coordinar las acciones de los sectores Público, Privado y Social en materia de atención, prevención y recuperación de los habitantes del municipio de Cozumel ante los riesgos y peligros que puedan presentarse durante un desastre (Reglamento del Sistema Municipal de protección Civil del Municipio de Cozumel 1998).	Supervisa y verifica la información crítica durante situaciones de riesgo. Ejecuta evacuaciones, rescates y gestiona refugios temporales colaborando con voluntarios capacitados. Trabaja con el Gobierno del Estado estableciendo refugios con capacidad para más de 2,000 personas.
	 Desarrollo de obras publicas Cozumel	Supervisar el 100% de las obras públicas del municipio mediante auditorías sociales para el año 2027, garantizando que la infraestructura desarrollada sea sostenible, resiliente al clima y responda a las necesidades prioritarias de la población, especialmente en zonas con rezago social (PMD, 2024).	La mejora de la calidad de vida de los habitantes de Cozumel, al facilitar el acceso equitativo a servicios básicos como agua potable, drenaje, electricidad, educación y salud. Otras obras incluyen pavimentado y el drenaje sanitario además desarrollo de

			infraestructura más sostenible y resiliente al clima.
	 ECOLOGÍA 2024 - 2027 Cozumel	La protección de los recursos naturales de Cozumel mediante la restauración y conservación de los ecosistemas marinos y terrestres, salvaguardando al mismo tiempo un medio ambiente sano y equilibrado para las generaciones futuras (PMD, 2024).	La prevención y mitigación de inundaciones al conservar ecosistemas clave como los manglares y las praderas marinas. La protección, conservación de ecosistemas, reforestación en zonas degradadas y la restauración de arrecifes. Además, al fomentar prácticas sostenibles en el turismo y la economía local, fortaleciendo su capacidad de adaptación al cambio climático.
	 Residuos Solidos Cozumel	La implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos que priorice el reciclaje, la reducción y la reutilización de materiales, promoviendo al mismo tiempo un espíritu de responsabilidad comunitaria y creando un sistema económico sostenible y basado en la economía circular (PMD, 2024).	Prevención de riesgos ambientales mediante reducción de obstrucciones de drenaje por acumulación de residuos sólidos. Educación y participación ciudadana, para separar residuos. La creación de una planta de reciclaje y sitios de recolección designados. Creación de comités de supervisión para asegurar el cumplimiento de las metas y la transparencia en la gestión.

		Regular y supervisar el crecimiento urbano de Cozumel mediante un marco normativo sólido y una planeación territorial ordenada, que garantice construcciones seguras, sostenibles y resilientes ante riesgos como las inundaciones (PMD,2024).	Establecer requisitos técnicos y legales para las construcciones, como el uso de suelo, alineación de predios y permisos previos. Su coordinación con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) y el Programa de Desarrollo Urbano permite identificar zonas de riesgo y canalizar inversiones hacia infraestructura de drenaje. El Plan Municipal de Contingencia por Ciclones, prioriza la protección de viviendas vulnerables y vialidades críticas.
Organizaciones de la sociedad civil (OSC)		“Tienen como objetivo el preservar la salud, la vida y aliviar el sufrimiento humano de la población en situación de vulnerabilidad. Atiende a personas o comunidades afectadas por situaciones de emergencia o desastre, problemáticas de salud, enfermedades y lesiones por accidentes, así como a los fenómenos de la migración y la exclusión social. Todos los programas y servicios consideran en sus acciones internas y de acercamiento comunitario los enfoques de inclusión social y educación humanitaria” (Cruz Roja Mexicana, 2025).	Brinda asistencia médica y atiende a personas afectadas por inundaciones, enfermedades complejas y accidentes. Desarrolla programas comunitarios, implementa acciones dentro de su Visión 2030, fortaleciendo la prevención en salud y la capacidad de respuesta ante inundaciones.
		"Brindar servicio a los demás, promover la integridad y fomentar la comprensión mundial, la buena voluntad y la paz a través de nuestra comunidad de líderes empresariales, profesionales y comunitarios" (Rotary, 2025).	El proyecto “Lluvia para Beber” contribuye a la seguridad hídrica en escuelas, El Proyecto Escuela Verde, promueve la separación de residuos orgánicos, el compostaje. La reforestación con la plantación

			de árboles frutales. Opera con un enfoque integral en tres fases respuesta inmediata, asistencia a corto plazo y reconstrucción a largo plazo.
	 Alianza Zurich y la IFRC (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja)	La prevención y alivio, bajo toda circunstancia, la angustia humana; protegiendo la vida y la salud, respetando el ser humano, específicamente en tiempo de conflicto armado, violencia con armas y en distintas circunstancias de urgencia (CIRC, 2024).	Implementa proyectos comunitarios de preparación y mitigación, implementa programas de capacitación a poblaciones vulnerables, restaurar ecosistemas naturales y busca salvar vidas, reducir riesgos para la salud, y crear comunidades más seguras y preparadas.
		Un futuro igualitario en México, visibilizar, hacer evidentes y modificar las estructuras de poder que limitan el acceso igualitario de todas las personas a derechos y oportunidades (OXFAM México, 2022).	Actúa bajo siete principios de acción, que incluyen la igualdad, el feminismo, la justicia climática y el fortalecimiento de acciones locales. Documenta desigualdades en México, apoya a activistas de justicia social y responde a emergencias humanitarias fomentando territorios resilientes frente a eventos climáticos extremos.
		Voluntad de hacer posible que cada niña y niño tenga una vida en toda su plenitud...trabajando con los pobres y oprimidos, y promover la transformación humana, buscar justicia y dar testimonios de las noticias del Reino de Dios (World Vision Mexico, 2021)	Trabaja en México desde 1982, en el contexto de inundaciones lidera acciones enfocadas en protección infantil, reducción de vulnerabilidades, incidencia en políticas públicas, acceso a servicios básicos (agua,

			saneamiento, salud) y empoderamiento juvenil.
Universidad es y centros de investigación		Convertir la Universidad de Quintana Roo Campus Cozumel “en una Universidad de excelencia en México y la Cuenca del Caribe. La formación de profesionales en las áreas sociales, humanidades, ciencias básicas y tecnológicas de necesidad en el Estado y la región” (Universidad de Quintana Roo Campus Cozumel, 2024).	Cuenta con un Campus Cozumel, que integra el Centro de Investigación que ofrece programas de licenciatura, posgrado y educación continua con enfoque científico, humanístico, emprendedor y social que desarrollar un modelo educativo moderno aprobado en 2021, alineado con estándares nacionales e internacionales. Participa activamente en la gestión del conocimiento, la cultura y el patrimonio natural y científico. Promueve la participación comunitaria, escuchando las necesidades sociales y ofreciendo soluciones desde el ámbito académico. Impulsa iniciativas enfocadas en la gestión de inundaciones, especialmente desde su campus en Cozumel. Actúa como referente académico en la región del Caribe y Centroamérica, con una visión global y sostenible.
		“Impulsar, ofrecer, impartir y consolidar la educación superior en sus niveles de profesional asociado, licenciatura y posgrado, así como formular, organizar, fomentar y realizar investigación científica,	Integra los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y principios de gestión ambiental, responsabilidad social, igualdad y derechos humanos en su modelo

		humanística y tecnológica; realizar difusión cultural que contribuya a impulsar, fortalecer, diversificar y equilibrar el desarrollo regional, estatal y nacional. Cumplirá con su objeto de acuerdo con los planes nacionales y estatales de educación e investigación, de conformidad con los requerimientos sociales, económicos y ambientales del Estado y del país” (Orden Jurídico Nacional, 2016).	educativo. Participa en la gestión de inundaciones mediante enfoques basados en sostenibilidad, transparencia y rendición de cuentas. Promueve valores como la paz, tolerancia, democracia y equidad, impulsando un liderazgo ético y con responsabilidad social. Realiza investigaciones que apoyan el progreso económico, social y cultural de Quintana Roo y México, brindando soluciones a problemáticas locales.
		“Formar profesionales autónomos, promoviendo la certificación de competencias y el aprendizaje sustentado en capacidades digitales, impulsando el aprovechamiento del desarrollo y la transferencia tecnológica e innovadora” (UTRM, 2025).	Ofrece seis programas de licenciatura orientados al desarrollo tecnológico, turístico, gastronómico y administrativo con enfoque en bienestar. Desarrolla e impulsa el modelo Bilingüe, Internacional y Sustentable. Participa activamente en la concientización y preparación ante inundaciones, difundiendo recomendaciones públicas (como las de la temporada de lluvias 2024). Incorpora prácticas responsables y sostenibles. Contribuye al progreso estatal mediante alianzas y uso tecnologías alineado con las necesidades de Quintana Roo.

Sector empresarial		“Posicionar a la isla como un destino ejemplar en turismo sostenible y regenerativo, aprovechando sus recursos naturales, su riqueza cultural y su infraestructura hotelera diversa para atraer a distintos nichos de mercado, desde el turismo de aventura y naturaleza hasta bodas, convenciones y deporte” (AHC, 2025).	Tiene un enfoque en la sustentabilidad observando las acciones que los hoteles pueden tomar para una mejora continua o para mitigar el impacto que la industria tiene sobre los ecosistemas. Uso de tecnología en tiempo real, como aplicaciones que registran la ocupación hotelera.
		“Contribuir al establecimiento de condiciones que fomenten la prosperidad de todos los mexicanos, promoviendo una mayor equidad y cohesión social. Busca asegurar que las empresas crezcan, se multipliquen y cumplan con su función de generar empleo y riqueza con responsabilidad social” (COPARMEX Cozumel, 2025).	Aunque aún no se realizan simulacros, las empresas afiliadas han reconocido medidas básicas como la limpieza de drenajes, las empresas afiliadas instalan protectores en las ventanas y asegurar objetos que puedan representar un riesgo.
		Experimenta la fascinante isla de Cozumel mientras disfrutas de las excelentes instalaciones, servicios y actividades que ofrece el Grand Park Royal Cozumel con su plan todo incluido. La atmósfera inspirada en la cultura maya del Grand Park Royal Cozumel es cautivadora. Relájate en su playa exclusiva con aguas cristalinas (Grand Park Royal Cozumel, 2025).	Aporta a la economía turística de Cozumel con 342 habitaciones, ofrece actividades sustentables integrando el turismo con el cuidado del ecosistema marino. Promueve una filosofía de responsabilidad social, considerando pilares empresariales, humanos y ambientales, especialmente en el manejo de riesgos como inundaciones. Aplica acciones de sostenibilidad, como el cobro del impuesto de saneamiento ambiental, alineado con políticas

			públicas locales de preservación ecológica.
		Nuestro objetivo es mimar al cliente tanto que se sienta verdaderamente único, tanto en su habitación como en todo el resort. Se invita a los clientes a hospedarse en The Level y descubrir todo lo que les espera: atención personalizada, acceso a áreas privadas y una experiencia inolvidable que querrán repetir año tras año (Melia Cozumel, 2025).	Integra principios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ESG) en su operación. Contribuye a la atención de problemáticas locales como las inundaciones, colaborando en proyectos de interés comunitario y ambiental. Colabora activamente con ONGs para fortalecer la biodiversidad y la resiliencia ambiental en Cozumel y fomenta una cultura turística responsable, alineando sus prácticas con estándares internacionales de sostenibilidad, lo cual lo posiciona como referente en turismo ecológicamente consciente.
		Seguros Monterrey New York Life, con el propósito de proteger mejor, cuenta con un programa de integridad y cumplimiento corporativo basado en los valores de humildad, humanidad, solidez financiera, honestidad e integridad. Estos valores rigen todas las operaciones comerciales de los colaboradores y directivos (SMNYL, 2025).	Tiene una presencia activa en Cozumel, protegiendo a comunidades ante riesgos como inundaciones mediante seguros especializados. Tiene seguros como "Niños en Duelo", fortaleciendo la resiliencia infantil tras pérdidas familiares. Con más de 80 años de experiencia en México y casi 180 a nivel internacional, combina solidez financiera con compromiso social. Fomenta el bienestar integral de clientes y colaboradores a través

			de programas de responsabilidad social, atención sensible al contexto local y seguros diseñados para responder ante eventos inesperados como las inundaciones.
		Generar impactos positivos mediante pilares de consumo responsable de bebidas alcohólicas, la protección del medio ambiente y las acciones comunitarias donde viven y trabajan (Grupo Modelo, 2022).	Opera bajo principios de sustentabilidad y prácticas comerciales responsables. Tiene una fuerte política ambiental enfocada en el uso eficiente del agua, eje central para combatir el impacto de fenómenos como las inundaciones. Desde 2012 ha reducido un 25.3% el consumo de agua en sus operaciones. Colabora activamente con autoridades y voluntarios para preservar recursos naturales, fortalecer la resiliencia ambiental y apoyar el desarrollo sustentable de México.

Fuente: Elaboración propia

a) Funcionarios públicos

Funcionarios públicos federales

A nivel nacional, la *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)* es una agencia del gobierno central de los Estados Unidos Mexicanos. Establecido en 1992 (Gobierno de México, 2017b) desempeña un papel fundamental en la creación e implementación de políticas relacionadas con la protección ambiental, la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad. La agencia tiene la responsabilidad de proteger y gestionar de

manera sostenible los recursos nacionales y el medio ambiente. Sus funciones principales incluyen impactar directamente el desarrollo de políticas en diversos sectores, la gestión de recursos naturales, la evaluación de impactos ambientales y el control de la contaminación. Para garantizar que el país cumpla con sus compromisos de desarrollo sostenible, SEMARNAT se alinea con los acuerdos ambientales nacionales e internacionales. El presidente de la República nombra al titular de esta dependencia; en octubre de 2024, la presidenta de México, Claudia Sheinbaum, designó a la maestra Alicia Isabel Adrinan Barcena Ibarra (Gobierno de México, 2024) una diplomática, bióloga y académica como titular de la SEMARNAT, quien forma parte del gabinete del gobierno federal. El equipo está compuesto por profesionales en recursos naturales, ingenieros ambientales, veterinarios, biólogos y otros expertos.

En lo que respecta al impacto de las inundaciones, la SEMARNAT juega un papel clave en la gestión de los recursos hídricos, la regulación del uso de suelo y la investigación e innovación. En primer lugar, regula el uso del agua para prevenir la sobreexplotación de los recursos hídricos. En segundo lugar, establece regulaciones de uso de suelo que guían el desarrollo urbano de manera efectiva, previniendo la deforestación y la pérdida de hábitats. Finalmente, SEMARNAT apoya la investigación y la innovación en la protección ambiental y agrícola sostenible. Colabora con diversas instituciones académicas y actores industriales, y facilita el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas que impulsan la productividad al tiempo que protegen los recursos naturales. SEMARNAT mejora la salud pública y protege el medio ambiente promoviendo y regulando prácticas sostenibles que contribuyen a la resiliencia frente a inundaciones.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), establecida en 1989, es una organización vital en la gestión de los recursos hídricos en los Estados Unidos Mexicanos, incluida la isla de Cozumel. Las instituciones que precedieron incluyen la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización, la Comisión Nacional de Irrigación, la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, que se establecieron en 1917, 1926, 1946 y 1976, respectivamente Gobierno de México (2018).

Entre los objetivos y estrategias de CONAGUA se encuentra la mitigación de desastres y el desarrollo sostenible mediante la protección de infraestructura contra riesgos de inundaciones y medidas preventivas para gestionar y reducir sus impactos. Para minimizar la vulnerabilidad, se

promueve la reubicación de áreas propensas a inundaciones. La gestión de cuencas también se destaca con acciones de restauración y preservación. Igualmente, importante es el monitoreo y las alertas tempranas, fundamentales para modernizar los servicios meteorológicos y proporcionar información más confiable sobre inundaciones. La planificación del uso del suelo para fomentar el ordenamiento territorial ecológico en zonas de inundación es otro de sus objetivos y estrategias.

En 2023, Érika Ramírez Méndez asumió el cargo de directora de la Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en Quintana Roo. La organización cuenta con un equipo de expertos en campos como hidrología, ingeniería ambiental y administración pública, lo que garantiza un enfoque multidisciplinario en la gestión de los recursos hídricos en San Miguel de Cozumel. Aprueba el Plan Municipal, formulan, ratifican y administran la zonificación de planes de desarrollo urbano municipal, otorgan licencias y permisos para construcción y crean zonas de reservas ecológicas.

La Agenda del Agua 2030 identificó 16 iniciativas, entre las cuales, a nivel nacional, se incluyen el establecimiento de una autoridad nacional para garantizar un financiamiento adecuado para los proyectos de agua y una infraestructura sólida. Además, contempla la creación de un fondo nacional para gestionar aguas críticas en caso de inundaciones. A nivel regional, las medidas incluyen programas de agua a largo plazo por áreas hidrológicas, con énfasis en la prevención de inundaciones y la gestión sostenible del agua, así como un sistema de información regional centrado en mejorar la gestión de inundaciones mediante acuíferos y áreas de captación.

En relación con las inundaciones en Cozumel, CONAGUA ha tenido un impacto significativo en la gestión de inundaciones. A nivel estatal, CONAGUA trabaja en la modificación de leyes que regulan todas las inversiones, sean públicas o privadas, en infraestructura hídrica, y en la dirección de recursos hacia proyectos de mitigación de inundaciones.

Los componentes básicos de la Agenda del Agua 2030 relacionados con las inundaciones incluyen la planificación efectiva del uso del suelo, zonas de inundación libres de asentamientos humanos, y sistemas de alerta temprana y preventivos equipados con tecnología de punta. Las inversiones previstas incluyen la construcción de sistemas de drenaje pluvial (47%) y el control de inundaciones (45%). Las ya consideradas ascienden a 107 mil millones de pesos o 8.89 mil millones de dólares estadounidenses (Conagua, 2012).

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) fue establecido en 1988 tras el terremoto de 1985 (Cenapred, 1999) esta ubicada en la Ciudad de Mexico y tiene la misión de salvaguardar vidas, bienes e infraestructura mediante la gestión perpetua de políticas públicas hacia la reducción y prevención de los riesgos de desastres. La organización se proyecta como un centro innovador, científico y técnico en prevención de desastres, reconocido a nivel local y global en todos los niveles de gobierno, con el objetivo de lograr una mayor resiliencia local y un país más justo, inclusivo y seguro.

El centro es responsable de brindar apoyo técnico al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). CENAPRED está dirigido por el ingeniero mecánico Enrique Guevara Ortiz, quien se desempeña como director general y cuenta con experiencia en Protección Civil, Sistemas de Alerta Temprana y Gestión Integral de Riesgos de Desastres. El equipo de liderazgo está compuesto por profesionales en geofísica, recursos naturales, ingenieros ambientales, y otros expertos con títulos de doctorados, maestrías.

CENAPRED ha contribuido a reducir la vulnerabilidad frente a inundaciones y a aumentar la resiliencia social mediante investigaciones y monitoreos para mitigar los efectos negativos, así como la concienciación pública para una mejor preparación de la población, promoviendo la cultura de protección civil. Es esencial en la realización de investigaciones, educación, instrumentación y difusión relacionadas con inundaciones que pueden derivar en desastres mayores.

En términos generales, CENAPRED integra plenamente a los habitantes de México en su dinámica de planificación del desarrollo sostenible, las políticas sectoriales y los programas públicos más amplios. Particularmente, involucra a la población en la planificación territorial y el desarrollo a nivel nacional, estatal y local. Se pone especial énfasis en incorporar datos sociodemográficos y tecnologías avanzadas en estas estrategias de uso del suelo. Las prioridades de la entidad en relación con las inundaciones incluyen, entre otras: población y desarrollo, desarrollo humano sostenible, producción y desarrollo sostenibles, territorio y respuesta frente a condiciones de vulnerabilidad ante desastres, así como la planificación territorial y la gestión de riesgos ambientales.

Funcionarios publicos estatales

La *Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA)* de Quintana Roo fue creada el 22 de marzo de 2011 por la ley publicada en el Periódico Oficial del Estado. Como cabeza del sector, su principal objetivo es liderar y definir la política pública ambiental del estado de Quintana Roo, así como implementar el Programa Sectorial de Ecología y Medio Ambiente con sus enfoques y acciones a corto, mediano y largo plazo. Su misión incluye incorporar criterios y herramientas que garanticen que las prácticas ecológicas sean prioritarias y que la preservación ambiental se integre en la toma de decisiones en todas las áreas de la sociedad.

Fomenta la participación ciudadana en la formulación y ejecución de políticas públicas ambientales. Además, busca consolidar la gestión ambiental pública e integrar transversalmente medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Otras de sus funciones incluyen proponer la alineación de políticas públicas para la reducción de la deforestación y el aumento de la cobertura forestal en el estado. También se encarga de asegurar los recursos financieros y la asistencia técnica necesaria para las iniciativas de cambio climático, así como de implementar y coordinar estrategias de reducción de emisiones. SEMA monitorea y verifica el inventario de gases de efecto invernadero para informar a los responsables de la toma de decisiones sobre asuntos relacionados con el cambio climático y evalúa la eficacia de las estrategias aplicadas. Finalmente, la institución promueve proyectos de captura y secuestro de carbono para mecanismos de desarrollo limpio y mitigación del cambio climático. José Luis Funes Izaguirre, abogado ambientalista con más de dos décadas de experiencia en conservación y gestión ambiental, lidera esta secretaría junto a un equipo de expertos en áreas como recursos naturales, ecología, biología, ingeniería ambiental, análisis de políticas y urbanismo.

En lo que respecta al impacto en inundaciones, SEMA lideró la incorporación a la Visión 10-20-40, que forma parte de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y que plantea la gestión sostenible, equitativa y efectiva de los recursos naturales. La Dirección de Cambio Climático, parte de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo, se encarga de crear, planificar e implementar políticas públicas que inciden en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. También aplica medidas preventivas de adaptación al cambio climático para proteger a los residentes, el medio ambiente y la infraestructura. Colabora con otras entidades estatales, municipios y organizaciones internacionales para formular planes y programas dirigidos

a la reducción de emisiones provocadas por la deforestación y degradación en el estado de Quintana Roo. A través de estas iniciativas, SEMA contribuye a la reducción de la vulnerabilidad y al fortalecimiento de la resiliencia frente a inundaciones.

La *Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA)* fue establecida el 7 de octubre de 1981 en la capital de Quintana Roo, la ciudad de Chetumal. Así, se creó formalmente la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Tal como lo indica su acrónimo, CAPA es una agencia pública que administra los servicios de agua potable y alcantarillado en varios municipios de Quintana Roo, México. Opera los servicios de agua potable y alcantarillado en ocho municipios del estado: Bacalar, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Lázaro Cárdenas, Othón P. Blanco, Solidaridad y Tulum (Gobierno del Estado de Quintana Roo, CAPA, 2011).

La visión de CAPA es convertirse en la organización de agua potable, drenaje y saneamiento más destacada de México, con la misión de gestionar eficazmente los recursos hídricos y proporcionar los servicios mencionados a los habitantes del estado de Quintana Roo incluyendo Cozumel con equidad, cantidad, calidad, competitividad y sostenibilidad. La filosofía de la organización se centra en promover el bienestar y el desarrollo de los residentes de Quintana Roo. Sus valores incluyen compromiso, orgullo, responsabilidad, lealtad, honestidad, innovación, pasión, esfuerzo, trabajo en equipo, excelencia, rentabilidad y felicidad. El departamento está dirigido por Hugo Garza Sáenz, el Director General, junto con un equipo que trabaja en tareas de limpieza, rehabilitación y suministro de agua potable.

La CAPA ha tenido un impacto significativo en el estado, ya que el establecimiento de esta institución en Quintana Roo, un legado para los habitantes de la región representó un hito importante en la evolución de los servicios públicos. Esto permitió la transición de los cenotes previamente utilizados a los pozos, y de los chultunes, curvatos y tanques a las conexiones directas a los hogares, lo que brinda acceso a agua potable directamente en las viviendas de los habitantes. En cuanto a las inundaciones, la CAPA colabora con los municipios de todo el estado, quienes son responsables de la prestación de servicios de drenaje pluvial. Estos cuentan con experiencia técnica y operativa, y han implementado con éxito medidas de mitigación de inundaciones para proteger a las comunidades vulnerables. Los recursos federales, asignados a lo largo de los años a través del Programa de Protección a Centros de Población, operado y liderado por CONAGUA, han

legítimo a las autoridades ejecutar diversas iniciativas y proyectos destinados a abordar las inundaciones. Los habitantes, por su parte, han tomado medidas para disminuir las inundaciones, como elevar banquetas, construir barreras, rellenar terrenos y construir pozos de absorción. Sin embargo, los sistemas de drenaje actuales son insuficientes tanto en capacidad como en cobertura (Gobierno del Estado de Quintana Roo, CAPA, 2011).

La Coordinación Estatal de Protección Civil en el estado de Quintana Roo (COEPROC) se encuentra ubicada en el municipio de Othón P. Blanco, en la Calle Isla Cancún. El marco de COEPROC se alinea con las disposiciones constitucionales para cumplir con sus objetivos, especialmente aquellos relacionados con los derechos individuales. Estas metas se han formado a partir de las aspiraciones expresadas en las reuniones del consejo estatal sobre el tema y la reflexión sobre los enfoques preferidos para el desarrollo. Se incorporan los hallazgos del análisis diagnóstico y se alinean con los objetivos estratégicos establecidos en el plan de desarrollo urbano de Quintana Roo.

El objetivo principal es la protección individual y ambiental frente a desastres, ya sean causados por el hombre o naturales, como las inundaciones. Esto se logra mediante acciones estratégicas diseñadas para minimizar o prevenir la pérdida de vidas, la destrucción de bienes materiales y el daño ecológico, garantizando al mismo tiempo la continuidad de los servicios y funciones críticas de la sociedad. Además, se fomenta una cultura de protección civil y autoprotección, fortaleciendo el papel de la protección civil como un servicio público mediante la armonización de sus programas y acciones con los objetivos más amplios de desarrollo estatal. Guillermo Núñez Leal es el director general, quien lidera un equipo con experiencia combinada en protección civil, ciencias ambientales, administración pública y diversos campos de la ingeniería.

En cuanto a las inundaciones, COEPROC monitorea los ciclones y asegura la preparación de los refugios equipándolos con tablones y lonas. En 2023, el Yucatán Times informó que se estableció un Comité Especializado en Fenómenos Hidrometeorológicos para la temporada de huracanes de ese año. COEPROC coordina sus esfuerzos con la Secretaría de Educación de Quintana Roo (SEQ), las direcciones municipales de Protección Civil, la SEMAR, la SEDENA y la Secretaría de Seguridad Ciudadana (SSC) de Quintana Roo.

Dentro de su catálogo de capacitación, incluyen un plan de emergencia familiar con una duración aproximada de una hora, que abarca rutas de evacuación, simulacros y más. También figura en el catálogo la capacitación para la temporada de huracanes, que ofrece formación pública sobre diversas categorías de fenómenos hidrometeorológicos. Ambas capacitaciones incorporan acciones posibles a tomar antes, durante y después de un desastre, y en el caso de huracanes, un sistema de alerta temprana (SIAT).

Entre el marco jurídico de COEPROC relacionado con las inundaciones se incluyen:

- Ley de Protección Civil del Estado de Quintana Roo
- Reglamento de la Ley General de Protección Civil
- Reglamento Interior de la Coordinación Estatal de Protección Civil
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SEGOB-2015, Personas con discapacidad. Acciones de prevención y condiciones de seguridad en materia de protección civil en situación de emergencia o desastre (COEPROC, 2025).

Estas acciones contribuyen a la reducción de vulnerabilidades frente a inundaciones y al incremento de la resiliencia.

Funcionarios públicos locales

El Municipio de Cozumel tiene como objetivo servir a sus habitantes de manera rápida y eficiente, al mismo tiempo que supera las expectativas de los visitantes. Esta misión se logra mediante la inclusión de políticas públicas que enfatizan los derechos humanos, la preservación ambiental y el desarrollo económico. En última instancia, la misión se alinea con la visión de establecer un municipio distinguido, definido por la armonía, el bienestar, la equidad y la prosperidad floreciente. Además, la visión busca reconocer, proteger y mejorar la fortaleza y riqueza de su comunidad y medio ambiente natural. El Plan de Desarrollo Municipal está anclado en cinco pilares estratégicos: *Cozumel Seguro, Natural, Próspero, Activo y Justo*. El Reglamento Orgánico de la Administración Pública garantiza una estructura organizacional interna para implementar eficazmente estos pilares.

En 2025, el presidente municipal de Cozumel, José Luis Chacón Méndez, lidera un equipo de profesionales con experiencia en administración pública, gestión ambiental y planificación

urbana. Su liderazgo se enfoca en la planificación urbana, la conservación ambiental, la gestión de residuos y la implementación de políticas para abordar los desafíos locales. El Municipio colabora con diversos departamentos para mejorar la infraestructura, fomentar el desarrollo sostenible y fortalecer la preparación comunitaria ante emergencias.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como máxima autoridad legal, establece en el Artículo 134: "Los recursos económicos de los que dispongan la Federación, las entidades federativas, los municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados. Los resultados del uso de los recursos serán evaluados por los órganos técnicos establecidos, respectivamente, por la Federación y las entidades federativas, para garantizar que los recursos económicos se asignen de conformidad con lo dispuesto en el párrafo anterior" (Ayuntamiento de Cozumel, 2020).

En cuanto a las inundaciones, la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria destaca la importancia de ofrecer bienes y servicios públicos mejorados, mejorar la calidad del gasto y fomentar la rendición de cuentas para lograr un desarrollo nacional integral. Según el Ayuntamiento de Cozumel (2020), el Municipio de Cozumel, Quintana Roo realizó una evaluación del desempeño de los programas presupuestarios en 2020. Estos programas, financiados a través de recursos centrales y distritales para el Año Fiscal correspondiente, fueron evaluados con base en indicadores estratégicos y de gestión. Además, la promulgación de la Ley General de Contabilidad Gubernamental (LGCG) en 2008 estableció el Consejo Nacional de Armonización Contable (CONAC), un órgano técnico responsable de armonizar la contabilidad gubernamental y emitir disposiciones pertinentes (Ayuntamiento de Cozumel, 2020).

El *organismo operador de la CAPA* en Cozumel opera desde la isla de Cozumel e informa a los habitantes sobre la suspensión del servicio que puede derivarse de trabajos de restauración, entre otros. También recomienda a los residentes recurrir a la captación pluvial, especialmente cuando se llevan a cabo obras en la isla que afectan la disponibilidad de agua. La agencia se mantiene firme en su compromiso de restaurar el servicio de agua en Cozumel, mientras aborda las dificultades técnicas y operativas que impactan a los habitantes de la isla.

Para 2025, promueven proyectos de saneamiento y estrategias de drenaje pluvial a través de la "Agenda del Agua de la Ciudad de Cozumel". La CAPA realiza evaluaciones en la isla para identificar necesidades prioritarias de las comunidades y crear planes de acción que se integren en la gestión de recursos nacionales y estatales. Actualmente, la organización trabaja en mejorar el suministro de agua y en modernizar el colector de la Calle 30, además de explorar la posibilidad de construir una nueva planta de tratamiento en el sur de Cozumel. Estos proyectos tienen como objetivo automatizar y actualizar la infraestructura existente.

En 2024, se llevaron a cabo tres proyectos importantes en Cozumel. El Gobierno del Estado de Quintana Roo y la CAPA (2024) mencionaron:

- *Terminación de la rehabilitación y mejoramiento de los procesos de tratamiento de agua en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "San Miguelito" de Cozumel, Quintana Roo*, con recursos propios y un total de 60,532 beneficiarios.
- *Primera etapa de ampliación de la capacidad de la PTAR "San Miguelito" para pasar de 110 a 230 LPS*, mediante la construcción de un nuevo módulo de pretratamiento y un tanque reactor biológico de lodos activados con un sistema de eliminación de nutrientes, cumpliendo con la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021. Los fondos provinieron de PROSANEAR y beneficiaron a un total de 60,566 personas.
- *Rehabilitación y equipamiento del cárcamo de aguas residuales #12 (Aeropuerto) de la ciudad de Cozumel, Quintana Roo*, que incluyó el mantenimiento de dos bombas autocebantes Gorman Rupp de 100 H.P. cada una, suministro e instalación de un motor vertical de 100 H.P., mantenimiento de un motor vertical de 100 H.P., suministro e instalación de un tablero de control automático para dos bombas de 100 H.P., mantenimiento de la planta de emergencia con capacidad de 200 KW y del transformador de 225 KVA. Este proyecto fue financiado por PRODDER y benefició a un total de 35,000 personas.

Protección Civil en Cozumel se encuentra en la Avenida Licenciado Benito Juárez, San Miguel de Cozumel, México. Tiene la responsabilidad de planificar, coordinar e implementar medidas

preventivas y de recuperación ante desastres, como inundaciones, para proteger a los habitantes del municipio de Cozumel.⁷

El equipo de Protección Civil en Cozumel está liderado por el Teniente de Fragata Rafael Tenorio Pizano, junto con expertos en gestión de desastres, científicos ambientales y funcionarios de seguridad pública. Las responsabilidades de la organización también incluyen la sensibilización pública sobre la preparación para desastres y la operación de sistemas de alerta temprana para mitigar las amenazas derivadas de desastres. Los integrantes de los grupos voluntarios provienen del municipio local y están conformados por habitantes con capacidades profesionales en áreas como la medicina, ingeniería eléctrica y otras ramas de la ingeniería, enfermería, así como radioaficionados, entre otros.⁸

Las responsabilidades principales de Protección Civil Cozumel incluyen la coordinación de acciones estratégicas, la difusión de programas y planes, y la verificación de información para garantizar que se adopten las medidas necesarias. Además, capacitan a la población en la preparación para emergencias, llevan a cabo labores de evacuación y rescate, y lideran la clasificación y gestión de refugios para garantizar la seguridad de los ciudadanos durante situaciones de desastre. Protección Civil Cozumel participa activamente en todos los eventos relacionados con su ámbito de acción y asegura una comunicación efectiva mediante la divulgación de las acciones realizadas.⁹

⁷ ARTICULO 2º.- Se crea el sistema Municipal de Protección Civil como órgano de consulta y participación social para planear, coordinar y ejecutar las tareas y acciones de los Sectores Públicos, Privados y Social en materia de prevención, auxilio a recuperación de la población del Municipio de Cozumel contra los peligros y riesgos que se presenten en la eventualidad de un desastre.

⁸ ARTICULO 28.- La organización de los Grupos Voluntarios podrá integrarse sobre las siguientes bases: I. localidades del Municipio. II. Territorial: formada por habitantes de las Profesionales: constituidos de acuerdo a la preparación específica de cada uno: Médicos, Ingenieros, Electricistas, Enfermeras, Radioaficionados Etc.

⁹ ARTICULO 30.- Corresponde a los Grupos Voluntarios: I. Coordinarse con la Dirección Municipal de Protección Civil, para realizar las tareas de prevención y auxilio en caso de desastre. II. Cooperar en la difusión de programas y planes de Protección Civil. III. Comunicar al Consejo Municipal, Dirección Municipal de Protección Civil o Comité Operativo, la presencia de una situación de probable o inminente riesgo, siniestro o desastre, con el objeto de que estos verifiquen la información y tomen las medidas que correspondan. IV. Participar en los programas de capacitación a la población con relación a la prevención y autoprotección en caso de desastres. V. Participar en las labores de evacuación, rescate y traslado de personas afectadas por los desastres VI. Colaborar en la clasificación de Refugios Albergues y en su caso, al registro de los damnificados que se alojen en ellos. VII. Participar en todas las actividades que en materia de Protección Civil le sean requeridas y que estén en capacidad de llevar a cabo. VIII. Informar semestralmente a la dirección Municipal de Protección Civil, sobre las actividades realizadas. los desastres.

El Gobierno del Estado de Quintana Roo, a través de la Secretaría de Gobierno y la Coordinación Estatal de Protección Civil, estableció refugios y albergues en la zona urbana de Cozumel, con una capacidad total de 2,210 personas (Dirección Municipal de Protección Civil en Cozumel, 2025). El Presidente del Consejo Municipal activa el Centro de Operaciones, pone en marcha programas de emergencia para eventos de alto riesgo, difunde sistemas de avisos y alertas, y declara zonas de emergencia y desastre cuando es necesario.¹⁰

El Plan Municipal de Desarrollo de Cozumel (PMD) 2024–2027 establece acciones estratégicas en áreas prioritarias como obras públicas, ecología, gestión de residuos sólidos y desarrollo urbano. A continuación, se presenta la misión y visión del PMD, así como una descripción general de los departamentos responsables de su implementación.

Misión

“Consolidar un gobierno municipal cercano, eficiente y comprometido con el desarrollo integral de Cozumel, que responda a las necesidades de su comunidad. Guiados por los principios de justicia social, sostenibilidad y colaboración ciudadana, trabajaremos para mejorar la calidad de vida de todos los cozumeleños, garantizando acceso a servicios públicos de calidad, seguridad en todas las zonas, y la protección del patrimonio natural y cultural de la isla” (PMD, 2024).

Visión

“Para 2027, Cozumel será un municipio ejemplar en sostenibilidad, inclusión y prosperidad compartida, con una comunidad unida y resiliente que participe activamente en su desarrollo. A través de políticas públicas innovadoras y responsables, el municipio se distinguirá por su capacidad para equilibrar el crecimiento económico con la

¹⁰ ARTICULO 13.- Corresponde al Presidente del Consejo Municipal: V. Aprobar en casos necesarios: A. La activación del Centro de Operaciones de Protección Civil. B. La puesta en operación de los programas de emergencia para los diversos factores de alto riesgo. C. La difusión de los sistemas de avisos y alertas. D. La evacuación de zonas potencialmente peligrosas. E. La declaratoria de zonas de emergencia y desastre.

conservación ambiental, logrando así una isla segura, moderna y orgullosa de su identidad y tradiciones, para el beneficio de las generaciones presentes y futuras” (PMD, 2024).

El municipio de Cozumel es responsable de las *Desarrollo de Obras Públicas*. La meta es supervisar el 100% de las obras públicas mediante auditorías sociales para el año 2027. El Plan Municipal de Cozumel reconoce que la isla enfrenta desafíos en el acceso a servicios básicos, especialmente en zonas urbanas y rurales, como el agua potable, el alcantarillado y la electricidad. Esto resalta la necesidad de inversiones en infraestructura que garanticen condiciones de vida sostenibles y dignas para todos los habitantes. Existen también zonas prioritarias en contextos urbanos y rurales donde se canalizan recursos para mejorar el acceso a servicios básicos y reducir el rezago social. Actualmente, el 0.8% de las viviendas tienen pisos de tierra (PMD, 2024).

En cuanto al desarrollo de infraestructura, el pavimento y el drenaje sanitario serán financiados mediante esfuerzos colaborativos, al igual que las instalaciones educativas y de salud. Se prevé el desarrollo de infraestructura más sostenible y resiliente al clima, así como la promoción de viviendas y obras públicas que se adapten a las condiciones climáticas locales.

La estrategia para lograrlo incluye la implementación de proyectos de energía renovable en hogares, edificios públicos y privados, facilitando una transición accesible, inclusiva y asequible. También se busca fortalecer la supervisión de las obras públicas mediante la consolidación de un sistema inclusivo, transparente y responsable. Las líneas de acción contemplan el fortalecimiento del programa de auditoría social y la garantía de supervisión y monitoreo de las obras públicas.

El municipio de Cozumel es responsable del área de *Desarrollo Ecología*. A través de la restauración y conservación de los ecosistemas marinos y terrestres, se busca proteger de manera sostenible los recursos naturales de la isla. La estrategia para lograr estos objetivos se basa en fomentar la participación ciudadana en la protección y conservación del ecosistema local, la protección de la biodiversidad, la implementación de programas de reforestación y la minimización de impactos ambientales en los sectores económico y turístico.

La iniciativa incluye la protección de 134,623.73 hectáreas bajo la Reserva de la Biósfera Isla Cozumel (RBIC) (PMD, 2024). Su integración al Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) consolida su papel como un ámbito clave para la conservación de la biodiversidad y el impulso de

desarrollo sostenible (PMD, 2024). Este esfuerzo garantiza la preservación de 5,070.79 hectáreas de manglares, el 65% de la superficie terrestre compuesta por selvas medianas subcaducifolias, y praderas marinas (PMD, 2024). Además, 66 especies de corales duros contribuyen al equilibrio ecológico y al mantenimiento de la biodiversidad local y regional (PMD, 2024).

Las líneas de acción incluyen un programa de reforestación en zonas con mayor deforestación, el desarrollo de proyectos de restauración arrecifal y programas de monitoreo ambiental. Se promueve el monitoreo de la fauna y flora local mediante la colaboración con OSC y universidades. También se contempla la provisión de incentivos para empresas que adopten prácticas sostenibles, el fomento a la investigación y difusión de prácticas sustentables, la promoción del turismo sostenible y programas relacionados con el cambio climático, entre otros.

El municipio de Cozumel es responsable de la gestión de los *Residuos Sólidos Urbanos*. El objetivo es implementar un sistema de manejo de residuos que priorice el reciclaje de materiales, junto con su reutilización y reducción, promoviendo una sociedad con cultura de responsabilidad ciudadana y un modelo de sistema económico sostenible basado en principios de la economía circular.

Se han establecido tres objetivos: primero, para 2027, reducir en un 50% los residuos enviados al relleno sanitario mediante la promoción de la reutilización, el reciclaje y el compostaje (PMD, 2024). Segundo, alcanzar un 50% de reciclaje de residuos sólidos municipales a través de la operación de plantas de reciclaje y programas de separación de residuos (PMD, 2024). Y por último, asegurar que para 2026, el 50% de los hogares de Cozumel cumplan con los programas de separación de residuos, reforzados mediante campañas de concientización y sitios designados para la recolección (PMD, 2024).

Se reconoce que la mala gestión de los residuos sólidos y aguas residuales representa un desafío en Cozumel, así como la limitada recolección y tratamiento que ha llevado a la acumulación de desechos. La ausencia de un sistema integral de gestión y educación ambiental agrava el problema. La gestión integral de residuos fue establecida en la Ley General de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo, la cual promueve el reciclaje y sanciona las prácticas perjudiciales para el medio ambiente.

Las estrategias incluyen el desarrollo de un sistema integral y accesible de gestión de residuos sólidos que fomente la participación ciudadana en la separación de residuos, la adopción

de tecnologías limpias y el procesamiento de residuos orgánicos y reciclables. Las líneas de acción contemplan el establecimiento de una planta municipal de reciclaje para procesar el 80% de los residuos sólidos de la isla, el fortalecimiento de la gestión con infraestructura moderna, la creación de sitios designados para la separación y recolección, y el lanzamiento de campañas educativas (PMD, 2024). Además, se enfatiza la colaboración con empresas locales, la implementación de programas escolares de reciclaje, y el lanzamiento de un programa piloto de “Cero Residuos” para erradicar tiraderos clandestinos mediante la implementación de un marco regulatorio municipal. También se incluye el desarrollo de un sistema integral de supervisión, inspección, campañas de concientización y la creación de comités.

El municipio de Cozumel es responsable de supervisar la *Desarrollo Urbano*. El Artículo 92 establece que se requiere un permiso previo para llevar a cabo cualquier obra de construcción, ampliación o reconstrucción. También es obligatorio contar con la alineación del predio, constancia de uso de suelo, número oficial del lote, así como cubrir las tarifas correspondientes de manera anticipada conforme a las cuotas establecidas¹¹.

El Reglamento de Construcción del Municipio se fundamenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, y la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo. Asimismo, se rige por el Reglamento de Construcciones para el Municipio de Cozumel, en armonía con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) de la Isla de Cozumel, elaborado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente y el propio municipio, así como por el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cozumel, a través de la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología.

En lo que respecta a las inundaciones, el Plan Municipal de Desarrollo de Cozumel incorpora estrategias para la prevención y mitigación de este tipo de riesgos, como la priorización del desarrollo de infraestructura en sistemas de drenaje, en estrecha colaboración con CONAGUA. Aunque no está directamente vinculado, este enfoque se alinea con el Plan Municipal de Contingencia por Ciclones, un esfuerzo más amplio del municipio que contempla acciones

¹¹ Artículo 92. Se establece la obligación de obtener el alineamiento, constancia de uso de suelo y número oficial de los predios antes de que se ejecuten las obras de construcción, ampliación y reconstrucción para los que se requiera licencia. Los derechos respectivos se cubrirán previamente de acuerdo con las cuotas.

preventivas, sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta ante emergencias aplicables también a desastres por inundación. Este plan de contingencia evalúa y atiende emergencias que puedan comprometer la infraestructura municipal, dando prioridad a las zonas más vulnerables, como las viviendas frágiles y las vialidades primarias.

b) Las organizaciones de la sociedad civil (OSC)

La Delegación de la *Cruz Roja Mexicana* en Cozumel comenzó en 1983, según su sitio web oficial. Es parte de una organización humanitaria independiente, no gubernamental, compuesta por voluntarios, comunidades locales y donantes que activan programas y servicios orientados a la preservación de la vida y la salud, así como a aliviar el sufrimiento de las poblaciones vulnerables. El equipo de la Cruz Roja brinda asistencia a los habitantes y comunidades, ayudando a aquellos afectados por desastres como inundaciones, enfermedades complejas, lesiones por accidentes, exclusión social y migración. Sus programas y esfuerzos comunitarios incluyen principios de inclusión social y educación humanitaria.

La organización se rige por siete principios fundamentales: humanidad, imparcialidad, neutralidad, independencia, voluntariado, unidad y universalidad. En 2019, la Cruz Roja Nacional de México nombró al Lic. Mario A. Molina Esquivel como el nuevo director de la delegación en Cozumel (Wilkinson, 2021). La organización cuenta con expertos en las siguientes especialidades: Alergología, Odontología, Medicina General, Ginecología, Laboratorio, Optometría, Pediatría, Psicología, Fisioterapia y Traumatología.

En 2010 se concluyó la construcción del nuevo edificio de la delegación en la Isla de Cozumel (Cruz Roja delegación Cozumel, 2025). En cuanto a las inundaciones, se pone un fuerte énfasis en la prevención y en el desarrollo de capacidades colectivas e individuales, permitiendo a los beneficiarios prepararse para las inundaciones, organizarse socialmente y demostrar resiliencia frente a la adversidad. Como parte de su Visión 2030, la Cruz Roja refuerza la atención preventiva en salud, ayuda a desarrollar capacidades para anticiparse, enfrentar y recuperarse de las inundaciones, y mantiene su estándar en la respuesta ante este tipo de fenómenos (Cruz Roja Mexicana, 2025).

El *Club Rotario* fue fundado por Paul Harris en Chicago el 23 de febrero de 1905 (Rotary, 2025). La visión original era crear un espacio donde profesionales de diversos orígenes pudieran intercambiar ideas y formar amistades significativas y duraderas. Con el tiempo, esta visión evolucionó para incluir el servicio humanitario por parte de sus miembros, tanto en sus comunidades como en el mundo entero.

La misión de Rotary es servir a los demás, promover sólidos valores éticos, fomentar una comprensión global avanzada y la buena voluntad mediante una unidad armoniosa con líderes comunitarios, empresarios y profesionales. Su visión es un mundo unido que tome acciones decisivas para generar cambios duraderos a nivel internacional, local e individual.

En relación con las inundaciones, el Club Rotario ha desarrollado varios proyectos. Según Isaac Uribe (entrevista personal, 26/05/2025), uno de ellos es “*Lluvia para Beber*”, financiado por Rotary en cuatro escuelas, donde se recolecta agua de lluvia, se purifica y se convierte en potable, permitiendo que las escuelas ofrezcan agua limpia gratuita en lugar de venderla. También han lanzado el “*Proyecto Escuela Verde*”, que incluye una instalación de compostaje; se construyó un relleno sanitario, pero ya está lleno. El Club cuenta con contenedores de composta en la Escuela José Vasconcelos, donde 1,200 estudiantes llevan entre 100 y 200 gramos de residuos orgánicos desde casa. Además, se han plantado 130 árboles frutales.

Rotary actúa en tres etapas ante los desastres: una respuesta inmediata tras el evento, asistencia a corto plazo mediante fondos y materiales para restablecer las operaciones diarias, y planes de reconstrucción a largo plazo que ayudan a reconstruir comunidades. Rotary también ha manifestado su compromiso con la protección del medio ambiente, apoyando la conservación de los recursos naturales y promoviendo la resiliencia ecológica.

La *Zurich Climate Resilience Alliance* (2025) y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (*IFRC*), han colaborado con diversas entidades en Cozumel. De hecho, Relief (2013) mencionó que Zurich es uno de los principales aseguradores globales tras anunciar una alianza internacional de cinco años, con un valor estimado de 22 millones de dólares, para fortalecer la resiliencia comunitaria frente a inundaciones en colaboración con la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.

El programa comenzó en México, en alianza con la Cruz Roja Mexicana, para apoyar a las regiones más propensas a sufrir inundaciones. Durante este periodo, se asignaron 5 millones de dólares para identificar métodos innovadores destinados a la reducción de riesgos de inundación (Relief, 2013). Especialmente en Cozumel, la Zurich Alliance y la IFRC han logrado un impacto significativo en la resiliencia frente a las inundaciones mediante el apoyo a proyectos de mitigación y el fortalecimiento de la preparación comunitaria.

La organización está dirigida por un equipo de expertos en prevención de riesgos sociales. Javier Rodríguez, Director General de Seguros Generales en Zurich México, expresó su intención de desarrollar proyectos integrales que ofrezcan soluciones sostenibles para fortalecer la preparación ante inundaciones, apoyando al mismo tiempo el desarrollo, la educación y la seguridad alimentaria (Relief, 2013). El programa está diseñado para evitar que los habitantes vulnerables enfrenten riesgos de inundaciones, enseñarles medidas de mitigación y enfocarse en la recuperación sostenible, así como en la estabilidad económica y social de las personas afectadas. Quizás lo más importante es que el programa puede salvar vidas y reducir riesgos para la salud. Este esfuerzo institucional coordinado permite crear comunidades más seguras y mejor preparadas para enfrentar inundaciones.

En 2022, la IFRC y el World Wide Fund For Nature (WWF) publicaron declaraciones de Marco Lambertini, Director General del WWF, y Jagan Chapagain, Secretario General de la IFRC (IFRC, 2022). En sus declaraciones, resaltaron que la naturaleza es nuestro mayor aliado para crear una barrera crucial frente al cambio climático. Por lo tanto, es fundamental proteger y restaurar los ecosistemas para ayudar a las comunidades a desarrollar resiliencia. Algunas de las opciones más rentables y efectivas incluyen la restauración de humedales, bosques y tierras de cultivo, lo que beneficia tanto a las personas como a la naturaleza.

La confederación internacional Oxfam cuenta con 21 afiliados en 70 países, uno de los cuales es *Oxfam México* (Oxfam México, 2022). Su objetivo es aliviar la pobreza, la desigualdad extrema y la injusticia. Tienen más de una década de experiencia movilizand o e inspirando a personas en niveles gubernamental, organizacional e individual en su búsqueda por crear un mundo más equitativo y justo. La visión de Oxfam México es construir un futuro mexicano equitativo e inclusivo, mientras que su misión, en relación con las estructuras de poder que limitan

los derechos iguales y el acceso a oportunidades, se enfoca en destacarlas, hacerlas más visibles y promover su transformación. Los valores de la organización incluyen la igualdad sin distinciones, la inclusión de todas las personas, la cooperación en los esfuerzos colectivos, el compromiso con la humanidad, la responsabilidad compartida para satisfacer las necesidades y el valor para enfrentar la injusticia.

La organización está dirigida por el director ejecutivo de Oxfam Internacional, Amitabh Behar, junto con un equipo compuesto por profesionales y voluntarios con experiencia en áreas como ayuda humanitaria, ciencias ambientales y otros. En relación con las inundaciones, existen siete principios de acción que incluyen la igualdad, el feminismo, la defensa de los derechos, la garantía de estándares humanitarios, la construcción de acciones locales y nacionales, el poder de la diversidad para fortalecer el trabajo, el compromiso con el cambio y la justicia climática (Oxfam México, 2022). La organización documenta las desigualdades en todo México y elabora propuestas para cerrar estas brechas. Apoyan a los activistas de justicia social, responden a emergencias humanitarias mientras trabajan junto a las comunidades locales para construir territorios más resilientes frente a las inundaciones.

En 1982 se estableció *World Vision México*; sin embargo, a nivel global, la organización ya era un referente desde hacía siete décadas, empoderando a poblaciones vulnerables (World Vision México, 2021). World Vision es un líder mundial en asistencia y desarrollo, con 70 años de experiencia empoderando a las personas más vulnerables para superar las desigualdades sociales y las dificultades económicas (World Vision México, 2021).

En México, como organización humanitaria reconocida a nivel mundial, transforma las condiciones de vida e incrementa las oportunidades de un futuro más prometedor para niñas, niños, adolescentes y jóvenes que viven en situación de extrema vulnerabilidad, desarrollando la receta perfecta para un éxito sostenible. La visión de la organización es un compromiso con el cumplimiento del derecho de todas las niñas y niños a tener una vida plena y significativa. Su misión está enraizada en la fe religiosa, con el propósito de servir a los pobres y oprimidos, promoviendo la transformación humana de forma positiva, abogando por la justicia a través de Jesucristo y dando testimonio del mensaje de Dios.

El 17 de febrero de 2025, se anunció en la página oficial de Instagram de World Vision que Mario Valdez Guzmán asumió el cargo de nuevo director nacional, liderando un equipo de profesionales y voluntarios. Ha trabajado en proyectos tanto en México como en África. En lo que respecta a las inundaciones, las áreas de enfoque de World Vision incluyen el liderazgo en la protección de niñas, niños y jóvenes, la reducción de vulnerabilidades, la incidencia en políticas públicas, el apoyo en emergencias, el empoderamiento juvenil, el acceso a servicios básicos en comunidades, la erradicación de todas las formas de violencia, y un firme compromiso por un mundo mejor.

World Vision colabora con patrocinadores para financiar proyectos a largo plazo. Además, trabaja junto a líderes comunitarios e individuos jóvenes y adultos para abordar las causas fundamentales que generan pobreza y violencia. Sus programas clave incluyen: *Niñez en movilidad*, que apoya a niñas y niños migrantes; *Ayuda humanitaria y respuesta a emergencias*, un esfuerzo coordinado con autoridades para brindar atención socioemocional y espacios seguros para la niñez; *Empleabilidad y medios de vida*, que equipa a la población joven y fomenta valores de paz, igualdad y amistad; *Política pública e incidencia social*, en colaboración con gobiernos; *Acceso sostenible al agua, saneamiento e higiene*; *Programas de apoyo para mitigar la violencia* y *Prevención del trabajo infantil*, así como la mejora de las condiciones laborales en comunidades agrícolas.

c) Universidades y centros de investigación

La *Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo* es la institución académica más reciente de su tipo en los Estados Unidos Mexicanos. Su fundación responde a una aspiración largamente sostenida por la población local de Quintana Roo, que buscaba acceder a la educación superior en disciplinas como humanidades, ciencias sociales, ciencias básicas y áreas tecnológicas de alta demanda, especialmente en esta era de gran competitividad. La Universidad Quintana Roo aprovecha más de setenta años de experiencia acumulada en educación superior y fue concebida bajo conceptos innovadores para consolidarse como una institución de excelencia tanto en México como en la Cuenca del Caribe (UQROO, 2025). Mientras campus Cozumel se fundó el 24 de mayo 1991 (UQROO Campus Cozumel, 2024).

La misión para 2028 es fomentar el desarrollo sostenible de la sociedad, así como el progreso del Caribe y la región centroamericana, a través de una educación humana integral y la generación de soluciones innovadoras. La visión para 2028 es continuar siendo la institución académica líder en Quintana Roo, el Caribe y la región centroamericana. Además, busca generar un impacto en el contexto global promoviendo la excelencia, la formación humana inclusiva, la innovación, la investigación, la vinculación con impacto ambiental y social, y la gestión estratégica operativa. El rector, Ángel Ezequiel Rivero Palomo, posee un Doctorado en Gobierno y Administración Pública por la Universidad Anáhuac Mayab. Supervisa los distintos campus de la universidad, incluido el campus de Cozumel, y lidera un equipo académico.

Los principios de la universidad incluyen honestidad, respeto, libertad y lealtad, mientras que sus valores representan solidaridad, equidad, innovación, responsabilidad y excelencia. Como parte de los cambios estructurales, que incluyen la reorganización administrativa y la estandarización académica, la universidad incorporó y actualizó un modelo educativo y académico aprobado el 21 de julio de 2021 por el Consejo Universitario (UQROO, 2025). Este modelo integra los avances más recientes en educación superior, guiados por acuerdos nacionales e internacionales.

UQROO, (2025) menciona que los propósitos de la universidad están definidos en el Artículo 3 de sus Leyes Orgánicas, los cuales establecen su papel en la oferta de programas de licenciatura, posgrado, educación continua y especialización, fundamentados en un espíritu científico, social, humanístico, emprendedor e innovador. Estos programas se centran en la responsabilidad social, el patriotismo, el progreso humano y el desarrollo personal. La universidad también impulsa el conocimiento, las iniciativas y los programas que promueven la expresión artística, generando beneficios culturales para el desarrollo. Asimismo, apoya la preservación, fortalecimiento y difusión del patrimonio natural, cultural y científico.

En cuanto a la participación comunitaria, la Universidad QROO mantiene una orientación profundamente social, incentivando la participación de la comunidad, acogiendo retroalimentaciones y abordando las necesidades sociales. La universidad proporciona recursos financieros para fortalecer el compromiso social, cumpliendo su misión en Quintana Roo, la región sureste de México, Centroamérica y el archipiélago del Caribe, incluidas iniciativas relacionadas con la gestión de inundaciones y la respuesta ante desastres.

La *Universidad del Caribe* se formó en 2000, por un decreto como parte de su misión, forma integralmente a individuos en la adquisición de conocimientos, valores sociales, habilidades y competencias que, en conjunto, contribuyen a mejorar la calidad de vida humana. Se lleva a cabo investigación enfocada en el desarrollo económico, social y cultural de Quintana Roo y, por extensión, de México. En cuanto a su visión, para el año 2022 Unicaribe ofrece servicios y programas alineados con las necesidades y tendencias locales. Sus ejes fundamentales incluyen el medio ambiente, la sostenibilidad, el turismo, la innovación, la tecnología, los negocios, el desarrollo humano y el servicio público, reflejando así su compromiso con la comunidad.

Desde 2001, Marisol Vanegas Pérez ocupa el cargo de rectora, posee una maestría en Planeación y Desarrollo del Turismo (Universidad del Caribe, 2025). Actualmente, la universidad cuenta con una matrícula de 5,400 estudiantes en programas de licenciatura, maestría y doctorado, distribuidos en 13, 11 y 2 programas respectivamente, los cuales se imparten de manera presencial, en línea o en modalidades híbridas (Unicaribe, 2025). Unicaribe promueve la equidad, la paz, el respeto, la tolerancia y la convivencia social, fomentando la democracia, la civilidad y un liderazgo basado en la responsabilidad social y los valores, para atender problemáticas locales.

Respecto al tema de las inundaciones, las funciones de Unicaribe se alinean con el desarrollo sostenible conforme a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Promueve la gestión sustentable y la excelencia académica mediante la integración de principios de manejo ambiental, responsabilidad social, derechos humanos e igualdad (Unicaribe, 2025). Con el respaldo de tecnologías y sistemas, la universidad cuenta con certificación ISO, priorizando la transparencia, la rendición de cuentas, la difusión de información pública y la asignación responsable de recursos provenientes de diversas fuentes de financiamiento (Unicaribe, 2025). En el marco de la gestión de inundaciones, la universidad se guía por principios fundamentales como la rendición de cuentas, la creatividad, la diversidad, la equidad, la innovación, el humanismo, la vinculación social y el desarrollo sostenible. Varillas A. (2020) menciona que en el año 2020 la Universidad ingreso al ranking de impacto del Times Higher Education 2020 (THE), que cuenta el impacto institucional educativa que cumplen con los 17 objetivos de la Agenda de la Organización de las Naciones Unidas respecto al desarrollo sostenibles (ODS2030).

Los objetivos de la universidad, según el Artículo 4 de su Decreto de Creación (Unicaribe, 2025b), incluyen ofrecer educación superior a profesionales con valores éticos, humanos y

nacionales, así como un compromiso social y habilidades innovadoras para la solución de problemas. Organiza actividades de investigación relacionadas con el desarrollo socioeconómico regional y forma especialistas con una mentalidad científica y creativa, orientada al progreso humano y al desarrollo nacional. Asimismo, Unicaribe obtiene, ofrece, promueve y prioriza servicios de asesoría técnica, capacitación, investigación y actividades que atienden al interés público y al servicio social.

La *Universidad Tecnológica de la Riviera Maya (UTRM)*, fundada en 2005, es una destacada institución pública educativa ubicada en Playa del Carmen, Quintana Roo (UTRM, 2025). La universidad ofrece seis licenciaturas, cuenta con 1,350 estudiantes actualmente inscritos, 4,334 egresados, y 340 alianzas estratégicas (UTRM, 2025). Los seis programas son Ingeniería en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Licenciatura en Administración, Licenciatura en Turismo, Licenciatura en Gastronomía y Licenciatura en Gestión de Bienestar.

La misión es un compromiso con la formación integral e inclusiva de profesionales bilingües e innovadores, con una sólida perspectiva global, enfoque sustentable y preparación tecnológica. La universidad promueve el desarrollo, la innovación, la transferencia tecnológica, la investigación científica y la difusión cultural, contribuyendo al desarrollo ambientalmente sostenible, especialmente en Quintana Roo. Mientras la visión de la UTRM es que, para el año en curso, sea reconocida por la importancia y calidad de su programa educativo, así como por su modelo Bilingüe, Internacional y Sustentable (BIS) (UTRM, 2025). En junio de 2024, publicó “recomendaciones para esta temporada de lluvias” en su página de Facebook, poniéndolas a disposición del público.

La universidad está dirigida por el Dr. Francisco Javier del Real Medina, quien posee un Doctorado en Administración y Desarrollo de Negocios, junto con un equipo de profesores con maestrías, ingenierías, licenciaturas y certificaciones profesionales relacionadas con los programas que ofrece la universidad. Los valores de UTRM son la calidad, innovación, inclusión, sustentabilidad y responsabilidad social. En cuanto a las inundaciones, destaca la integración de prácticas responsables y sostenibles tanto en actividades académicas como administrativas.

Además, la universidad contribuye activamente al desarrollo ambiental y estatal, fomentando la implementación de tecnologías innovadoras e integradas.

d) Sector empresarial

La *Asociación de Hoteles de Cozumel (AHC)* ofrece una variedad de hoteles, desde pequeños hoteles independientes hasta grandes cadenas internacionales. Fue fundada el 2 de mayo de 1975 con cinco miembros. Desde entonces, se ha expandido a 20 hoteles en toda la isla de Cozumel, con más de 3,100 habitaciones distribuidas entre resorts todo incluido, hoteles boutique y hoteles con plan europeo. El alojamiento se encuentra tanto en el norte como en el sur de la isla.

La asociación promueve las características naturales de Cozumel, como zonas cubiertas de selva, playas soleadas, actividades acuáticas como el buceo y el esnórquel, avistamiento de aves, bodas, convenciones, eventos grupales y visitas a sitios como el templo de Ix Chel, entre muchos otros lugares explorables, así como a la cultura ancestral maya. La AHC también ofrece una amplia variedad de opciones gastronómicas.

En lo relacionado con las inundaciones: *“Hasta ahora, la asociación se ha enfocado en promover el turismo de los miembros que la conforman, pero en el último año hemos comenzado a enfocarnos en la sustentabilidad—observando las acciones que los hoteles pueden tomar para una mejora continua o para mitigar el impacto que la industria tiene sobre los ecosistemas. Sin embargo, esta es una nueva dirección para nosotros.”* (Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad, comunicación personal, 28/05/2025)

También existe una integración inteligente de tecnología y gestión de riesgos mediante el uso de datos en tiempo real en la isla. *“Y en nuestro caso, por ejemplo, en el sector turístico contamos con una app en la que se informa cuántos huéspedes hay en ese momento en una casa o en el hotel, para que a nivel estatal se tenga conciencia de cuántos turistas están llegando a la isla. Esto es útil en caso de que ocurra un fenómeno natural más fuerte o de categoría superior, para saber cuántos extranjeros o turistas se encontraban presentes en ese momento.”* (Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad, comunicación personal, 28/05/2025)

La Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX) fue establecida en Cozumel el 26 de octubre de 1990, con una delegación de 33 miembros provenientes del Centro

Empresarial de Quintana Roo (COPARMEX Cozumel, 2025). Posteriormente, el número de empresas creció a 50 miembros después de cinco años (COPARMEX Cozumel, 2025). Para el año 2006, el Sr. Ignacio Ruiz lideró la transición hacia un Centro Empresarial tras reunirse con el Sr. Jorge Ortega, el Sr. Alberto Villanueva y el Sr. Rubén Barahona (COPARMEX Cozumel, 2025). La participación de los líderes empresariales fue fomentada y eventualmente evolucionó hasta convertirse en la COPARMEX Cozumel que conocemos hoy en día. La afiliación a COPARMEX fue y sigue siendo voluntaria para sus miembros, ya que los socios son personas físicas, no empresas. Esto representó un hito en su momento, ya que era obligatorio para todas las empresas pertenecer a alguna cámara empresarial.

En cuanto a las inundaciones y acciones preventivas, una empresaria y líder comunitaria local (comunicación personal, 22/05/2025) mencionó esfuerzos de limpieza de drenajes y calles. Para prepararse ante posibles inundaciones, las empresas afiliadas a COPARMEX toman medidas como *instalar protectores en las ventanas y asegurar objetos que puedan representar un riesgo* (comunicación personal, 22/05/2025). Sin embargo, señaló que “*no se realizan simulacros*” (comunicación personal, 22/05/2025).

El *Grand Park Royal Luxury Resort* en Cozumel es uno de los 11 resorts todo incluido en la isla de Cozumel. Está ubicado en Playa Paraíso Km. 3.5 Chankanaab Sur, Zona Hotelera Norte, Cozumel 77600, México (Grand Park Royal Cozumel, 2025). El resort fue construido en 1978 y su última renovación se realizó en 2006. Cuenta con 348 habitaciones, cada una con balcón que ofrece vista al mar Caribe (Grand Park Royal Cozumel, 2025). El Grand Park Royal ofrece una amplia variedad de actividades recreativas para huéspedes de todas las edades, incluyendo programas supervisados para niños, clases de cocina, lecciones de idioma español y entretenimiento diario.

Se destaca por su arquitectura y su ambiente inspirado en la cultura maya, el cual se integra armónicamente con la naturaleza circundante. El resort dispone de 3 piscinas, 2 jacuzzis y varios bares, además de una oferta gastronómica que incluye mariscos y especialidades internacionales de cocina italiana, caribeña y mexicana (Tablado, 2021). Al aire libre, los huéspedes pueden practicar buceo y esnórquel en el segundo arrecife más grande del mundo, en aguas turquesa que a menudo son cristalinas y atraen a buceadores de todo el mundo.

Javier Colorado es el director general del Grand Park Royal Cozumel. Es licenciado en Turismo por el Colegio de Turismo e Industria Hotelera César Ritz (COSUTH) en la Ciudad de México (Tablado, 2021). Cuenta con más de 30 años de experiencia y ha trabajado en la región del Caribe, incluyendo las Bahamas, Curazao y República Dominicana, así como a nivel internacional en Dubái, Emiratos Árabes Unidos.

En cuanto al manejo de inundaciones, Park Royal Hotels & Resorts, a la cual pertenece el resort desde el año 2000 (Tablado, 2021). También promueve acciones optimistas que buscan un mundo más equilibrado. Su filosofía integra a la empresa, las personas y el planeta, adoptando un enfoque de responsabilidad social con pilares de acción claramente definidos. El resort está comprometido con generar un impacto positivo y con ofrecer una estancia responsable. Se cobra un impuesto de saneamiento de 76 MXN por noche y por habitación (booking.com, 2025).

El *Meliá Cozumel*, construido en 1976, es un resort todo incluido ubicado en la Carretera Costera Norte, en la Zona Hotelera Norte de Cozumel, México, que ofrece una amplia variedad de comodidades, instalaciones y actividades (Meliá Cozumel, 2025). El hotel tiene vistas a las aguas turquesas del mar Caribe y a la fina arena blanca de la Playa Santa Pilar. Este resort cuenta con un total de 147 habitaciones. Ofrece una variedad de opciones gastronómicas, que incluyen especialidades mexicanas e internacionales, además de 2 piscinas al aire libre. También ofrece deportes acuáticos como gimnasia acuática, canotaje, moto acuática, kayak, hidropedales, vela, buceo, esnórquel y windsurf (Hotel Meliá Cozumel, 2025). Gabriel Escarrer Juliá fue el fundador de Meliá Hotels International.

En lo que respecta a las inundaciones, Europe Press Turismo (2022) menciona que Meliá Cozumel es socialmente responsable en México y está comprometido con los principios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ESG). Según la Evaluación de Sostenibilidad Corporativa de S&P Global 2022, Meliá Cozumel es la segunda empresa hotelera más sostenible del mundo y la primera en Europa. El resort busca reconocimiento por su compromiso con la sostenibilidad, con un enfoque especial en la colaboración y creación de proyectos de interés local, como la problemática de las inundaciones. Meliá Cozumel participa en el programa *Welcome to Life*, que tiene gran relevancia en México. Este programa adopta un enfoque holístico hacia el medio ambiente, centrado en la protección de las tortugas marinas. Las actividades incluyen formación y

concienciación sobre temas relacionados con la biodiversidad, así como colaboración con varias ONG.

Seguros Monterrey New York Life, fundado en 1940, tiene presencia en Cozumel y es una destacada compañía de seguros en los Estados Unidos Mexicanos, y desde 1845 en los Estados Unidos de América (Seguros Monterrey New York Life, 2025). En Seguros Monterrey New York Life, los valores tradicionales son el sentido común y la preparación ante lo inesperado. Se prioriza el progreso a largo plazo por su sostenibilidad, en lugar de las ganancias a corto plazo, las cuales se consideran sin sentido si no hay un avance duradero. La compañía se basa en cuatro pilares: una base de solidez financiera, la promoción del bienestar de sus clientes, el impulso del crecimiento del equipo y el trabajo con dedicación.

El 1 de junio de 1940, la compañía fue fundada en Monterrey, Nuevo León, por el Don Antonio L. Rodríguez bajo el nombre *Compañía de Seguros sobre la Vida, S.A.*. A lo largo de los años, la empresa tuvo varios cambios de nombre antes de adoptar su denominación actual. Actualmente está dirigida por el Lic. Gustavo Cantú Durán, presidente y director general. En 1962 se incorporaron los seguros de daños, y para 2014 se obtuvo la calificación más alta otorgada por AM Best a una aseguradora latinoamericana (Seguros Monterrey New York Life, 2025).

En cuanto a las inundaciones, en 2018 Seguros Monterrey New York Life lanzó *Niños en Duelo*, un programa de Responsabilidad Social que busca proteger mejor a los niños que han perdido a un familiar cercano, fomentando en ellos el desarrollo y la resiliencia (Seguros Monterrey New York Life, 2025). Las familias mexicanas están protegidas ante eventos de inundación, ya que la compañía está comprometida con el desarrollo social y comunitario, así como con la mejor protección de las comunidades locales. Ofrecen seguro de vida y vida mujer entre otros.

Grupo Modelo México es una empresa líder en la elaboración, distribución y venta de cerveza en México. La cervecería se inauguró en 1925 en la Ciudad de México y tiene presencia en 180 países a nivel global (Grupo Modelo, 2025). Grupo Modelo tiene 10 objetivos: soñar en grande, enfocarse en resultados extraordinarios, asumir la responsabilidad y liderar con el ejemplo, atraer y desarrollar personas excepcionales, crear marcas que los clientes amen, crecer junto con los

clientes y comunidades, priorizar soluciones simples y medibles, gestionar costos de manera rigurosa mientras se piensa a largo plazo y nunca tomar atajos. Daniel Cocenzo es el presidente y dirige un equipo de expertos en compras y sustentabilidad, logística, finanzas, ventas, marketing, entre otros.

En relación con las inundaciones, la empresa tiene más de 9 años de experiencia invirtiendo en el crecimiento y desarrollo de México (Grupo Modelo, 2025). La compañía opera sobre los fundamentos de prácticas comerciales responsables, basadas en sus compromisos y políticas. La empresa tiene un interés especial en los derechos humanos y la sustentabilidad, ya que reconoce su responsabilidad de respetar los derechos humanos y se esfuerza por promoverlos. En cuanto a la sustentabilidad, Grupo Modelo ha diseñado y ejecutado activamente medidas para preservar el medio ambiente, con un enfoque particular en el agua. Como resultado, la empresa emprende proyectos de sustentabilidad y protección ambiental con el objetivo de regenerar los recursos naturales.

Desde 2012, Grupo Modelo ha reducido en 25.3% el uso de agua en sus operaciones. En los últimos 24 meses, la empresa ha reutilizado aproximadamente 8 millones de metros cúbicos de agua y actualmente trata el 100% de las aguas residuales en todas sus plantas (Grupo Modelo, 2025). En 2021, la compañía destinó 120 millones de pesos para un proceso de tratamiento adicional que evitó la extracción de aproximadamente 2.4 millones de metros cúbicos de los acuíferos (Grupo Modelo, 2025). Grupo Modelo continúa colaborando con autoridades locales y voluntarios para fortalecer la sustentabilidad y conservar los recursos esenciales.

6.1.2 Perspectivas de los actores sociales respecto a la gobernanza e inundaciones urbanas

La gobernanza urbana es fundamental para los esfuerzos coordinados entre funcionarios públicos, universidades y centros de investigación, el sector empresarial y las organizaciones de la sociedad civil para enfrentar inundaciones. A continuación, se presentan testimonios de actores sociales recopilados durante la fase de investigación de campo.

Jefa de la subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel mencionó *“La gobernanza es, más bien, la administración y gestión de todo. Sí, es muy importante como*

representación de todos los ciudadanos, y también es importante que quien esté tomando otras decisiones, o apoyando a favor o en contra, tenga conocimiento de lo que está haciendo en su participación.” (Jefa de la subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel, comunicación personal, mayo 27, 2025).

El jefe de tratamiento de aguas residuales Cozumel expresó: *“en relación con el sistema de drenaje jefe de tratamiento de aguas residuales afirmó “No han mejorado. Ahora sí que sí tenemos problemas en épocas de lluvias; sí tenemos inundaciones, y pues se satura la red y el agua empieza a salir en las partes más bajas. Sí hay problemas.”* (Jefe de tratamiento de aguas residuales comunicación personal, mayo 21, 2025).

Jefe de Desarrollo Urbano mencionó: *“La gobernanza es cuando participan las instituciones de gobierno y la población”. Se reúnen, hacen convocatorias, organizan sus mesas de trabajo y llegan a un acuerdo común en beneficio de la población. Sí, claro, es importante.”* (Jefe de Desarrollo Urbano, comunicación personal, mayo 23, 2025).

Exdirector y he participado en el club rotario desde hace 38 años mencionó : *“La gobernanza es la manera de ejecutar las respuestas, las responsabilidades del gobierno mismo. O sea, qué es lo que un gobierno debe hacer y cómo lo hace; para mí, eso es la gobernanza. Con muchísimas deficiencias, existen elementos o funcionarios valiosos, pero hay un sistema que no les permite actuar tampoco.*

El famoso presupuesto, el sistema político y económico de este país, hace que los ingresos grandes se vayan al centro, y después el centro nos da al estado, y luego el estado lo manda a los municipios. Les quitan la capacidad municipal de decidir.

Entonces tenemos un municipio pobre, pobre... el más endeudado de todo el país. Es increíble. No tenemos ingresos, o sea, el gobierno no tiene ingresos. Llegan los cruceros, que significan muchísimo dinero, y pagan el estacionamiento —por así llamarle, el atraque—, pero los muelles son privados.

De hecho, uno de ellos es de una compañía de cruceros, y ahora quieren hacer uno cuarto, pero propiedad de ellos, aunque mexicanos presten su nombre. En realidad, la inversión es

extranjera, para atender su propio negocio. ¿Y cuál es el beneficio del destino? Ninguno. O sea, invasión masiva en vez de selectiva”. (Exdirector Club Rotario, comunicación personal, mayo 30, 2025).

Profesor UQROO Campus Chetumal afirmó: *“La gobernanza es la capacidad que tienen tanto las instituciones como las organizaciones no gubernamentales, la Academia, la ciudadanía es una colaboración. Comunicada en la cual tiene un fin común que vendría siendo, básicamente, mejorar las condiciones de vida de la sociedad y desde luego la considero relevante, porque en la medida que estén desarticuladas todos estos entes que acabo de mencionar, pues desde luego no va a existir un buen funcionamiento de lo que viene siendo este sistema ciudad.”* (Profesor UQROO Campus Chetumal, comunicación personal, mayo 30, 2025).

Profesor UQROO Campus Cozumel expresó que la gobernanza *“es importante porque la gobernanza nos puede remitir hacia procesos y le involucrar instituciones. Desde los 3 niveles de gobierno municipal, estatal, federal y las prácticas que se van generando en torno a estas tomas de decisiones, no, por supuesto tiene que haber, se tienen que regular tanto todos estos asuntos públicos, por ejemplo, que puedan estar en torno a las inundaciones. Cómo activar, por ejemplo, planes municipales, desde por ejemplo, desde protección civil. Sí que protección civil atiende de forma inmediata sí a los o sea desprotección civil. Incluye bomberos, pero también este se aplican alertas este por parte de la de la policía municipal que están atendiendo, pues estos en estas afectaciones ante inundaciones, entonces pues sí es un debe, existir este proceso y se tiene que tomar decisiones ante estas afectaciones.”* (Profesor UQROO Campus Cozumel, comunicación personal, mayo 29, 2025).

Empresaria y líder de la comunidad mencionó: *“toman las decisiones y se regulan los asuntos públicos, la falta de profesionalismo y apatía”* dificultan que las empresas trabajen con el gobierno, universidades u otras organizaciones en temas de inundaciones. (Empresaria y líder de la comunidad, comunicación personal, mayo 22, 2025).

Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad afirmó: *“la gobernanza puede ser también a las veces se le atribuye un poco más al municipio o al estado, pero en realidad es depende de toda la comunidad. Y bueno, creo que todos al final eh tenemos cierta participación dependiendo de en el sector en el que nos desarrollamos para tener una mejor gestión tal vez de esto.”* (Gerente de Asociación de Hoteles de Sustentabilidad, comunicación personal, mayo 28, 2025).

Las perspectivas de estos actores sociales en Cozumel destacan el papel fundamental de la gobernanza urbana en la gestión de inundaciones en la isla. La gobernanza urbana impulsa esfuerzos coordinados e integra políticas, planes, proyectos y programas. Son esenciales los departamentos especializados, como la educación pública, que desempeña un papel crucial en fomentar la conciencia y la responsabilidad compartida entre la población de Cozumel. Se ha observado que en la isla se adopta un enfoque estratégico integral que incorpora la reducción del riesgo de inundaciones, la conservación y protección del medio ambiente, y el desarrollo riguroso de políticas.



Ilustración 83 Trabajo de Campo Cozumel

6.1.3 Matriz de actores y red de gobernanza urbana

La matriz de actores permite generar una red de gobernanza urbana, que no solo muestra los vínculos, sectores y recursos de los actores, sino que también permite un análisis dinámico de los actores clave relacionados con la resiliencia ante inundaciones costeras. Cada actor se posiciona según su compromiso para mejorar las condiciones vinculadas a las inundaciones, ya sea alto, medio o bajo, con el propósito de diferenciar a aquellos que contribuyen activamente de aquellos con una participación más limitada en estrategias de resiliencia ante inundaciones. La personalización de las conexiones sectoriales y de las relaciones mediante el uso de símbolos facilita la interpretación de las dinámicas entre los actores, lo que resulta útil tanto para investigadores como para responsables de políticas públicas.

Aquí se presentan los hallazgos obtenidos a partir del mapeo de actores, la clasificación de recursos y el análisis de relaciones. Se examina cómo los actores clave interactúan y cómo sus niveles de poder e interés afectan la resiliencia ante inundaciones en San Miguel de Cozumel.

1

266

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Tabla de sectores y actores Cozumel

Tabla de los sectores de actores	
SEMANART	1
CONAGUA	1
CENAPRED	1
SEMANAT QROO	2
AGUA QROO	2
Protección Civil QROO	2
Ayuntamiento Cozumel	3
Organismo operador de la CAPA en elde agua en Cozumel	3
Proteccion Civil Cozumel	3
Desarrollo de Obras Publicas	3
Desarrollo Ecologia	3
Residuos Solidos Urbanos	3
Desarrollo Urbano	3
Cruz Roja Mexicana Delegación Cozumel	4
Alianza Zürich y la IFRC	4
Club Rotario	4
OXFAM México	4
World Visión México	4
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo	5
Universidad del Caribe	5
Universidad Rivera Maya	5
La Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX)	6
Asociación de Hoteles de Cozumel	6
Grand Park Royal Luxury Resort Cozumel	6
Meliá Cozumel	6
Seguros Monterrey New York Life	6
Grupo Modelo	6

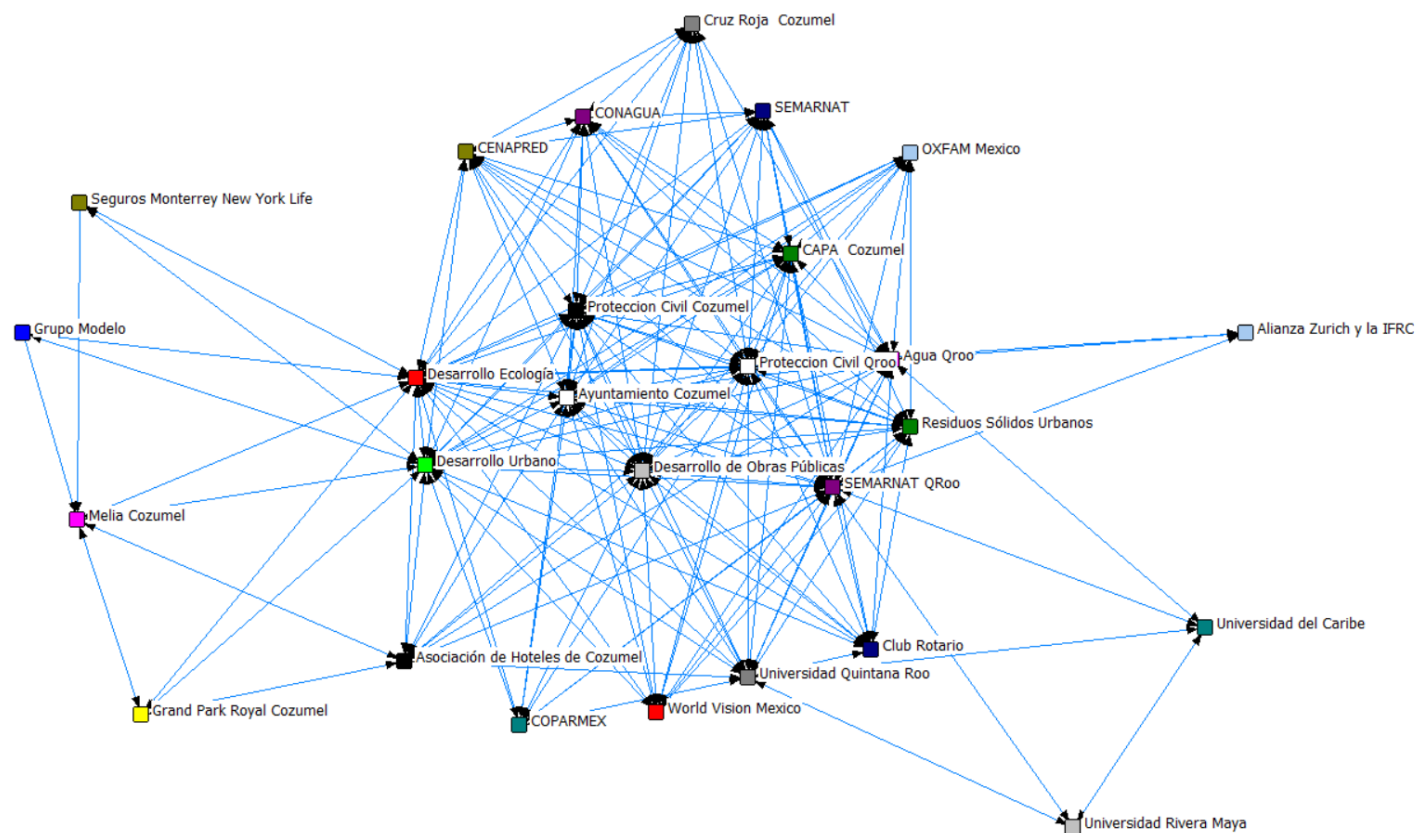
Tabla de los recursos de los actores	
SEMANART	1
CONAGUA	1
CENAPRED	1
SEMANAT QROO	1
AGUA QROO	1
Protección Civil QROO	1
Ayuntamiento Cozumel	1
Organismo operador de la CAPA en elde agua en Cozumel	2
Proteccion Civil Cozumel	2
Desarrollo de Obras Publicas	2
Desarrollo Ecologia	2
Residuos Solidos Urbanos	2
Desarrollo Urbano	2
Cruz Roja Mexicana Delegación Cozumel	3
Alianza Zürich y la IFRC	3
Club Rotario	3
OXFAM México	3
World Visión México	3
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo	5
Universidad del Caribe	5
Universidad Rivera Maya	5
La Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX)	4
Asociación de Hoteles de Cozumel	4
Grand Park Royal Luxury Resort Cozumel	4
Meliá Cozumel	4
Seguros Monterrey New York Life	4
Grupo Modelo	4

Tabla de los Actores	
Funcionarios Públicos Nacionales	1
Funcionarios Públicos Estatales	2
Funcionarios Públicos Municipales	3
OSC	4
Universidades y Centros de Investigación	5
Sector Empresarial	6

Tabla de recursos de los actores	
Político	1
Normativo	2
Financiamiento	3
Humano	4
Cognitivo	5

Fuente Elaboración Propia

Ilustración 84 Mapa de relaciones entre actores clave en San Miguel de Cozumel



Fuente: Elaboración propia utilizando UCINET 6.814

El actor central en Cozumel es el Ayuntamiento de Cozumel, que está conectado con Protección Civil QROO, Desarrollo Urbano, Desarrollo de Ecología, Desarrollo de Obras Públicas y junto con CENAPRED y CONAGUA a menor medida. Además, en Cozumel, los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) participan en distintos grados en la gobernanza urbana frente a inundaciones. De acuerdo con estos resultados pueden tener un mayor impacto en la medida de planeación ante inundaciones.

Las organizaciones de la sociedad civil (OSC) en Cozumel tienen interacciones más frecuentes con el gobierno local, aunque algunos actores, como Alianza Zurich y World Vision, parecen estar aislados. La Universidad de Quintana Roo (UQROO) mantiene reuniones y colaboraciones regulares con representantes de instituciones gubernamentales, OSC (por ejemplo, Club Rotario, Cruz Roja Mexicana) y el sector privado (por ejemplo, COPARMEX, Asociación de Hoteles de Cozumel). Sin embargo, las universidades de la región tienden a estar poco interconectadas.

En general, Cozumel tiene una mayor diversidad y un mayor potencial para movilizar recursos para la resiliencia frente a inundaciones, el intercambio de conocimientos y la colaboración entre diversos actores, ya que la red de actores es mucho más densa. Sin embargo, existen más desafíos, especialmente en la coordinación de la respuesta ante desastres por inundaciones. El fortalecimiento de la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno puede ayudar a Cozumel a lograr resiliencia y reducir el tiempo de respuesta ante desastres.

6.2 St. George, Granada

6.2.1 Definición de los actores

En el contexto de la gestión de inundaciones en St. George Granada, los actores desempeñan un papel crucial al abordar diferentes áreas estratégicas. Los actores son entidades, organizaciones o individuos que participan directa o indirectamente en la implementación de

medidas, políticas y acciones destinadas a mejorar la calidad de vida, proteger los recursos y aumentar la resiliencia frente a los desafíos actuales del cambio climático e inundaciones.

Entre los actores involucrados identificados, que desempeñan roles esenciales en diversas áreas estratégicas para abordar desafíos clave y promover el bienestar comunitario, se encuentran:

- Dependencias públicas: Agencia Nacional de Gestión de Desastres, Ministerio de Infraestructura y Desarrollo Físico, Servicios Públicos, Aviación Civil y Transporte, La Autoridad Nacional de Agua y Alcantarillado, El Ministerio de Resiliencia Climática, Medio Ambiente y Energías Renovables y la Autoridad de Gestión de Residuos Sólidos de Granada enfocados en la gestión de desastres, el desarrollo de infraestructura y la sostenibilidad ambiental.
- Organizaciones de la sociedad civil: la Cruz Roja de Granada.
- Universidades y centros de investigación: La Universidad de Saint George y el Colegio Comunitario de T. A. Marryshow
- Sector empresarial, representado por Real Value Supermarket y Coyaba Beach Resort.

A continuación, cada uno de estos actores, identificando su sector, objetivo y relevancia con la inundaciones en George Granada:

Tabla 19 Identificación de actores clave de las inundaciones en St. George

Sector	Actor	Objetivo	Incidencia
Funcionarios públicos		"Reducir la pérdida de vidas y propiedades dentro de Granada, Carriacou y Pequeña Martinica asegurando que existan medidas adecuadas de preparación, respuesta y mitigación para enfrentar el impacto de los riesgos... desarrollar una cultura de prevención y seguridad entre todos los sectores de la sociedad" (NaDMA, 2024).	Emite alertas y advertencias tempranas, dar respuesta inmediata ante emergencias. Proporciona acciones de recuperación post-inundación. Reduce la vulnerabilidad en asentamientos informales e infraestructura clave. Trabaja en colaboración con otras instituciones

			nacionales e internacionales.
	 Ministry of Infrastructure and Physical Development, Public Utilities, Civil Aviation & Transportation	"Regular las operaciones generales para el uso eficiente y rentable de los recursos y la implementación de las políticas del gobierno nacional; supervisar y gestionar los servicios de ingeniería, arquitectura y construcción para garantizar que los proyectos sean rentables, cumplan con los estándares establecidos y alcancen la calidad requerida. El Ministerio también tiene la responsabilidad del mantenimiento de los edificios gubernamentales, la regulación de las instalaciones eléctricas y la educación sobre los códigos y prácticas aplicables en todo Granada." (MOID, 2023).	Reduce riesgos e incremento de la resiliencia frente a inundaciones urbanas, fluviales y costeras. Hace ejecución de obras públicas como el muro de contención en River Road (Río St. John) y sistemas de drenaje. Además, la colabora con actores locales e internacionales.
		NAWASA tiene “plena autoridad y poder sobre todas las aguas superficiales y subterráneas de Granada y tomará las medidas que sean necesarias o convenientes para los fines de: (a) conservar, aumentar, distribuir o redistribuir los recursos hídricos en Granada; (b) mantener y mejorar los sistemas de alcantarillado en Granada. La Autoridad recomendará al Ministro el establecimiento de áreas de suministro de agua y alcantarillado” (FAO, 2021).	Fortalece las redes de suministro de agua para enfrentar eventos climáticos extremos. Contribuye a la reducción de la vulnerabilidad de comunidades e infraestructuras básicas en áreas propensas a inundaciones. Impulsa al desarrollo económico y comunitario a través de una gestión del agua más eficiente y resiliente.

	 Ministry of Climate Resilience, The Environment & Renewable Energy	"Dedicado a abordar los desafíos urgentes del cambio climático, mejorar la sostenibilidad ambiental y promover la adopción de energías renovables. Establecido para liderar los esfuerzos de la nación en la construcción de resiliencia frente a los impactos climáticos, el ministerio desempeña un papel crucial en la coordinación de políticas, programas y proyectos que avanzan en estos objetivos" (MoE, 2019).	Hace coordinación de medidas de resiliencia para proteger poblaciones e infraestructura urbana costera vulnerable a inundaciones. Implementa de sistemas de drenaje e irrigación financiados por el Fondo Verde para el Clima. Participa en procesos de planificación y desarrollo para integrar criterios de reducción de riesgo. Colabora con actores locales e internacionales para fortalecer la preparación ante desastres relacionados con el clima.
		"Mejorar la calidad de vida del público granadino y la protección y mejora del medio ambiente mediante la provisión de una gestión eficaz y un servicio de residuos sólidos eficiente, confiable y aceptable... Asumir la responsabilidad de la recolección y eliminación de residuos sólidos" (GSWMA, 2025).	Disminuye el riesgo de inundación mediante la gestión adecuada de residuos que podrían obstruir los sistemas de drenaje. Implementó del Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos en St. George, con mejoras en el Vertedero de Perseverance. Contribuyó a la resiliencia climática al reducir la contaminación y los residuos plásticos que afectan el entorno urbano durante lluvias intensas.

			Extiende de la cobertura del servicio a aproximadamente el 98% reduciendo la acumulación de desechos en zonas vulnerables a inundaciones.
		“Esta Unidad gestiona y regula el uso físico del suelo en todo el estado, examina y aprueba planos de construcción. Su objetivo es guiar el desarrollo futuro del Estado mediante el establecimiento de un Plan Nacional de Desarrollo Físico, Planes de Áreas Locales y esquemas para el Desarrollo Nacional. Busca asegurar un desarrollo ordenado y progresivo del suelo, de manera que se proteja el medio ambiente y se conserve el patrimonio nacional. Implementa el Código de Construcción y las Directrices de Granada. Facilita una mayor eficiencia en la tramitación de solicitudes de aprobación para el desarrollo del suelo y el monitoreo de los desarrollos. Además, implementa y mantiene un Sistema de Información Geográfica (GIS) para mejorar la producción de la Unidad de Planificación Física” (CEPAL, 2025).	Elabora e implementa el Plan Nacional de Desarrollo Físico y planes locales, que integran directrices sobre uso del suelo en zonas propensas a inundaciones. Aplica el Código de Construcción, con directrices específicas para construcciones y mantenimiento de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

Organizaciones de la sociedad civil (OSC)		"Servir a la humanidad mediante la promoción de la salud y la seguridad, la preparación y respuesta ante desastres, el bienestar social y los programas juveniles. Construir una Granada más resiliente, una persona, una comunidad a la vez" (Grenada Red Cross, 2020).	Coordina de ayuda humanitaria durante y después de eventos de inundación. Hace distribución de suministros esenciales: alimentos, agua potable y materiales de refugio. Capacita le comunidad en reducción de riesgos de desastres (RRD) y primeros auxilios. Evalua de riesgos y vulnerabilidades humanas en St. George's para fortalecer la resiliencia ambiental y social.
Universidades y centros de investigación		Comprometidos con desarrollar la capacidad intelectual, la creatividad y el profesionalismo de nuestros estudiantes, sumergiéndolos en la rica diversidad de la experiencia y aspiración humanas. Como resultado, están preparados para moldear el futuro de nuestro mundo mientras contribuyen a la base de conocimientos de la humanidad (SGU, 2024a).	Durante desastres y emergencias como inundaciones, el Equipo de Gestión de Incidentes (IMT) mantiene un contacto constante con la Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Granada (NaDMA). En eventos de gran magnitud, un miembro del IMT se integra en el Puesto de Mando Nacional. Además, el liderazgo del Departamento de Servicios de Protección de la SGU (SGU DPS) actúa como miembro permanente del Comité

			Nacional Asesor de Emergencias (NEAC) de NaDMA.
		"Proporcionar oportunidades educativas accesibles y de calidad para ayudar a las personas a alcanzar sus metas personales y profesionales y atender las necesidades cambiantes del mercado laboral en nuestra sociedad en desarrollo... El Colegio está dedicado a expandir y enriquecer las oportunidades educativas para todos los ciudadanos, mejorando el desarrollo general de la nación" (TAMCC, 2025a).	Participe en entrenamientos sobre calidad del agua y continuidad de negocios tras desastres. Hace actividades de limpieza y respuesta comunitaria lideradas por estudiantes y personal docente. Colabora con NaDMA en simulacros de emergencia como el Caribe Wave 24, fortaleciendo la preparación ante tsunamis e inundaciones.
Sector empresarial		Proporcionar la máxima satisfacción al cliente mediante la oferta de servicios de calidad, precios justos, variedad y total comodidad para las compras. Ser el mejor minorista y el mejor empleador en cada mercado en el que	Provisión de bienes esenciales (alimentos, agua, suministros de emergencia) durante eventos de desastre en St. George. Conducta

		se opera. La responsabilidad principal es operar el mejor supermercado posible, donde comprar y trabajar siempre sean un placer y donde el cliente siempre reciba un valor real (Real Value Supermarket, IGA, 2025).	limpieza y mantenimiento de los sistemas de drenaje cercanos a sus instalaciones para reducir riesgos de inundación.
		Ambiente de intimidad, con todas las comodidades para unas clásicas vacaciones caribeñas. El tema de diseño ejemplifica la vida amerindia de hace siglos, haciendo de este un resort único en Granada (Coyaba, 2025).	Implementa de superficies permeables y jardines en 5.5 acres para facilitar el drenaje natural y evitar acumulación de agua. Colabora con autoridades locales en proyectos de conservación costera y mejoras en sistemas de drenaje. Toma de medidas proactivas para proteger su infraestructura hotelera frente a fenómenos climáticos extremos con beneficios externos.

a) Funcionarios públicos en St. George

Establecida en 1985 bajo el Proyecto de Preparación para Desastres del Caribe Panamericano, la *Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA)* de Granada actúa como el organismo central para coordinar actividades relacionadas con desastres (NaDMA, 2024) en los estados triinsulares de Granada, Carriacou y Petite Martinique. Operando bajo el Ministerio de Seguridad Nacional, la misión principal de NaDMA es minimizar la pérdida de vidas y propiedades, al tiempo que asegura medidas sólidas de preparación, respuesta y mitigación para abordar los peligros. La visión es desarrollar una cultura de prevención y seguridad en la nación. La agencia está dirigida

por el Dr. Terence R. Walters, PhD, MPH, quien funge como el Coordinador Nacional de Desastres. Con experiencia en Educación, Prevención de Drogas, Gestión de Desastres y Salud Pública, el Dr. Walters y su equipo aportan un enfoque integral a la gestión de desastres. Su trabajo abarca el desarrollo de planes nacionales de gestión de desastres, iniciativas de educación pública y la coordinación de respuestas de emergencia.

En el ámbito de la gestión de inundaciones, NaDMA ha tenido un impacto significativo en St. George mediante la emisión de alertas y advertencias. Realizan pronósticos a corto plazo, emiten avisos y responden a emergencias llevando a cabo rescates, proporcionando atención médica y ofreciendo refugio. Sus esfuerzos de recuperación se centran en la restauración de servicios públicos, la reparación de infraestructura y la reconstrucción de la comunidad, integrando medidas de prevención y mitigación. Entre sus actividades clave se encuentran la evacuación, el bombeo de agua de inundaciones, la evaluación de daños y la coordinación de asistencia internacional. A través de estas iniciativas, NaDMA ha desempeñado un papel crucial en la reducción de la vulnerabilidad de asentamientos informales e infraestructuras clave en St. George propensas a inundaciones.

NaDMA también colabora con diversas organizaciones, incluyendo Digicel, la Sociedad de la Cruz Roja de Granada, el Departamento de Aduanas e Impuestos, la Comisión Nacional de Regulación de Telecomunicaciones, la Autoridad de Gestión de Residuos Sólidos de Granada, la Organización del Sector Privado de Granada, la Asociación de Hoteles y Turismo de Granada, Texaco, SOL, la Universidad de St. George's, la Conferencia de Iglesias, Clubes de Servicio como Rotary y Salvation Army, la Junta Nacional de Comercialización e Importación, el Consejo de Sindicatos, el Consejo Nacional de la Juventud y el Grupo Interinstitucional de Organizaciones de Desarrollo (IAGDO), que actúa como un organismo paraguas para ONG en Granada. En relación con los riesgos de inundaciones, NaDMA opera a través de sus Subcomités Nacionales, que gestionan áreas como la educación pública, gestión de refugios, transporte y despeje de carreteras, evaluación de daños y necesidades, servicios de salud, asistencia en desastres, telecomunicaciones de emergencia, planificación de evacuación y respuesta ante inundaciones.

El Ministerio de Desarrollo de Infraestructura de Granada regula de manera rentable el uso de los recursos y las políticas del gobierno nacional, y es responsable de planificar, construir y mantener la infraestructura gubernamental del estado triinsular (GoG, 2025***) Como parte de un

ministerio multifacético que abarca Desarrollo de Infraestructura y Física, Servicios Públicos, Aviación Civil y Transporte, su misión es supervisar el desarrollo sostenible de los servicios públicos, las redes de transporte y la planificación urbana (MOID, 2023). El Ministerio asegura que los proyectos de infraestructura se alineen con las consideraciones ambientales y los objetivos nacionales. Actualmente está dirigido por Kevin Blache, quien posee una maestría en Ingeniería Geotécnica. El equipo incluye funcionarios con títulos avanzados en disciplinas como ingeniería civil, arquitectura y gestión de proyectos. Estos expertos guían al Ministerio en la aplicación y enseñanza de códigos y prácticas en todo St. George's.

En cuanto a la gestión de inundaciones, el Ministerio desempeña un papel fundamental en la mitigación de riesgos, mejorando la resiliencia y reduciendo la vulnerabilidad en St. George. Ha liderado iniciativas como el proyecto del río St. John's construyendo muro de contención en River Road, y mejoras en los sistemas de drenaje urbano para manejar inundaciones pluviales, fluviales y costeras. La colaboración es un componente clave de sus esfuerzos, ya que el Ministerio trabaja con partes interesadas locales e internacionales para incorporar estrategias de resiliencia climática en los proyectos de infraestructura. En 2022, el Banco Mundial aprobó \$15 millones para fortalecer la infraestructura de transporte frente a los riesgos naturales relacionados con el cambio climático, incluyendo la erosión costera y las inundaciones (BM, 2022b). Sin embargo, estos esfuerzos se ven desafiados por la mala planificación urbana, que ha generado asentamientos informales y la exposición de infraestructura básica en áreas costeras y bajas.

La Autoridad Nacional de Agua y Alcantarillado (NAWASA) establecido bajo la Ley del Parlamento No. 25 de 1990 de Granada es la entidad responsable de gestionar los recursos hídricos y los sistemas de saneamiento en todo el país (NAWASA, 2025a). Fundada para garantizar un suministro sostenible, su aumento, conversión y distribución. Construye y mantiene el sistema de alcantarillado público en la ciudad de St. George (NAWASA, 2025a). En noviembre 2023 Terrance Smith fue nombrado el Gerente General Interino, él es un ingeniero civil y sanitario (Now Grenada, 2023). El Plan Estratégico de NAWASA para 2025-2029 establece sus prioridades para los próximos cinco años, incluyendo 19 objetivos. Entre estos, se destacan la sostenibilidad financiera, la adaptación al cambio climático para abordar sus impactos, la infraestructura resiliente para soportar desastres y la educación comunitaria sobre conservación del agua,

tratamiento de aguas residuales y prácticas sostenibles, correspondientes a los objetivos 5, 8 y 13 (NAWASA, 2025c).

NAWASA ha reforzado las redes de suministro de agua para mejorar la resiliencia frente a eventos meteorológicos extremos. Algunos proyectos incluyen: el Proyecto de Abastecimiento de Agua del Sur de Granada en 2010, la Estación Elevadora de Alcantarillado #3 en 2013 y la Planta de Tratamiento de Agua Springs Gardens en 2014. En una declaración a Now Grenada (2023a), el Gerente General Interino destacó dos importantes proyectos de capital que se están implementando en respuesta al cambio climático: G-CREWS y UKCIF. En particular, el Proyecto G-CREWS tiene como objetivo hacer que el sector de agua de Granada sea más resiliente al clima y esté gestionado de manera más eficiente. Los cinco componentes del proyecto incluyen la gestión del agua resiliente al clima, el uso del agua, instalaciones que cumplan con los objetivos climáticos del país y la extensión del aprendizaje y la replicación a nivel regional. Estas iniciativas tienen como objetivo impulsar el crecimiento económico y promover el desarrollo comunitario.

El Ministerio del Medio Ambiente de Granada, oficialmente conocido como el Ministerio de Resiliencia Climática, Medio Ambiente y Energía Renovable, desempeña un papel fundamental en la conservación del medio ambiente, la gestión sostenible y la administración de los recursos naturales (Caribbean Biodiversity Fund, 2025). Como una institución gubernamental clave, está comprometido a garantizar la mejora de la capacidad de la isla para predecir, prepararse y responder a eventos desastrosos como inundaciones u otros peligros y tendencias relacionadas con el clima (GoG, 2025). Establecido para liderar los esfuerzos de Granada en resiliencia climática y protección ambiental, el Ministerio es responsable de formular e implementar políticas, proyectos y programas enfocados en mitigar los impactos del cambio climático y preservar los recursos naturales (MoE, 2019). La jefa de la División de Medio Ambiente es la Sra. Aria St. Louis. El Ministerio alinea sus objetivos con metas de resiliencia, protección ambiental y sostenibilidad.

El Ministerio colabora con socios locales e internacionales para fortalecer la preparación ante desastres y la resiliencia. Por ejemplo, a nivel local, hay representación en la autoridad de planificación y desarrollo para la aprobación de los planes de desarrollo. A nivel internacional, el Fondo Verde para el Clima financió un mecanismo destinado a infraestructura pública, como sistemas de drenaje e irrigación, así como a ecosistemas, con el objetivo de reducir las interrupciones en el sistema hídrico y promover la mejora en la conservación del agua y el suelo,

todo ello enfrentando las amenazas derivadas del cambio climático. Las acciones clave incluyen la adaptación al cambio climático, la promoción de la energía renovable, la protección ambiental, el desarrollo y la implementación de políticas, el fortalecimiento de la capacidad local y la cooperación internacional (MoE, 2019). El Ministerio del ambiente desempeña un papel vital en la protección de las poblaciones y la infraestructura en áreas urbanas costeras propensas a inundaciones.

La Autoridad de Gestión de Residuos Sólidos de Granada (GSWMA), fundada en 1995 como parte del Proyecto de Gestión de Residuos Sólidos y Generados por Buques de la OECS y constituida bajo la Ley No. 11 de 1995 y su posterior enmienda en la Ley No. 30 de 1995 (GSWMA, 2025). Desempeña un papel fundamental en la gestión de la recolección, disposición y reciclaje de residuos sólidos en Granada, Carriacou y Petite Martinique. Comprometida bajo su misión de mejorar la salud pública y la protección ambiental, la Autoridad emplea prácticas eficaces de gestión de residuos (GSWMA, 2025). Bajo la dirección del Gerente General, Lyndon Robertson, su equipo está compuesto por profesionales con experiencia en gestión ambiental, ingeniería de residuos y salud pública. A pesar de que la GSWMA tiene su mandato, las funciones relacionadas con la regulación y la aplicación han permanecido bajo el Ministerio de Salud de Granada.

En St. George, la GSWMA desempeña un papel fundamental en la gestión de inundaciones al abordar problemas relacionados con los residuos que pueden agravar estas situaciones. La autoridad también está activamente involucrada en campañas de educación pública y sensibilización sobre prácticas sostenibles de gestión de residuos. Desde 2014, la GSWMA puso en marcha el Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos, financiado mediante un préstamo del Banco de Desarrollo del Caribe. Este proyecto ha mejorado significativamente las operaciones y el diseño del Vertedero de Perseverance, incluyendo la reducción de la contaminación del aire y los efectos de gases de efecto invernadero entre un 30% y un 70% (Climate Resilience Portal, 2019). A nivel nacional, Granada participa en la iniciativa Reciclar OECS, que establece la base para reducir el volumen de residuos enviados a los vertederos. Cabe destacar que los plásticos representan aproximadamente el 13,8% del total de residuos (OECS Media Release 2023). Se ha ampliado el alcance de los servicios de recolección de residuos, cubriendo ahora aproximadamente

el 98 % de la población, con una orientación en áreas urbanas en especial (United Nations Statistics División 2019).

La Autoridad de planificación y Desarrollo Granada opera bajo la Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo No. 23 de 2016 fue creada con el propósito de establecer regulaciones que guíen el desarrollo físico de todas las tierras en Granada, tanto públicas como privadas¹². Sus principales objetivos incluyen garantizar el uso adecuado y sostenible de todas las tierras en el estado de las tres islas, asegurando que se beneficie el interés público. Asimismo, considera factores sociales, económicos y ambientales para ofrecer un desarrollo ordenado y eficiente de los recursos de la nación, promoviendo su uso sostenible para los habitantes. La ley también busca mejorar y preservar la calidad del entorno físico de los asentamientos humanos, contribuyendo al bienestar de la población. Otro aspecto fundamental es facilitar la subdivisión ordenada del suelo y la provisión de los servicios necesarios para su aprovechamiento adecuado. Además, fomenta el uso del suelo en el interés general de todos y por todos, garantizando que su utilización sea equitativa y sostenible para las generaciones presentes y futuras (UNEP, 2016).

En 2023, se llevó a cabo una reestructuración organizativa integral que convirtió la Unidad de Planificación Física del Gobierno en un organismo estatutario, momento en el que el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, Servicios Públicos y Aviación Civil dejó de ser la agencia ejecutora (Now Grenada, 2023b). Entre 2022 y 2025, el departamento tuvo cinco directores ejecutivos diferentes; sin embargo, el 10 de abril de 2025, el periódico Now Grenada publicó un anuncio de vacante para el puesto de director ejecutivo de la Autoridad de Planificación y Desarrollo.

La Autoridad de Planificación y Desarrollo (PDA) cuenta con dos departamentos principales: Planificación Prospectiva y Control del Desarrollo. En lo que respecta a la gestión de inundaciones, la PDA: a) examina, procesa y aprueba planos de construcción; b) supervisa los desarrollos urbanos; c) elabora el Plan Nacional de Desarrollo Físico, los Planes de Áreas Locales y esquemas

¹² LEY DE PLANIFICACIÓN FÍSICA Y CONTROL DEL DESARROLLO No. 23 de 2016 Para establecer disposiciones que permitan el desarrollo ordenado y progresivo del suelo, así como la preservación y mejora de sus servicios y características; para la concesión de permisos de desarrollo y otras facultades de control sobre el uso del suelo; para la regulación de la construcción de edificios y otros asuntos relacionados; para conferir poderes adicionales en cuanto a la adquisición y desarrollo del suelo para la planificación; y para la protección del patrimonio natural y cultural.

para el Desarrollo Nacional, además de implementar el Código de Construcción de Granada y sus directrices; d) implementa y mantiene un Sistema de Información Geográfica (CEPAL, 2025).

Los planes físicos desarrollados por la PDA asignan terrenos para conservación, desarrollo agrícola, usos residenciales, comerciales, industriales y turísticos, entre otros. Asimismo, incluyen disposiciones para el desarrollo de infraestructura, la construcción de edificios públicos, la asignación de espacios abiertos y la ejecución de proyectos de inversión en el sector público (CEPAL, 2025).

El 3 de noviembre de 2025, Now Grenada publicó un artículo sobre la Autoridad de Planificación y Desarrollo (PDA) lanzando una iniciativa de capacitación destinada a fortalecer la seguridad estructural y el cumplimiento de la construcción en Granada. En él se explicó que la PDA anunció la implementación de la Check Consultation Clause, un nuevo requisito de solicitud bajo el Código Regional de Construcción. Para apoyar esta iniciativa, la PDA se asocia con el Hon. Tony Gibbs, CHB FREng, un distinguido ingeniero regional, para dirigir sesiones de capacitación técnica con la Architectural Society, el Grenada Institute of Professional Engineers (GIPE) y las instituciones financieras locales (Now Grenada, 2025).

Now Grenada (2025) agregó que el programa tiene como objetivo mejorar la integridad estructural de los proyectos de construcción, garantizando que se cumplan los estándares internacionales de seguridad, resiliencia y sostenibilidad. También se enfoca en el entorno multirriesgo de la isla, que incluye amenazas de fuertes vientos, terremotos y seguridad estructural, orientando a los profesionales sobre cómo integrar el proceso de Check Consultant en el diseño, financiamiento y etapas de aprobación de los proyectos.

Las dimensiones de planificación urbana y rural del mandato de la PDA no se reflejan claramente en este programa. El enfoque está en el cumplimiento de la ingeniería estructural, destacando los aspectos técnicos y regulatorios de la seguridad en la construcción. Esto apunta a una brecha, que señala la necesidad de fortalecer los vínculos institucionales entre las funciones de planificación de la PDA para guiar el desarrollo futuro mediante planes y estrategias urbanas y rurales y sus funciones de control del desarrollo que garantizan la seguridad estructural y el cumplimiento normativo.

Además, Buchholz (2020) encontró que los peligros hidrológicos y meteorológicos, como las inundaciones, son uno de los riesgos globales más comunes, con un período de retorno de aproximadamente 2,7 años en Granada. Sin embargo, la planificación del uso del suelo, la

zonificación y el control del desarrollo espacial son aspectos que se pasan por alto, a pesar de ser fundamentales para la resiliencia frente a inundaciones.

Actualmente, la PDA carece de planificadores urbanos; por lo tanto, el departamento no ha elaborado planes de uso del suelo. Esta falta de experiencia especializada limita su capacidad para diseñar estrategias integrales a largo plazo para el uso del suelo, la zonificación y la infraestructura. En consecuencia, la falta de planificación urbana podría generar mayores costos en el futuro y desafíos más complejos que serán más difíciles de abordar con el tiempo.

b) Organizaciones de la Sociedad Civil en St. George

La Sociedad de la Cruz Roja de Granada fue establecida en Granada como una sociedad nacional independiente en agosto de 1987 (OCHA, 2025). Es una organización humanitaria que forma parte de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC). La organización en Granada se alinea con el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional 2020-2035 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Cuenta con 7 principios fundamentales, entre ellos humanidad, independencia, neutralidad, universalidad, imparcialidad, unidad y servicio voluntario (Grenada Red Cross, 2020).

Su misión consiste en servir a la humanidad promoviendo la salud y la seguridad, preparándose y respondiendo a desastres como inundaciones, así como en el bienestar social y la provisión de programas juveniles. Su visión es construir una comunidad local más resiliente, una persona y una comunidad a la vez. Actualmente dirigida por Samantha Dickson, MSc, una experta con más de 32 años de experiencia en gestión de desastres, educación y trabajo social, la organización asegura que sus iniciativas estén adaptadas a las necesidades locales y guiadas por una experiencia especializada.

La Cruz Roja de Granada supervisa responsabilidades fundamentales, que incluyen coordinar los esfuerzos de ayuda durante emergencias, la preparación para desastres, los programas de alcance comunitario y la capacitación en primeros auxilios. Ha realizado contribuciones significativas para mitigar los efectos de las inundaciones en St. George's a través de medidas de reducción de riesgos de desastres y esfuerzos de respuesta rápida. La organización ha proporcionado suministros esenciales, como alimentos, agua y materiales para refugios, para apoyar a las comunidades afectadas. Para facilitar el alcance comunitario, el Nature Conservancy

se asoció con la Cruz Roja de Granada. La Cruz Roja de Granada evalúa los riesgos y la vulnerabilidad humana; sin embargo, esta colaboración se amplió para incluir la naturaleza como parte de la evaluación de la capacidad de vulnerabilidad en la isla.

c) Universidades y Centros de Investigación en St. George

La Universidad de St. George (SGU), una importante institución académica en Granada fundada en 1976 y es uno de los mayores proveedores de médicos para residencias de primer año en los Estados Unidos durante la última década (SGU, 2024a). Además, la facultad de medicina cuenta con el mayor número de estudiantes graduados por año. Se dedica a promover la educación avanzada, la universidad pone un fuerte énfasis en la Facultad de Medicina, Medicina Veterinaria y Artes y Ciencias, esta universidad aborda desafíos ambientales ofreciendo licenciaturas (BSc) en Biología Marina, de Vida Silvestre y Conservación. Además, en los estudios de posgrado, proporciona un Máster en Salud Pública y, en el Departamento de Ciencias Veterinarias, un doctorado (PhD) en Medicina Marina y Conservación de Vida Silvestre. La universidad está dirigida por profesionales altamente capacitados con títulos de PhD, M.Phil, MVS, MSc y MD en áreas como Epidemiología, Salud Pública, Medicina Preventiva, Políticas de Salud, entre otros (SGU, 2024a).

SGU ha realizado importantes aportaciones a la gestión de inundaciones en St. George a través de iniciativas desde la Asociación de Estudiantes y el Departamento de Seguridad Pública, se brindó apoyo para la recuperación de la isla. Los estudiantes ofrecieron su ayuda en Carriacou después del paso del Huracán Beryl el 1 de julio de 2024, colaborando en tareas de construcción y asistencia comunitaria. Además, la universidad trabajó en conjunto con la Sociedad de la Cruz Roja de Granada, participando como voluntarios en labores de limpieza. SGU también creó una página en GoFundMe y se asoció con el Grenada Yacht Club para agilizar los envíos de donaciones. En general durante emergencias relacionadas con el clima, el Equipo de Gestión de Incidentes de SGU trabaja estrechamente con la Agencia Nacional de Gestión de Desastres de Granada para asegurar una comunicación efectiva. Además, SGU ha desarrollado un plan de emergencia integral para gestionar eventos climáticos severos que puedan amenazar la isla (SGU, 2024b).

El T. A. Marryshow Community College (TAMCC), es una institución pública establecido en julio de 1988 (TAMCC, 2025a). Esta reconocido como la única institución de educación superior en Granada, ofrece una amplia variedad de programas en campos como las artes, ciencias estudios profesionales, disciplinas técnicas y educación continua (UNEVOC UNESCO, 2025). La misión de TAMCC es proporcionar oportunidades educativas de calidad y accesibles que respondan a las necesidades cambiantes del mercado. Su equipo de liderazgo incluye educadores y profesionales altamente calificados, muchos de los cuales poseen títulos avanzados como doctorados, maestrías en ciencias (MSc) y maestrías en ingeniería (MEng) en diversas disciplinas. El equipo guía a los estudiantes que buscan títulos de asociado, diplomas técnicos y certificados en campos especializados.

El TAMCC contribuye al fortalecimiento de la resiliencia mediante el desarrollo de capacidades locales. En 2019, se llevó a cabo un entrenamiento sobre Monitoreo de Calidad del Agua y Continuidad de Negocios Posterior a Desastres. El Colegio está ubicado en Tanteen, St. George, el campus principal de TAMCC es conocido por ser afectado por inundaciones (Now Grenada, 2019). En enero de 2025, la Comisión Nacional de Regulación de Telecomunicaciones (NTRC, por sus siglas en inglés), a través de su Programa del Fondo de Servicio Universal (USF), financió al colegio para equipar las aulas con pizarras inteligentes, cámaras para transmitir clases en vivo y otras herramientas para mitigar los desafíos causados por las inundaciones (TAMCC, 2025b). El TAMCC lleva a cabo iniciativas de limpieza en las áreas afectadas con la participación de profesores, estudiantes y voluntarios. El colegio está asegurado, ya que su ubicación es altamente susceptible a inundaciones. Además, Charles, (2024) menciona que el TAMCC colabora con NaDMA Granada para realizar un simulacro de tsunami como parte del Ejercicio Anual Caribe Wave 24 en marzo de 2024. Estos esfuerzos han aumentado la conciencia y brindado habilidades prácticas para reducir eficazmente los riesgos de inundaciones.

d) Sector empresarial

Real Value Supermarket, parte de la Independent Grocers Alliance (IGA), fundada en los EE. UU. en 1926 (Real Value 2025), está ubicado en Morne Rouge, Granada, y es un establecimiento líder en el comercio minorista que atiende a St. George y, por extensión, a la comunidad granadina. Su misión es ofrecer la mejor satisfacción en el servicio al cliente, proporcionando servicios de

calidad, precios equitativos, una variedad de suministros y accesibilidad total para las compras. Su visión es ser reconocido como el mejor minorista y empleador, con una filosofía de operar el supermercado más destacado posible, proporcionando verdadero valor. El Director General es el Sr. Hassan Hadeed, y el supermercado está dirigido por un equipo de liderazgo con experiencia en gestión minorista y logística de la cadena de suministro, garantizando operaciones eficientes y un suministro constante de productos.

En cuanto a la gestión de inundaciones, Real Value Supermarket opera en una zona propensa a inundaciones y ha contribuido significativamente a los esfuerzos de respuesta ante desastres en St. George. El supermercado ha suministrado productos esenciales como alimentos, agua y provisiones de emergencia durante crisis. Además, Real Value Supermarket realiza la limpieza de sus alrededores, incluyendo la desobstrucción de los sistemas de drenaje que frecuentemente provocan inundaciones en la comunidad donde está ubicada por lo tanto Real Value Supermarket ha ayudado a fortalecer la resiliencia de St. George frente a los desafíos relacionados con las inundaciones.

Coyaba Beach Resort es un negocio familiar propiedad de la familia Cherman, que abrió en 1987 y está ubicado en Grand Anse Beach en Morne Rouge, Granada (Coyaba Beach Resort, 2025). El hotel pasó de tener 30 habitaciones en 1987 a agregar diez más en 1989; en 1995 se añadieron otras 30 habitaciones y, tras su destrucción por el huracán Iván en 2004, ahora cuenta con 80 habitaciones. Reconocido por su compromiso con el turismo sostenible, Coyaba Beach Resort se centra en ofrecer comodidades como centro de fitness, tienda de regalos y salas de reuniones. También dispone de piscina, pistas de shuffleboard y servicios de spa, además de actividades recreativas como tenis de mesa y deportes acuáticos. Logran equilibrar la preservación de la belleza natural y el medio ambiente.

El director general del resort es Andre Cherman, y la gestión está a cargo de un equipo de expertos en administración hotelera y campos relacionados, muchos de los cuales poseen títulos avanzados en finanzas, recursos humanos, operaciones y otras áreas relevantes. El resort cuenta con atributos que ejemplifican la vida indígena arawak de siglos atrás.

En cuanto a la gestión de inundaciones, Coyaba Beach Resort ha realizado contribuciones significativas para fortalecer la resiliencia de St. George's. Ha mejorado el drenaje en su propiedad

mediante la implementación de superficies permeables con cinco acres y medio que incluyen jardines que ayuda evitar la acumulación de agua y las inundaciones durante lluvias intensas, tanto en la temporada de lluvias como fuera de ella. Además, el resort tiene reuniones con las autoridades locales para aportar a los proyectos de conservación costera, sistemas de drenaje y la afectación de playas en Morne Rouge Granada. Como entidad del sector privado, Coyaba toma la iniciativa de proteger su infraestructura mientras brinda beneficios indirectos a la comunidad circundante al reducir los riesgos de inundaciones.

6.2.2 Perspectivas de los actores sociales respecto a la gobernanza e inundaciones urbanas

Derivado del trabajo de campo y las entrevistas con los actores sociales, se puede identificar que existe un mediano conocimiento sobre la gobernanza urbana, aunque se reconoce su importancia por permite la colaboración de los actores. Las partes interesadas destacaron una variedad de perspectivas sobre la gobernanza urbana de inundaciones y su papel en abordar los desafíos relacionados con las inundaciones. Todas coincidieron unánimemente en la necesidad de mejorar la coordinación y la ejecución para fortalecer la gobernanza urbana y minimizar los impactos de las inundaciones en Granada.

Similar a Cozumel, las perspectivas compartidas por los actores en Granada muestran opiniones diversas pero conectadas sobre la gobernanza urbana de las inundaciones en St. George's. La gobernanza urbana es clave para coordinar los esfuerzos entre funcionarios públicos, universidades y centros de investigación, el sector empresarial y las organizaciones de la sociedad civil.

A continuación, se presentan testimonios de los actores sociales recopilados durante la etapa de investigación de campo:

Jefe Técnico Oficial de Desarrollo de Infraestructura confirmó que *“tal vez debería haber una unidad especial o un subconjunto del ministerio que se encargue de eso... a gran escala, el Ministerio intenta colaborar con otras agencias como NAWASA, entre otras, pero en última instancia, probablemente necesitaríamos a alguien cuya atención esté centrada en eso”* (CTO, Desarrollo de Infraestructura, comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Director de la Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA) aseveró que “la gobernanza es importante porque las políticas, los planes y cualquier documentación, ya sea legislación, también guían lo que hacemos” (Director de NaDMA, comunicación personal, 26 de enero de 2025).

Vicedirector T. A. Marryshow Community College (TAMCC), afirmó que *“Para mí, es el brazo encargado de elaborar políticas de cualquier institución o economía, y por supuesto, es importante. Son los impulsores y con políticas y planificación adecuadas pueden llevar a la organización, la isla o la economía en la dirección que quieren que tome”* (Vicedirector TAMCC, comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Capitán de la Universidad de St. George (SGU), expresó que “la gobernanza es fundamental porque proporciona el marco para cómo se maneja el desastre y cómo nos recuperamos como resultado” (Capitán DPS, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Presidenta de la Cruz Roja Granada mencionó que “debemos asegurarnos de que las políticas estén en su lugar y, posteriormente, encontrar los recursos para que los implementadores, que cuentan con personal, puedan realizar el trabajo” (Presidenta de la Cruz Roja, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Gerente de Operaciones del Supermercado Real Value afirmó que *“Creo que es importante, es importante, todos son responsables; la educación es una de las claves para aumentar la conciencia de las personas sobre la importancia de administrar y gobernar su entorno y sus propiedades. Si todos hacen su parte y el gobierno lo respalda y cumple con la suya, sería un esfuerzo integral que, creo, ayudará a mitigar los efectos y gestionarlos”* (Gerente de Operaciones del Supermercado Real Value, comunicación personal, 21 de enero de 2025).

Las opiniones compartidas por los actores sociales en Granada muestran que la gobernanza urbana tiene un papel muy importante en el manejo de las inundaciones en la isla. La gobernanza urbana ayuda a coordinar esfuerzos e integrar políticas, planes, proyectos y programas. Son necesarios departamentos especializados, como la educación pública, que es clave para crear

conciencia y responsabilidad compartida entre la población de St. George's. Por eso, se necesita un enfoque estratégico completo que logre un equilibrio entre el desarrollo de políticas sólidas, la reducción del riesgo de inundaciones y la protección del medio ambiente.

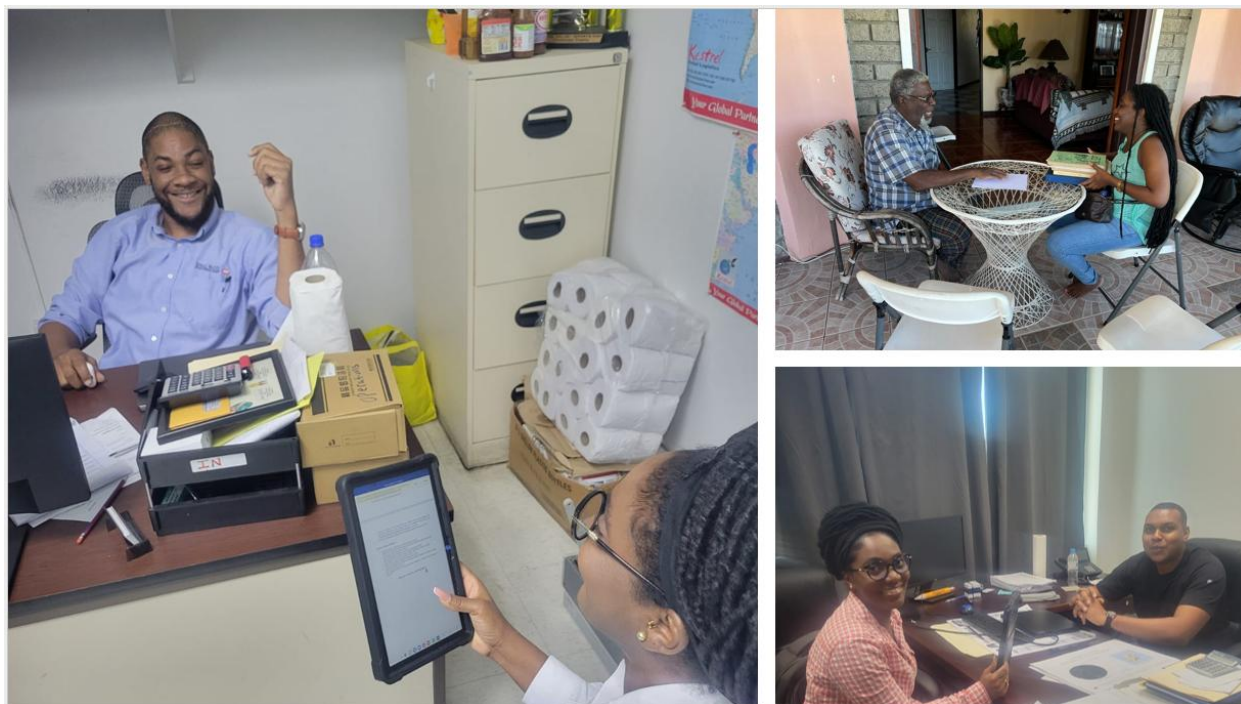


Ilustración 85 Trabajo de Campo St. George

6.2.3 Matriz de actores y red de gobernanza urbana

Aquí se presentan los hallazgos obtenidos a partir del mapeo de actores, la clasificación de recursos y el análisis de relaciones. Se examina cómo los actores clave interactúan y cómo sus niveles de poder e interés afectan la resiliencia ante inundaciones en St. George's.

Tabla 20 Relación entre actores St. George

Modelo de resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática. Análisis comparativo de Cozumel México y St. George Granada

		Funcionarios públicos						Universidades y centros de investigación		OSC	Sector Empresarial	
		Agencia Nacional de Gestión de Desastres	Secretaría de Desarrollo de Infraestructura	NAWASA	Secretaría del Medio Ambiente	GSWMA	Autoridad de Planeación y Desarrollo	Universidad de Saint Georges	T. A. Marryshow Community College	Cruz Roja Granada	Coyaba Beach Resort	Real Value Supermarket IGA
Funcionarios públicos	Agencia Nacional de Gestión de Desastres		2	2	2	2	1	2	2	2	1	1
	Secretaría de Desarrollo de Infraestructura	2		1	1	1	2	0	1	0	1	1
	NAWASA	2	1		1	1	2	1	1	1	1	1
	Secretaría del Medio Ambiente	2	1	1		2	2	1	1	1	1	1
	GSWMA	2	1	1	1		1	1	1	1	0	0
	Autoridad de Planeación y Desarrollo	1	2	2	2	1		0	0	0	0	0
Universidades y centros de investigación	Universidad de Saint Georges	2	0	1	1	1	0		0	1	0	0
	T. A. Marryshow Community College	2	1	1	1	1	0	0		1	0	0
OSC	Cruz Roja Granada	2	0	1	1	1	0	1	1		0	0
Sector Empresarial	Coyaba Beach Resort	1	1	1	0	0	0	0	0	0		0
	Real Value Supermarket IGA	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Interacciones de los actores St. George

Tabla de los sectores de actores	
NADMA	1
Ministry of Infrastructure Development	1
Ministry of the Environment	1
NAWASA	1
GSWMA	1
Autoridad de Planificación y Desarrollo	1
Grenada Red Cross	2
St. George's University	3
T. A. Marryshow Community College	3
Real Value Supermarket	4
Coyaba Beach Resort	4

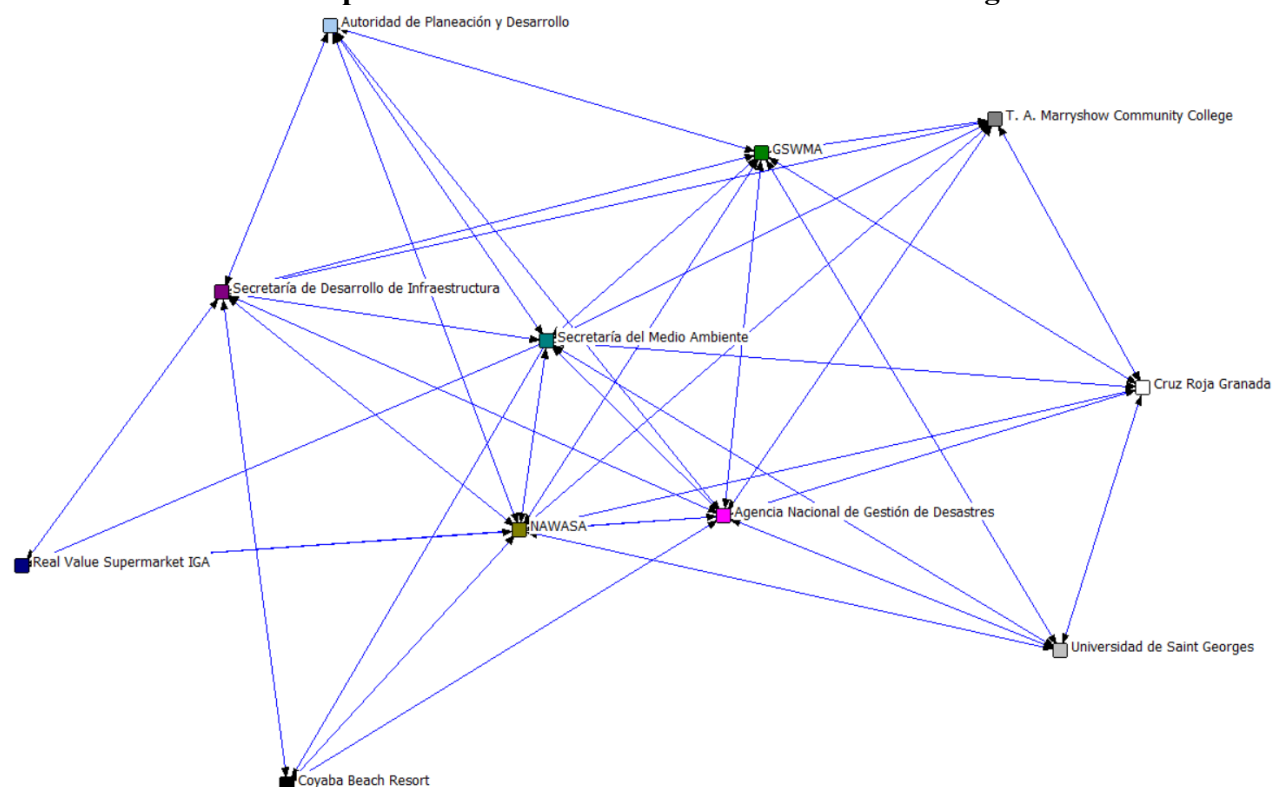
Tabla de los recursos de los actores	
NADMA	1
Ministry of Infrastructure Development	1
Ministry of the Environment	1
NAWASA	2
GSWMA	2
Autoridad de Planificación y Desarrollo	2
Grenada Red Cross	4
St. George's University	5
T. A. Marryshow Community College	5
Real Value Supermarket	3
Coyaba Beach Resort	3

Tabla de sectores de los actores	
1	Funcionarios públicos
2	Organización de la Sociedad Civil
3	Universidades y centros de investigación
4	Sector empresarial

Tabla de recursos de los actores	
Valor	Recurso
1	Político
2	Normativo
3	Financiamiento
4	Humano
5	Cognitivo

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 86 Mapa de relaciones entre actores clave en St. George Granada



Fuente: Elaboración propia utilizando UCINET 6.814

Como se puede observar, la gobernanza urbana en Cozumel y St. George's difiere significativamente respecto a la densidad de las redes, los tipos de instituciones con roles centrales en la respuesta a inundaciones y su capacidad para fomentar un entorno de resiliencia frente a inundaciones.

Cozumel tiene una red más extensa y densa, con conexiones más fuertes entre los actores, mientras que St. George's presenta un conjunto de relaciones más pequeño y menos compacto. En St. George's, los actores con mayor centralidad son el Ministerio del Medio Ambiente, NaDMA, NAWASA, en menor medida GSWMA también desempeñan roles clave de acuerdo con los actores; sin embargo, NAWASA a pesar de tener una centralidad significativa la institución tiene un trato con todas las organizaciones por su naturaleza operativa como institución responsable del servicio básico. En este caso no significa que exista exclusivamente mayor colaboración porque la mayoría de su relación con otros actores es de intermitencia. En Granada, la gobernanza urbana

está más centralizada, con la autoridad nacional y los ministerios relevantes ocupando posiciones centrales en la red.

En Granada, aunque hay menos actores, sus conexiones parecen ser más estratégicas. Empresas como Real Value Supermarket y Coyaba Beach Resort, y OSC como la Cruz Roja de Granada, parecen estar más integradas que en Cozumel. Además, la Universidad de St. George (SGU) y el T.A. Marryshow Community College (TAMCC) mantienen conexiones directas con el sistema nacional de gobernanza urbana. SGU es miembro del comité de NaDMA, y TAMCC participa en simulacros y otras actividades, a diferencia de la situación en Cozumel, donde la participación académica es menos prominente.

St. George tiene una gobernanza urbana más centralizada y estratégica. Aunque la red de actores es más pequeña, potencialmente puede tener una respuesta del sistema más rápida. Sin embargo, carece de diversidad, capacidad y cuenta con recursos limitados. La autoridad de planeación y control de desarrollo no tiene una posición central significativa, esto indica que, a pesar de su poder institucional para influir en el territorio, no participa de manera activa en los espacios de coordinación interinstitucional gestión de las inundaciones. Granada puede favorecer de unas relaciones más diversificadas y descentralizadas con la participación y incorporación comunitaria en asentamientos vulnerables y también profundizar la participación de la sociedad civil.

7. Análisis de la resiliencia en ciudades costeras frente a inundaciones

Este apartado tiene como finalidad, analizar los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones en los estudios de caso de Cozumel, México, y St. George's, Granada. Se identifican cinco elementos estructurales de resiliencia en cada caso, que incluyen: el interés general de las instituciones que gestionan las inundaciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad en red, la articulación de políticas frente a las inundaciones en Cozumel y la gestión en la sociedad en red. Este enfoque identificar las características específicas de ambos estudios de caso, así como señalar las fortalezas y debilidades de cada uno, culminando en una tabla comparativa que resume cada elemento estructural para ambos casos de estudio.

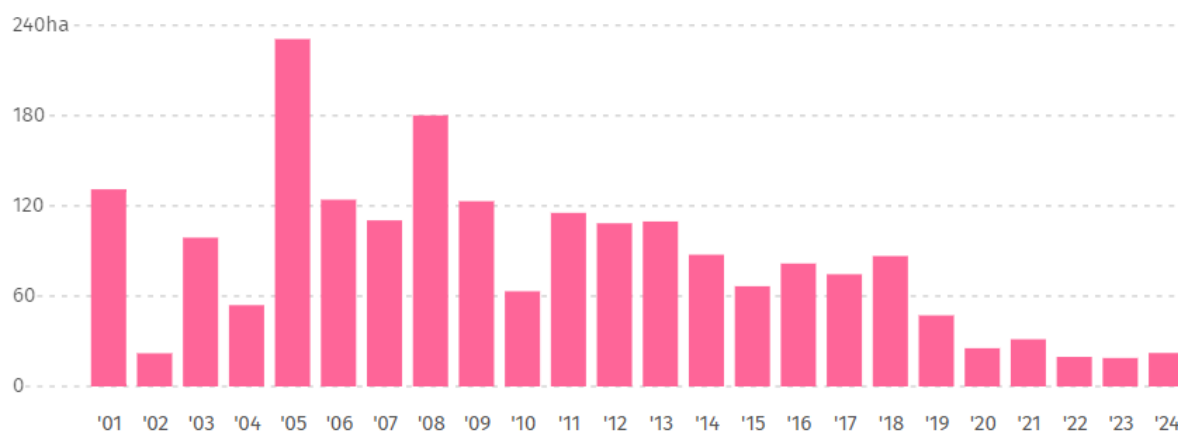
7.1 Cozumel, México

7.1.1 Interés general de las instituciones

El interés general de las instituciones incorpora los objetivos y responsabilidades colectivas que las entidades locales implementan para abordar las inundaciones en Cozumel, en beneficio del bien común de sus habitantes. Para ello, es fundamental comprender la percepción de los funcionarios públicos de Cozumel, considerando a funcionarios del Departamento de Desarrollo Urbano, Tratamiento de Aguas Residuales de CAPA y de la Subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel, respecto al uso de suelo, deforestación, el desarrollo no regulado, especificaciones de diseño, zonificación del riesgo, protección contra inundaciones, así como monitoreo y regulación.

Respecto al uso del suelo en Cozumel, desempeña un papel importante en las inundaciones, ya que existe una relación positiva entre la urbanización y las superficies impermeables. Además, la deforestación reduce la capacidad del suelo para absorber agua. Global Forest Watch (2025) informó que, en 2020, Cozumel contaba con 39.8 mil hectáreas (kha) de bosque natural, lo que representaba el 82 % de su superficie terrestre. En 2024, se perderán 18 hectáreas de bosque natural, lo que equivale a 6.43 mil toneladas de emisiones de CO₂.

Ilustración 87 Pérdida de cobertura arbórea en Cozumel, Quintana Roo, México



Fuente: Global Forest Watch (2025)

La deforestación, de acuerdo con Global Forest Watch (2025) de 2001 a 2024, Cozumel perdió 2.03 kha de cobertura arbórea, equivalente al 5.0 % del área cubierta por árboles en el año 2000, y 710 mil toneladas de emisiones de CO_{2e}. Esta cifra no toma en cuenta las ganancias de cobertura arbórea en el mismo periodo. Los factores que explican la deforestación se atribuyen al cambio en los siguientes usos del suelo incluye productos básicos (materias primas duras): 350 ha, agricultura permanente: 544 ha y asentamientos e infraestructura: 786 ha. El año con mayor pérdida de cobertura arbórea por incendios durante este período fue 2005, con 35 hectáreas perdidas, lo que representa el 15 % de la pérdida total de cobertura arbórea de ese año (Global Forest Watch, 2025). Así mismo, entre 2000 y 2020, Cozumel experimentó una pérdida neta de 727 hectáreas (-14 %) en cobertura arbórea, compuesta por Bosque estable: 3 ha, Ganancia: < 1 ha, Pérdida: < 1 ha, Bosque perturbado < 1 ha (Global Forest Watch, 2025).

Por otro lado, el desarrollo no regulado ha generado una presión adicional sobre la infraestructura. Palafox-Muñoz y Rubí-González (2020) mencionan que “la infraestructura de tratamiento de aguas residuales está al límite de su capacidad y el sistema hidráulico de la ínsula se encuentra rebasado, lo que provoca inundaciones continuas en zonas de alta densidad poblacional”. Esto evidencia la necesidad de una mejor integración entre las políticas de uso del suelo y las políticas de gestión del riesgo de inundaciones.

Las especificaciones de diseño, refieren a los edificios e infraestructuras, reduzcan los efectos de las inundaciones e incluyen medidas como la altura mínima de las estructuras y el uso de materiales resistentes a inundaciones, como concreto y acero. Sin embargo, en Cozumel no

existen especificaciones de diseño orientadas a la prevención de inundaciones. Al cuestionar a las autoridades locales sobre la existencia de requisitos de infraestructura preventiva y normas de diseño en zonas de inundación

Jefe de Departamento de Desarrollo Urbano menciona *“En el reglamento de construcciones ahorita te marca que tus descargas de tu casa dependiendo el volumen que tengas de construcción tienes que tener un pozo de absorción si tienes condominios ahora se te pide que este tus descargas se vayan directo al pozo de absorción pero que regulemos las alturas no, lo que pasa es que es colonias donde se inundan son las primeras son antiguas hay personas que sí toman la medida de subir los niveles del primer piso, pero como dirección no”* (comunicación personal, 23 de mayo de 2025).

Jefe de Tratamiento de Aguas Residuales de CAPA *“no, no existen, no hay por qué prácticamente en las zonas inundables ya quedaron solucionados, otros sí se inundan, pero no es tan pero ocupante. por ahora”* (comunicación personal, 21 de mayo de 2025).

La zonificación del riesgo, que es una medida técnica que lo pueden implementar en áreas identificados propensas a inundaciones, en Cozumel la respuesta es afirmativa en relación con zonas de inundación declaradas

Jefe de Desarrollo Urbano *“bueno existe una en la zona sur, se inunda la carretera, pero la carretera está en pasa sobre unos humedales hay una laguna natural. Pues la laguna natural sube su nivel entonces el agua busca por lógica busca donde salir y pase al bar que está luego está la carretera luego están el área de mar”* y estas zonas que están a inundables costeras están establecido por el medio ambiente (comunicación personal, 23 de mayo de 2025).

Jefa de La subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel respondió que *“sí, es bueno sobre todo en la costa oriental que, aunque no hay viviendas siempre se evacua gente porque las olas suben mucho terminan hasta rompiendo la carretera”* y el departamento de Ecología ayuda a establecer estas zonas (comunicación personal, 27 de mayo de 2025).

La protección contra inundaciones ya sea federal, estatal o municipal, es una necesidad pública. La combinación de soluciones naturales y estructurales es una responsabilidad pública, y las instituciones, y por lo tanto, los funcionarios públicos, están en condiciones de implementar estos proyectos, ya que estas inversiones a gran escala requieren financiamiento público, subvenciones internacionales y ayuda que solo puede obtenerse a nivel estatal.

Finalmente, respecto al monitoreo y regulación de la resiliencia urbana ante inundaciones, que depende de infraestructura esencial como la cobertura del drenaje pluvial, su estado y funcionalidad. Se pueden utilizar indicadores para evaluar el progreso al preguntar sobre la funcionalidad del sistema de drenaje en la isla y su frecuencia de revisión. Las siguientes fueron las respuestas:

Jefa de La subdirección de Ecología del Ayuntamiento Municipal Cozumel menciona “en la isla, pues cada administración. Cada cambio de administración se revalúa en el comité de cuencas junto con CAPA estampas del estado” (comunicación personal, 27 de mayo de 2025).

Jefe de Tratamiento de Aguas Residuales de CAPA: *“Mira, nosotros nos llevamos por indicadores. ¿Qué significa esto? Que donde nos reportan que hay un drenaje obstruido, hacemos presencia y llevamos un camión denominado “Pacto”.*

Pero encontramos que los problemas son ocasionados por la misma gente, porque tiran muchas grasas y aceites. Esto forma bolas de grasa de gran tamaño, que incluso dentro de una tubería impiden que fluya el agua residual. Eso nos ocasiona problemas, porque a veces en las partes más bajas empieza a rebosar el drenaje.

Otra cosa es que la gente es muy dada a levantar las tapas de los pozos y arrojar todo tipo de cosas: perros muertos, pedazos de escoba, trapos, estopas... hasta pedazos de colchón nos hemos encontrado. Entonces, es una clara falta de cultura. No entienden el impacto. Ellos dicen “que se vaya”, pero no se va. Ocasionan un problema, no una solución. Lo que tenemos es un drenaje sanitario, no un drenaje de basura ni nada por el estilo. Para eso está el basurero municipal.

Además, por la antigüedad del drenaje sanitario, ya es necesario empezar a hacer cambios. Hay tuberías que están colapsadas; hablamos de 40 años de servicio. Ya no dan más. Entonces hay que darse a la tarea de cambiarlas por tramos: el tramo que amerite

cambio se cambia. No en su totalidad, porque no sabemos con exactitud cuántos kilómetros de infraestructura sanitaria hay” (comunicación personal, 21 de mayo de 2025).

De esta manera, se puede observar la importancia de contar con el interés general de las instituciones que gestionan las inundaciones en Cozumel, ya que son ellas quienes determinan la respuesta ante estos eventos. Por ejemplo, el uso del suelo en relación con la urbanización, la regulación del desarrollo (materiales, altura, estructura), si se aborda o no la deforestación, así como la supervisión y regulación que también son fundamentales. En Cozumel, aunque existen zonas de inundación establecidas, no se está haciendo lo suficiente para monitorear y garantizar un drenaje eficiente en toda la isla, ya que el drenaje inadecuado y sigue provocando inundaciones urbanas.

7.1.2 Participación comunitaria

La participación comunitaria es primordial para reducir los impactos de las inundaciones. Rafinzar *et al.* (2025) afirman que, a pesar de los esfuerzos de las autoridades locales en la mitigación de inundaciones, la efectividad de las políticas sigue siendo inconsistente debido a la limitada participación de la comunidad. Además, Rafinzar *et al.* (2025) sostienen que la participación comunitaria incrementa la conciencia pública, mientras que las políticas de mitigación fomentan un sentido de pertenencia y responsabilidad. Asimismo, la cartografía y las soluciones basadas en la comunidad proporcionan información crítica que se alinea mejor con las necesidades locales (Rafinzar *et al.*, 2025).

Los temas abordados incluyen participación comunitaria de acuerdo con cambios ambientales que afectan al territorio y favorecen la inundación, trabajos comunitarios exitosos, la opinión de los habitantes isla cuando se planea una intervención, proyecto o cambio en el espacio público y las limitaciones para trabajar con la comunidad. Los testimonios de los actores entrevistados incluyen a un líder comunitario y ex presidente del Club Rotary, una empresaria y líder de la comunidad de COPARMEX, y el jefe de tratamiento de aguas residuales de CAPA.

La participación comunitaria es un componente clave para una resiliencia efectiva ante las inundaciones; sin embargo, su efectividad depende del nivel de participación de la comunidad. Las entrevistas que se presentan a continuación examinan la participación comunitaria en relación con

los cambios ambientales que afectan el territorio y contribuyen a las inundaciones en la ciudad de Cozumel.

Líder de la Comunidad y ex Jefe del Club Rotary Cozumel revelo que *“en el Club Rotario tenemos mucho interés en este tema. Hemos adoptado dos proyectos de trascendencia mundial que, afortunadamente, hemos logrado implementar. Uno de ellos se llama “Rain to Drink” o “Lluvia para Beber”, con fondos de Rotary.*

Hasta el momento, ya hemos equipado cuatro escuelas: la primaria SE Betis, la secundaria técnica y SEP-Mar; entre otras. Recolectamos el agua de lluvia, la purificamos hasta hacerla bebestible, de modo que en las escuelas no se venda agua, sino que se regale agua pura. Así podemos cerrar también la venta de refrescos azucarados y alimentos que no benefician en nada a los jóvenes.

Hasta ahora, con este proyecto hemos conseguido más de cien mil dólares, y seguiremos trabajando. En la escuela secundaria técnica José Vasconcelos hemos implementado lo que llamamos una escuela verde. Esta consiste en crear una instalación para producir composta. En Cozumel, por su condición insular, el manejo de los desechos es muy difícil. Logramos, con mucho esfuerzo hace ya 20 años, que se suspendiera la quema de desechos al aire libre.

Se construyó un relleno sanitario, que por cierto, ya se encuentra saturado. Ahora se está pidiendo talar seis hectáreas más para ampliarlo, lo cual me parece absurdo. Esto refuerza la urgencia de crear un programa, inducido por el gobierno y apoyado por todos los que aquí vivimos, para el manejo adecuado de desechos. Debemos separar nuestros residuos. El objetivo no es “¿qué hacer con la basura?”, sino no hacer basura.

Más del 50% de las 100 toneladas diarias que se generan son residuos orgánicos. Por eso, es urgente hacer una campaña de educación comunitaria para que, al menos, estos residuos no terminen en el relleno sanitario, sino que vayan a sistemas de composta municipales y privados para reutilizarlos.

Hemos perdido el conocimiento y la práctica del cultivo. Todo lo traemos en avión o por barco—¡carísimo! Es absurdo traer tomates que se cultivan a 2,000 km de aquí, cuando podríamos producirlos localmente. Estamos tratando de rescatar ese conocimiento, aunque sea a nivel doméstico.

La escuela José Vasconcelos cuenta con composteras para que los estudiantes—1,200 alumnos—puedan llevar 100 o 200 gramos de residuos orgánicos, y así no terminen en el relleno. El gobierno no va a pagar por recolectarlos y transportarlos, pero nosotros sí podemos alargar la vida útil del relleno modificando los hábitos y costumbres de la población.

Ojalá el Estado pueda generar la información necesaria e invitar a la población a seguir las reglas del juego. Si logramos generar conciencia ciudadana y convencer a la gente de la importancia de separar plástico con plástico, metal con metal, papel con papel y cartón por separado, podemos reducir considerablemente los residuos... ¡y evitar talar esas seis hectáreas! Podríamos cambiar nuestra forma de vida y convertirnos en un ejemplo para otras comunidades.

Tenemos la ventaja de que, al ser una isla, tenemos el pretexto perfecto para ser mucho más eficientes en el manejo de desechos. En la escuela, en espacios abandonados, hemos transformado áreas en jardines y zonas verdes. Ya hemos sembrado 130 árboles frutales, y seguiremos haciéndolo. Me da mucho gusto ver a los jóvenes involucrarse, soñar con el futuro y decir con orgullo: “Este mango lo veré crecer. Cuando sea madre o padre y mis hijos vengan a esta escuela, les diré que yo planté ese árbol.”

Si logramos encender esta chispa de cambio en una comunidad, cualquier comunidad puede progresar. Pero si no lo hacemos, ¿quién va a pagar la publicidad?, ¿quién va a costear la educación ambiental si no lo hace el gobierno? Bueno, no se trata de que el gobierno lo pague todo: algunos aportamos el conocimiento, otros las facilidades... pero tenemos que llegar a toda la comunidad.

Niños, jóvenes, adultos y personas mayores: todos debemos saber lo mismo y actuar en consecuencia” (comunicación personal, 26 de mayo de 2025).

Respecto al trabajo comunitario exitoso que se ha realizado, una empresaria y líder de la comunidad de COPARMEX mencionó: *“En los últimos huracanes fuertes, el pueblo se vuelca y cooperan el gobierno y la sociedad”* (comunicación personal, 22 de mayo de 2025).

Al ser consultado sobre si se toma en cuenta la opinión de los habitantes de la isla cuando se planea una intervención, proyecto o cambio en el espacio público, el jefe de Tratamiento de Aguas Residuales de CAPA reveló:

“Mira, se forman comités, esos comités tienen diferentes nombres y están enfocados a cierta actividad. Sí se forman los comités, pero ante ellos son los que prácticamente dan su opinión de qué sí y qué no. Pero a la comunidad como tal, muy contadas veces los cuestionan para ver qué les parece, cuál es su punto de vista, por qué sí, por qué no, o sea qué afectaciones podrían tener o cuáles son los pros y los contras. Muy pocas veces” (comunicación personal, 21 de mayo de 2025).

Jefe de Desarrollo urbano afirmo que “no tienen limitantes para trabajar conjuntamente entre las comisiones de asuntos de inundaciones en Cozumel...la ciudad tiene diferentes pozos pero cuando cae una lluvia esporádica el problema es que la basura llega se tapan los registros y sube el agua pero van los limpian de hecho ahora la misma comunidad ya ve que está sucio y ahí mismo salen a limpiar en la temporada de lluvia ya no ya no tienes una inundación como en el paso en Wilma o en el 2004 si no me equivoco con una lluvia esporádica que cayó que es inundaron las colonias porque no teníamos el drenaje pluvial que nos ayuda mucho en esas colonias de la 10 de abril y la Emiliano Zapata y no existían muchos pozos de absorción. Ahora si pasa un huracán no tienes una inundación ya sale toda la gente limpiarlos los pozos de absorción y ya el agua se va. De hecho, aquí está muy organizada la ciudad igual cuando pasan los huracanes Cozumel a los 2 días se está levantando. De hecho, el último que vino al por ejemplo viendo hoy el siguiente día sabe limpiando las calles entre el gobierno, las fuerzas armadas y la población misma ayuda por qué, porque se vive de la actividad turística (comunicación personal, 23 de mayo de 2025).

De esta forma, se identifica que, a pesar del interés de los actores locales por participar y crear proyectos desde la captación de agua de lluvia, pozos de absorción, proyectos de educación ambiental y gestión de residuos, la cooperación entre el gobierno y el sector privado después de los huracanes, así como el establecimiento de comités sectoriales para la toma de decisiones, existen limitados espacios que restringen el potencial de participación comunitaria.

Por ello se reconoce la importancia de la participación comunitaria, que con el apoyo de la participación de otros actores interesados, permite además de colaborar en el diseño, también en

contribuyen en regular y monitorear el progreso. Además, la participación comunitaria es igualmente importante mediante campañas de concientización y simulacros de evacuación, que pueden fortalecer la preparación en Cozumel ante las inundaciones.

La participación comunitaria es esencial para el éxito de las intervenciones ante inundaciones en Cozumel. Esta participación garantiza que las intervenciones estén basadas en el contexto y respondan a las necesidades locales; además, prioriza a la población, generando un sentido de responsabilidad colectiva al involucrar a los habitantes en los procesos de toma de decisiones e implementación. La participación comunitaria también fomenta la conciencia, lo que puede traducirse en resiliencia. Se ha reconocido que Cozumel ya cuenta con un enfoque bastante ascendente frente a las inundaciones, lo cual puede contribuir al logro de sus objetivos en relación con este fenómeno. Asimismo, la colaboración entre las autoridades y la comunidad puede aumentar la capacidad y eficiencia, ya que se comparten conocimientos y experiencias, y se orientan las ideas hacia aquellas que se ajustan a las necesidades presupuestarias.

Además, el conocimiento local sobre las condiciones atmosféricas y las amenazas es fundamental para fortalecer la resiliencia ante inundaciones, ya que los habitantes están en mejor posición para anticipar los riesgos y responder de manera más rápida y adecuada frente a estos eventos. El conocimiento experiencial acumulado a lo largo de generaciones ofrece información valiosa sobre señales tempranas, como las condiciones atmosféricas, la identificación de zonas vulnerables y enfoques adaptativos prácticos que pueden reducir la vulnerabilidad ante inundaciones en la isla. Un ejemplo de ello en Cozumel es la excavación de formaciones rocosas naturales para utilizarlas como sistema de drenaje, canalizando el agua pluvial hacia el mar. Según lo señalado por los actores locales, tras el paso de un huracán, la comunidad se moviliza espontáneamente para iniciar el proceso de recuperación por cuenta propia.

7.1.3 El liderazgo en la sociedad red

El rol de liderazgo en la sociedad red es fundamental para la inversión en medidas de mitigación de inundaciones, así como en la provisión de ayuda y compensación a las personas afectadas. Adimula *et al.* (2024) señalan que los líderes pueden inspirar, guiar e influir en otros hacia una visión compartida; en este caso, reducir el impacto de las inundaciones. Además, pueden establecer una dirección clara, fomentar la innovación, la colaboración y empoderar a los

miembros. Su eficacia también implica capacidad de adaptación, habilidades de comunicación y resolución de problemas para tomar decisiones difíciles (Adimula *et al.*, 2024) en torno a los impactos tolerables de las inundaciones.

Los actores entrevistados fueron funcionarios públicos. El tema abordado se enfocó en el modelo de inundación que guía la resiliencia urbana ante inundaciones. Si bien se plantea que es necesario que los gobiernos locales alineen sus políticas de desarrollo urbano, para fomentar estrategias de adaptación a las inundaciones, al ser consultados sobre los modelos urbanos que inspiran la gestión de inundaciones, sus respuestas carecían de referencias claras que ofrecieran orientación. Las siguientes respuestas fueron proporcionadas por funcionarios gubernamentales.

Un funcionario público mencionó *“no tenemos ningún modelo a seguir todavía porque son muchas cosas diferentes no tanto por la ubicación somos la isla más grande, pero con playas diferentes entonces no hay nada, no hay algo que nos quiere”* (comunicación personal, mayo de 2025).

Otro funcionario público comentó que *“no conozco lo más que te puedo decir que México me inspira, pero no me inspira, me da tristeza no porque siempre se están inundando”*. Continuo que ahorita no hay uno de los países bajos u otro país (anónimo, comunicación personal, mayo de 2025).

La ausencia de referencias a modelos internacionales que hayan demostrado ser exitosos demuestra que, sin una dirección clara, ya sea adaptando un modelo singular o combinando modelos que puedan aplicarse al contexto local, se pueden orientar los marcos y las prácticas.

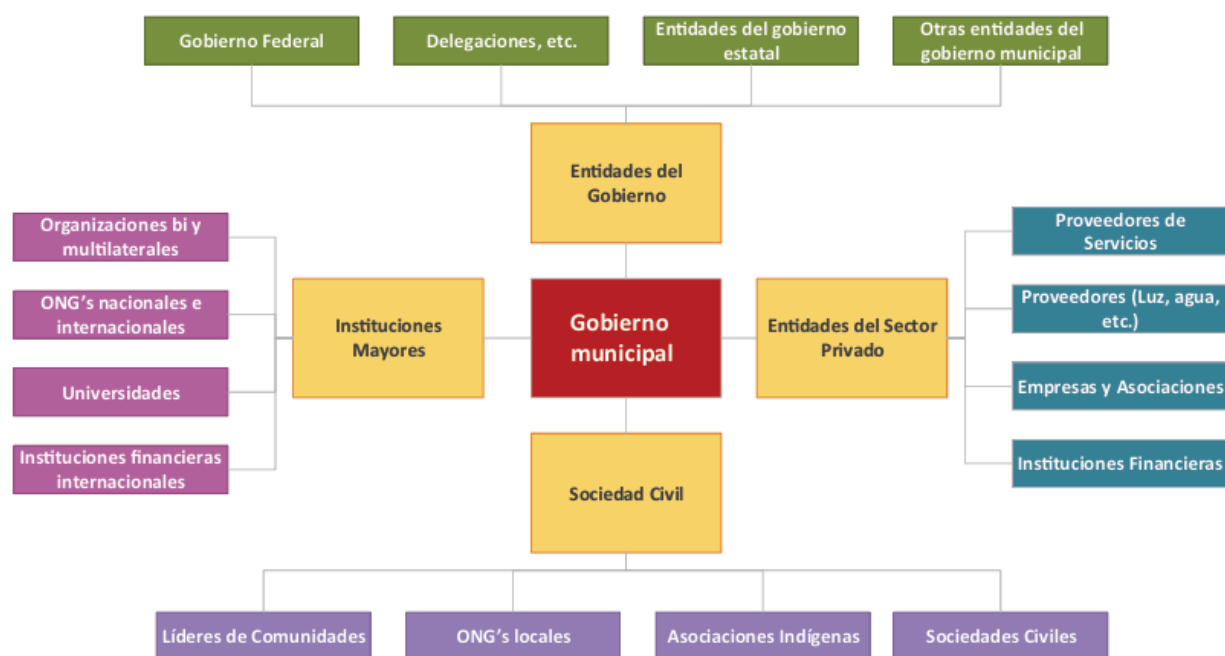


Ilustración 88 Agentes involucrados en la prevención, preparación, respuesta y recuperación de zonas afectadas por fenómenos naturales
Fuente: Sedatu (2016)

Al ser consultados sobre la continuación de proyectos a pesar de cambios en la administración, la siguiente fue la respuesta:

Jefe de tratamiento de aguas residuales, menciono “sí nosotros continuamos con los proyectos, no cambia” (comunicación personal, 21 de mayo de 2025).

Jefa de la Subdirección de Ecología del Ayuntamiento menciono que “*lo que es en cuanto al drenaje sí, ya llevamos 2 administraciones se ha hecho una pequeña ampliación en lo que es el así llama San Miguelito que es el área de tratamiento de aguas ya se hizo la primera ampliación pero todavía falta complementar la administración anterior y cercano de tuberías de la parte norte de nosotros no nos va a tocar trabajar la parte urbana justamente porque ya lo requieran como que antes que le mandamos servicio ya no dabas*” (comunicación personal, 27 de mayo de 2025).

Jefe de Desarrollo Urbano comento que “*el PDU no es de una administración. El PDU es un programa que es cuando lo públicas sí y nosotros terminamos este gobierno el dentro*

de 2 años el gobierno que sigue tiene que seguir, este es un documento rector no lo puedes que llegue el nuevo presidente y lo cambie. No es un documento de rector que sigue en el tiempo hasta que exista alguna modificación o una actualización del mismo” (comunicación personal, 23 de mayo de 2025).

7.1.4 La articulación de políticas ante inundaciones en Cozumel

Los alcances del marco jurídico y de planeación en Cozumel ante las inundaciones están categorizadas a nivel internacional, federal, estatal y municipal.

Internacional

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030) promueve la gobernanza del riesgo, los sistemas de alerta temprana y la infraestructura resiliente (UNISDR,2015). *El Acuerdo de París (2015)* alienta a las naciones a reducir sus emisiones, adaptarse a los impactos del cambio climático, fortalecer con el tiempo el compromiso y ayudar a los países en desarrollo en los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático (ONU, 2016a). *El ODS 11* (ciudades y comunidades sostenibles) promueve la planificación urbana resiliente, la gobernanza inclusiva y la infraestructura sostenible que reducen la vulnerabilidad a las inundaciones (ONU, 2025a) mientras *el ODS 13* (acción por el clima) se orienta a fortalecer las capacidades adaptativas locales y fomentar trayectorias de desarrollo resilientes al clima. En el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, especialmente en lo relativo al ámbito de las ciudades, el bienestar social, el patrimonio y el medio ambiente (ONU, 2025b). *La Nueva Agenda Urbana, NAU (2016)* maneja inundaciones bajo desarrollo urbano resiliente y ambientalmente sostenible reconociendo la vulnerabilidad de esos centros y sus habitantes por los fenómenos meteorológicos extremos, las inundaciones, la subsidencia, las tormentas comprometen a promover la creación y el mantenimiento de redes bien conectadas y distribuidas de espacios públicos de calidad, abiertos, seguros, inclusivos, accesibles, verdes y destinados a muchas múltiples, para incrementar la resiliencia de los frentes al cambio climático y los desastres, como las inundaciones (ONU, 2016b).

Federal

Se establece en la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* en el art 4º el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar (CPEUM

1917). *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamientos Territorial y Desarrollo Urbano* Artículo 4 VIII habla de resiliencia, seguridad urbana y riesgos. Propiciar y fortalecer todas las instituciones y medidas de prevención, mitigación, atención, adaptación y resiliencia que tengan por objetivo proteger a las personas y su patrimonio, frente a los riesgos naturales y antropogénicos; así como evitar la ocupación de zonas de alto riesgo (LGAHOTDU, 2016). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* se trata de soluciones ante inundaciones mediante ordenamiento ecológico del territorio, evaluación de impacto ambiental, la gestión de cuencas y protección de cuerpos de agua (LGEEPA, 1988).

Ley Federal de Responsabilidad ambiental establece la responsabilidad de reparar danos ambientales y ecológicos (LFRA, 2013). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable* establece el rol la conservación y restauración de ecosistemas forestales en la prevención de inundaciones (LGPFS, 2018). La *Ley General de Bienes Nacionales* es los bienes que constituyen el patrimonio nacional y el régimen de dominio público de los bienes como son las aguas de propiedad federal (LGBN, 2004). *Ley General de Cambio Climático* Artículo 2 III. dirigida a regular acciones para mitigar y adaptar al cambio climático; IV. Reducir la vulnerabilidad humana y ecosistemas frente a los efectos adversos del cambio climático, crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno; (LGCC, 2012). *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos* Artículo 2 menciona la protección, conservación, restauración y recuperación de monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y las zonas de monumentos (LFMZAAH, 1972).

Ley Agraria se trata del ejercicio de los derechos de propiedad relacionado con el aprovechamiento urbano y el equilibrio ecológico (LAgra, 1992). ARTÍCULO 2.- “Se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, salubridad, cuente con espacios habitables y auxiliares, así como con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad Jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, y contemple criterios para la prevención de desastres y la protección física de sus ocupantes ante los elementos naturales potencialmente agresivos” (LViv, 2006 p. 2). *Ley de Aguas Nacionales* establece la conservación y control de su calidad de aguas nacionales (LAN, 1992). *Reglamento Parque Nacional Arrecifes de Cozumel* son para acciones conservación, desarrollo, vigilancia, coordinación, seguimiento, control, restauración, investigación, uso de recursos, extensión, difusión, operación, administración (Arrecifes de Cozumel 1996).

Estatat

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo explica que “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo, en concordancia y coordinación con las leyes federales sobre la materia” (Cámara de diputados 2012 p. 3). *Ley de Asentamientos Humanos Ordenamientos Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo* Artículo 1 establece normas de ordenamiento y regulación de los asentamientos humanos, determina la planeación y gestión urbanas y promueve viviendas dignas y decorosas (LAHOTDUEQR, 2011). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Quintana Roo* propicia el desarrollo sustentable, regular las acciones tendentes a la conservación y restauración del equilibrio ecológico, también la protección del ambiente (LEEPAEQR, 2025). *Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Quintana Roo* establece a los responsables de la planeación y su vinculación con los objetivos y estrategias del desarrollo estatal y nacional (Congreso del Estado de Quintana Roo. 2025).

Ley de los Municipios del Estado de Quintana Roo Artículo 1 establece las bases generales de la Administración Pública Municipal y del procedimiento administrativo y regula el gobierno y el régimen municipal para inundaciones (LMEQR, 2025). *Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo* establece y regula la organización y funcionamiento de la Administración Pública Central y Paraestatal del Estado además se trata del ejercicio del Poder Ejecutivo del Gobernador del Estado sus facultades y obligaciones (LOAPEQR, 2025). *Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo* establece la ubicación de los nuevos desarrollos, zonas internas inundables las normativos de asentamientos humanos y los planes de desarrollo urbano que establece infraestructura verde (LAUEQR, 2025). *Ley de Obras Públicas del Estado de Quintana Roo* regula las acciones que corresponde a la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto, ejecución y control de todas las obras públicas (LOPSREQR, 2025).

Municipal

Programa de Manejo de Área de Protección de Flora y Fauna Norte de la Isla de Cozumel al ser un hábitat significativo que pueden dependen especies de vida silvestres, terrestres y acuáticas tiene como objetivo la proteccion, preservacion, conservacion, salvaguarda y proteger los ecosistemas más representativos o frágiles de la porción norte y costa de Cozumel (PDUCP, 2023).

Reglamento del Sistema Municipal de Protección Civil del Municipio de Cozumel establece las bases de coordinación de programas y actividades en materia de protección civil, inclusive la coordinación y ejecución de tareas y acciones en colaboración con las autoridades federales y estatales competentes (sociedad civil y el Sistema Municipal de Protección Civil) (PDUCP, 2023). *Atlas de Riesgo del Municipio de Cozumel* el municipio desarrolló esta herramienta que permite obtener conocimiento e identificar los riesgos de inundaciones, el grado de exposición y la vulnerabilidad que puede afectar a la población, la infraestructura y el entorno del municipio de Cozumel. Adicionalmente, regula la planeación de acciones sobre protección civil a través de datos geográficos (PDUCP, 2023). Mas detalles en el apartado (d) de esta sección.

Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Local (POEL) de Cozumel el Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo identifica claramente al programa de ordenamiento ecológico como uno de los principales instrumentos para consolidar el nuevo modelo participativo de desarrollo regional integrado (Autoridad municipal de Cozumel, 2024). Esto ratifica la importancia de la revisión y reformulación de los instrumentos de planeación ambiental y territorial, manifiesta un compromiso explícito de propiciar la articulación de consensos, la facilitación del diálogo y la participación social el diseño de políticas públicas (Autoridad municipal de Cozumel, 2024).

Programa de Desarrollo Urbano (PDUCP) de Cozumel La Administración Municipal establece políticas públicas de corto, mediano y largo plazo con objetivos, y su correspondientes metas, estrategias e indicadores que permitan la realización de acciones prioritarias para el bienestar social, ambiental, económico y jurídico de pueblo, a través de anteriormente mencionadas políticas públicas se busca optimizar los recursos disponibles, simultáneamente promueve la colaboración entre los tres disposiciones de gobierno, vincular programas que benefician a los habitantes de la isla (PDUCP, 2023).

Tabla 22 Instrumentos legales para las inundaciones en Cozumel

NIVEL	Cozumel, México
INTERNACIONAL	El Marco de Sendai: Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (2015)
	El Acuerdo de París (2015)
	La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015)
	La Nueva Agenda Urbana, NAU (2016)
FEDERAL	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamientos Territorial y Desarrollo Urbano
	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
	Ley Federal de Responsabilidad ambiental
	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
	Ley Generales de Bienes Nacionales
	Ley General de Cambio Climático
	Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas
	Ley Agraria
	Ley de Vivienda
	Ley de aguas nacionales
	Reglamento Parque Nacional Arrecifes de Cozumel
ESTATAL	Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo
	Ley de Asentamientos Humanos Ordenamientos Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo
	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Quintana Roo
	Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Quintana Roo
	Ley de los Municipios del Estado de Quintana Roo
	Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo
	Ley de Acciones Urbanísticas de Quintana Roo
	Ley de Obras Públicas del Estado de Quintana Roo
MUNICIPAL	Área de Protección de Flora y Fauna del Norte de la Isla de Cozumel
	Reglamento del Sistema Municipal de Protección Civil del Municipio de Cozumel
	Atlas de Riesgo del Municipio de Cozumel
	Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Local (POEL) de Cozumel
	Programa de Desarrollo Urbano (PDUCP) de Cozumel

Fuente: Elaboración propia en base a H. Ayuntamiento de Cozumel (2021)

Las redes de políticas públicas de las ciudades costeras están articuladas en las políticas de Cozumel mediante la creación e implementación de planes, programas y proyectos para abordar los problemas de inundaciones. Toledo *et al.* (2025) identificaron que las políticas de protección costera exigen protección de la línea costera o recomendaciones de gestión que puedan proteger la infraestructura de la población humana y los ecosistemas. Por lo tanto, las autoridades del gobierno nacional y los parlamentarios deben apoyar las capacidades descentralizadas con los recursos prioritarios, políticas y legislación de respaldo necesarios.

Para este apartado, se consideraron el Plan Estatal de Desarrollo, el Plan de Desarrollo Urbano, el Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales y Atlas de peligros y/o riesgos del municipio de Cozumel, Quintana Roo.

a) Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027

El Plan Estatal de Desarrollo (Instituto Quintanarroense de la Juventud, 2023), menciona que es el documento rector que busca mejorar la calidad de vida de las personas en el estado de Quintana Roo a través de la acción directa del gobierno. En el contexto del Nuevo Acuerdo para el Bienestar y el Desarrollo de Quintana Roo, promueve un desarrollo sostenible, integral y solidario dentro del estado.

Se alentó fuertemente la participación ciudadana, así como la de organizaciones, instituciones y representantes de los sectores social y privado, que fueron co-creados a través de mecanismos que involucraron a todos los sectores sociales para expresar sus necesidades, opiniones e ideas, las cuales fueron consideradas en la integración del plan.

El documento reconoce que las consecuencias negativas del efecto invernadero en los últimos años han contribuido a cambios en el comportamiento de las inundaciones. Además, la energía, magnitud y frecuencia de las inundaciones pueden afectar gravemente los asentamientos humanos. Asimismo, se reconoce que Quintana Roo está sujeto a fenómenos naturales con alto potencial destructivo. La combinación de altas concentraciones poblacionales en zonas con alta vulnerabilidad física y social genera un elevado riesgo de desastre.

Por ello, el Gobierno de Quintana Roo (2023) en 2022 se habilitaron 982 albergues en el estado para albergar a 121,908 personas en diferentes municipios ante Sistemas Tropicales. La respuesta específica ante inundaciones implica la implementación de infraestructura de drenaje pluvial, pozos de infiltración y estudios geohidrológicos. Estos esfuerzos no están cubiertos por programas federales, sino por gobiernos municipales, y requieren una gestión sustancial de recursos.

b) Plan de Desarrollo Urbano

Guarneri y Ramalho (2023) destacan la importancia de la planificación urbana en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De esta forma, se deben impulsar estrategias implementadas para cumplir con las agendas globales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS) en materia de ciudades, bienestar social, patrimonio y medio ambiente. De acuerdo con el Jefe de Desarrollo Urbano, el cumplimiento de las estrategias mundiales en Cozumel.

Jefe de Desarrollo Urbano “*estas estrategias mundiales lo cumplimos con las publicaciones de los programas de desarrollo urbano y las actualizaciones de los Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POELs) porque cuando tú haces el PDU hay diagnóstico, bueno se hace todo el estudio de la ciudad para allá este sacar los programas de desarrollo urbano y los programas de ordenamiento ecológico local*” (comunicación personal, 26 de mayo de 2025).

En Cozumel, el Plan de Desarrollo Urbano guía la planificación urbana y permanece vigente independientemente de los cambios políticos o administrativos (Ayuntamiento de Cozumel, 2024b). El PDU documento ilustra que los tres principales eventos con un alto nivel de probabilidad de riesgo son huracán, tormenta eléctrica e inundación.

Tabla 23 Principales eventos en Cozumel

Evento (Riesgo)	Nivel de Riesgo					Probabilidad	
	Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima		
Huracán							Muy alto
Tormenta eléctrica							Alto
Inundación							Medio
Salinización del manto acuífero							Bajo
Temperatura máxima extrema							Muy Bajo
Especies exóticas invasoras							
Acidificación del agua en litorales							
Calentamiento global							
Cambio climático							
Incendio forestal							
Explosión							
Derrame de combustible							
Orden público							
Erosión insular							

Fuente: Ayuntamiento de Cozumel (2024b).

Desde la perspectiva del rezago social y urbano, el documento indica que las poblaciones de “Las Fincas” y “Ranchitos” carecen de drenaje municipal debido a su condición de asentamientos irregulares. En consecuencia, no todas las viviendas están construidas con materiales resistentes a inundaciones. Además, estos habitantes presentan desventajas en cuanto a servicios urbanos, equipamiento e infraestructura.

Como respuesta ante las inundaciones, se reconoce que la incorporación de Infraestructura Verde Urbana (IVU) en áreas urbanas puede brindar beneficios frente a amenazas climáticas, no solo ante inundaciones. Por lo tanto, puede concebirse como acciones correctivas para la situación actual o integrarse en la planificación y el diseño operativo urbano. Los tipos de IVU incluidos en el documento son: jardín de lluvia, drenaje francés, zanja bordo, muro verde, techo verde, pavimento permeable, presa filtrante o gaviones, pozo de infiltración, y jardín de microcuenca. No obstante, se enfatiza que su desarrollo y diseño deben basarse en el contexto.

Otras soluciones frente a las inundaciones incluyen la creación de parques vecinales en zonas propensas a inundarse, recomendando a la Universidad Politécnica de Bacalar como referencia. Al menos el 25% de su superficie está destinada a infraestructura y espacios verdes (Ayuntamiento de Cozumel, 2024b). Otra solución es la integración de infraestructura verde en proyectos de ampliación de banquetas, también considerando el contexto. Para el diseño de las secciones viales de Cozumel, debe contemplarse el uso de secciones asimétricas, en las que la banqueta de un lado de la calle sea más amplia que la del otro. El lado más amplio debe permitir la plantación de árboles urbanos con especies nativas. La ubicación de los árboles debe contemplar el uso del espacio para técnicas de infraestructura verde, como jardines de lluvia.

Asimismo, se recomienda implementar infraestructura verde en los parques y áreas verdes existentes en la ciudad. Las zonas propensas a inundaciones que no son urbanizables se convertirán naturalmente en áreas verdes inundables que formarán un sistema que interactúe y complemente la red de parques de la ciudad. Estos parques deben contar con infraestructura mínima y rústica que pueda ser utilizada por la población, por ejemplo, senderos de grava, bancas.

La planificación y el diseño urbano de cada proyecto y acción deben incluir esta directriz, que será aplicada, desarrollada e integrada en los proyectos finales. La siguiente literatura incluye manuales y guías sobre infraestructura verde para la planificación urbana, y sirve como referencia flexible para el desarrollo de proyectos en Cozumel.

Tabla 24 Guía de infraestructura verde Cozumel

Año	Documento	Autor
2017	Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios mexicanos, Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo, Hermosillo Sonora México	Peñuñuri-Soto, María Guadalupe <i>et al.</i>
2018	Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas, hoja de ruta	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
2020	Infraestructura Verde. Articulación del componente natural y artificial. Corredor Ecológico Zona Noroccidental. Unidad de Conservación Ambiental de Pedregal. (Trabajo de grado Arquitectura). Universidad de San Buenaventura Colombia, Facultad de Artes Integradas, Medellín.	Calle Puerta, L., & Acosta Puerta, J.A.
2022	Diseño urbano sensible al agua para la zona kárstica de Bacalar, Quintana Roo, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. Vol. 9 Núm. 2	Ibarra-Madrigal Silvana, Hernández-Montero Yesenia, Nahuat-Sansores Javier Rejón-Parra David, Sánchez Quijano Miguel, Mena-Rivero Roberto, Torrescano-Valle Nuria, Romero Martínez Ángel, Ríos-Castellanos Carlos, Arellano-Guillermo Alfredo
2023	Plan de inserción de infraestructura verde en Bacalar, Territorio Sensible al Agua. Proyecto desarrollado con la Cooperación Técnica Alemana en México (GIZ) Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH a través de Pronatura Península de Yucatán en el marco del proyecto de Desarrollo sustentable de regiones costeras urbanas mediante la integración de servicios ecosistémicos y biodiversidad (BIOCITIS).	Ibarra Madrigal, Silvana Marisa; Rejón Parra David Gustavo; Puc Morales Kiara Guadalupe; Álvarez Ocampo, Juan Guillermo; Murillo Paulina, Caamal Tzec Alejandro; Valle, Cristina;
2023	Diseño urbano Sensible al Agua con Infraestructura Verde ante el Cambio Climático. Elaborado por: Biocéntrica A.C. y el Instituto Tecnológico de Chetumal.	Ibarra Madrigal, Silvana Marisa, Puc Morales Kiara, Navarrete Canto Nínive Margely

Fuente: Ayuntamiento de Cozumel (2024b).

El diseño de jardines de lluvia para un Bacalar sensible al agua, basado en el trabajo de Ibarra et al. (2023), en el Plan de Inserción de Infraestructura Verde en Bacalar, Territorio Sensible al Agua México, describe el proceso de diseño para implementar jardines de lluvia como una

estrategia para mitigar las inundaciones. Se recomienda su uso en espacios públicos como parques filtrantes, banquetas y estacionamientos, especialmente en zonas urbanas dominadas por adoquines, pavimentos de asfalto y pasarelas de concreto.

Los jardines de lluvia también son adecuados para propiedades privadas como viviendas, hoteles y negocios, siempre que se cuente con las condiciones espaciales adecuadas. Estos jardines complementan los pavimentos permeables y contribuyen significativamente a la infraestructura verde urbana. Son especialmente recomendados en áreas propensas al estancamiento de agua, ya que ayudan a prevenir la acumulación de escorrentía. El documento también presenta criterios y requisitos específicos de diseño para su implementación.

c) Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales 2021–2024

El Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales (Protección Civil Cozumel, 2024), fue establecido para minimizar los daños y pérdidas ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos. Este plan constituye el principal instrumento disponible para el Consejo de Protección Civil, en particular para el Comité Especializado de Operaciones Hidrometeorológicas. Su propósito es garantizar una respuesta rápida, eficaz y coordinada ante la ocurrencia de un fenómeno hidrometeorológico que genere una situación de emergencia en Cozumel. Tiene como objetivo mitigar el impacto destructivo de los ciclones tropicales mediante la colaboración entre agencias de los sectores público, privado y social. En última instancia, busca proteger vidas humanas, bienes materiales, el medio ambiente y los servicios sociales esenciales.

Estrategias

- Fomentar la colaboración entre los tres niveles de gobierno, junto con los sectores privado y social, para desarrollar e implementar eficazmente este plan destinado a la protección pública frente a los impactos de los ciclones tropicales.
- Coordinar acciones operativas y técnicas para obtener el financiamiento, equipo y personal necesarios para la elaboración y operación del plan.
- Promover la participación ciudadana mediante la adopción de medidas de autoprotección y el fortalecimiento de la conciencia y cultura de la protección civil.

Tabla 25 Marco jurídico señalado en el documento

Instrumento legal	Publicación/ Reforma
Ley General de Protección Civil	DOF, 6 junio 2012 (reformada el 19 enero 2018)
Reglamento de la Ley General de Protección Civil	DOF, 13 mayo 2014 (reformado el 9 septiembre 2015)
Ley de Protección Civil del Estado de Quintana Roo	Última reforma: 30 abril 2013
Reglamento de Protección Civil del Municipio de Cozumel	Publicado: 16 febrero 2015

Fuente: Protección Civil Cozumel (2024).

d) Atlas de peligros y/o riesgos del municipio de Cozumel, Quintana Roo, 2018

El Atlas de Riesgos del Municipio de Cozumel Frausto *et al.* (2016) funciona como una herramienta para la toma de decisiones que guía la planificación futura. Ilustra datos espaciales y temáticos para identificar zonas de peligro. El Atlas ha delineado los principios teóricos y técnicos fundamentales detrás del Atlas de Riesgos de la Isla de Cozumel. Está basado en el alcance pionero realizado en 2004, antes de las inundaciones en los pueblos de la Península de Yucatán provocadas por los huracanes Emily y Wilma, que golpearon en 2005. Sin embargo, el Atlas inicial no cumplió con las expectativas de reducción de riesgos ante huracanes; por lo tanto, se establecieron nuevas directrices en una versión actualizada del Atlas.

Frausto *et al.* (2016) mencionan las directrices actualizadas del Atlas 2012 para la gestión de riesgos con base en la experiencia de los huracanes Emily y Wilma. Posteriormente, fue aprobado por el Ayuntamiento de Cozumel y el Cenapred en 2014. Las mejoras integraron marcos de gestión para la reducción de riesgos de desastres, inclusión de conocimientos locales para abordar la reducción de peligros y vulnerabilidades, y fortalecimiento de la resiliencia. También incorporaron la garantía de actualizaciones continuas con nuevos datos.

El Atlas está construido sobre dos pilares: a) la fundamentación teórica y b) las técnicas para generar cartogramas. El aspecto teórico está diseñado con valores epistemológicos, y la participación comunitaria es esencial. Los componentes estructurales del atlas corresponden a diversas áreas de enfoque, como la infraestructura para evaluar la seguridad, tipologías

comunitarias (urbana, industrial, marginada) para evaluar vulnerabilidades y capacidades de resiliencia, y el análisis del uso del suelo relacionado con amenazas de inundación y otros desastres. *Ver ilustración 49*. Las herramientas técnicas de mapeo dependen de datos precisos, categorización sistemática de información y resolución geográfica.

Los atlas se entienden como una colección de mapas que proporcionan la información más completa posible sobre fenómenos geográficos en una región determinada. La Ley General de Protección Civil contempla el atlas de riesgos como una herramienta para orientar decisiones de ordenamiento territorial.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Cozumel se originó como parte del proyecto de investigación "Bases de Datos Georreferenciadas de Desastres y Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos de la Península de Yucatán", con colaboradores como la Universidad de Quintana Roo, el gobierno municipal de Cozumel y el programa Habitat 2011 de México, bajo la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol).

7.1.5 La gestión en la sociedad red

La gestión de la sociedad en red es importante porque la mitigación de inundaciones suele interpretarse de manera limitada, como únicamente prevención dentro del continuo de gestión de emergencias, que comprende la prevención, la preparación, la respuesta y la recuperación (Genovese & Thaler, 2020). Además, en la práctica, la mayoría de los esfuerzos de mitigación de inundaciones implican la asignación proactiva de recursos antes de que ocurra el desastre, con el fin de minimizar las pérdidas potenciales (Genovese & Thaler, 2020). Por lo tanto, el financiamiento es esencial para garantizar la implementación de proyectos de mitigación estructural, así como el desarrollo de tecnología innovadora y el fortalecimiento de capacidades, también necesarios para reducir el impacto.

Cozumel depende en gran medida del financiamiento nacional a través de programas como el Fideicomiso Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) eliminado, pero ahora el apoyo se entregó directamente a la población y Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN), además de la metodología estandarizada norteamericana para evaluar el costo de las inundaciones en la región, desarrollada por la Investigación sobre el costo de las inundaciones de la CCA.

a) Fideicomiso Fondo de Desastres Naturales (Fonden)

El Fondo de Desastres Naturales (Fonden) se describe como un instrumento financiero del Sistema Nacional de Protección Civil de México. El sexenio del expresidente Andrés Manuel López Obrador, se eliminó el FONDEN por la corrupción y el apoyo se entregó directamente a la población, actuando con rapidez para atender las emergencias (Gobierno de México, 2025). Opera con base en sus propias normas y procedimientos asociados. El Fonden integraba a los diversos niveles de gobierno mediante un proceso que respeta las necesidades, competencias y responsabilidades de cada institución. Su objetivo fue apoyar a las entidades federativas, dependencias y agencias gubernamentales en la respuesta y recuperación de daños causados por fenómenos naturales como inundaciones. Su asistencia se basaba en los principios de responsabilidad compartida, oportunidad, transparencia y complementariedad.

El objetivo del Fonden fue responder a desastres naturales imprevistos cuya magnitud sobrepase la capacidad de las dependencias, agencias y entidades federativas. No hubo evidencia de recursos financieros asignados específicamente a Cozumel en el documento, sin embargo, hubo datos disponibles para el estado de Quintana Roo que se mencionan a continuación.

Tabla 26 Recursos asignados de Fonden

Estado	Año de ocurrencia	Evento	No municipio	Sesión	Sector	Competencia	Aportación Fonden	Aportación Estatal	Aportación Total
Quintana Roo	2015	Lluvia severa y vientos fuertes del 13 al 14 de junio	7	SE.I.20 18-ene-17	Naval	Federal	12,315,605.00	-	12,315,605.00
			Total 7				12,315,605.00	-	12,315,605.00
			Total Quintana Roo				12,315,605.00		12,315,605.00

Fuente: Secretaría de Gobernación. (2016).

- Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN)

Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN), a través de la adaptación basada en ecosistemas (AbE) y los medios de vida sostenibles (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (2025), tiene como propósito fortalecer la resiliencia climática en sociedades vulnerables, sistemas productivos y ecosistemas a lo largo de las costas de la Península de Yucatán, incluyendo Cozumel. ACCIÓN ha sido propuesto para recibir financiamiento del Fondo Verde del Clima (GCF) y cuenta con más de tres décadas de experiencia sólida del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Actualmente se encuentra en la etapa de diseño, y se prevé su implementación entre 2025 y 2035 (FMCN 2025). Las líneas de trabajo (componentes) que guían las actividades de ACCIÓN son:

1. Acciones de AbE en paisajes costeros y marinos seleccionados:
Este apartado se enfocará en reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades costeras y ecosistemas marinos a través de la implementación de medidas de AbE. Las acciones incluyen el financiamiento de subproyectos para reforzar la resiliencia comunitaria y ambiental, mejorar, restaurar y conservar prácticas productivas, así como establecer sistemas de alerta temprana y monitoreo de eventos climáticos.
2. AbE en Áreas Naturales Protegidas (ANP) costeras y marinas:
Mediante financiamiento a largo plazo, esta sección respaldará la iniciativa MEx30x30 para asegurar fondos permanentes para veinte ANP nacionales vulnerables al cambio climático. Además, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) liderará la elaboración participativa de planes quinquenales y de Planes Operativos Anuales (POA) que incorporen medidas de AbE para mejorar la resiliencia comunitaria y de los ecosistemas. Asimismo, la ejecución de estas acciones se reforzará mediante la creación de protocolos destinados a recopilar datos y monitorear el estado ecológico y la vulnerabilidad climática en dichas áreas.
3. Financiamiento sostenible para escalar medidas de AbE:
Este componente está dedicado a garantizar el financiamiento sostenible para la implementación a largo plazo de las medidas de AbE. Se pondrá énfasis en desarrollar

mecanismos financieros diversos, como el acceso a nuevos mercados, fuentes innovadoras de financiamiento y seguros paramétricos para pescadores. También se brindará apoyo a cooperativas locales y grupos de productores para fortalecer su capacidad financiera y acceder a oportunidades de inversión.

4. Gestión del conocimiento y coordinación con políticas públicas e iniciativas regionales existentes: Este componente de la iniciativa busca fortalecer la coordinación y el intercambio de conocimientos entre diversos actores y políticas públicas regionales. También contempla mecanismos para establecer y reforzar la colaboración efectiva con
5. Promoverá el intercambio de conocimiento y la creación de una comunidad de aprendizaje enfocada en actividades de AbE en entornos costeros y marinos, con perspectiva de género y un enfoque inclusivo.

b) Investigación sobre el costo de las inundaciones de la CCA

En 2019, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) inició un proyecto de investigación colaborativo liderado por los países de América del Norte los cuales son Canadá, México y Estados Unidos junto con expertos de las tres naciones (CCA, 2021). El proyecto reconoció la existencia de vacíos de información en la estimación de los impactos económicos de las inundaciones en la región. La CCA (2021) señaló que entre 2019 y 2021, el proyecto se denominó “Costeo de Inundaciones y Otros Eventos Extremos” y fomentó la colaboración entre autoridades gubernamentales, centros de investigación, actores del sector privado y comunidades. Los extractos de este informe de política se basan en un diálogo detallado entre los socios del proyecto, tres talleres dirigidos por expertos, una sesión específica con investigadores y líderes indígenas, así como numerosas consultas

Existen varios hallazgos relevantes para la política pública en México, entre ellos destaca que, a pesar de los avances significativos logrados en las últimas dos décadas en México liderados notablemente por Cenapred en la recopilación de datos persiste una necesidad sustancial de mejorar la coordinación entre agencias a nivel federal y estatal. También existe una necesidad considerable de fortalecer la capacidad municipal en la recolección de datos.

Los municipios representan la primera línea de acción en protección civil, asumiendo la responsabilidad principal en la prevención, supervisión y mitigación de riesgos de inundaciones. No obstante, las tareas municipales relacionadas con la protección civil en muchos casos superan la capacidad de respuesta de los gobiernos locales, lo que pone en evidencia carencias en los ámbitos financiero, institucional y legal.

La CCA (2021) plantea que una posible solución para México es la colaboración institucional trinacional. Los métodos de recopilación de datos deben fortalecerse mediante la inclusión de parámetros adicionales definidos en la metodología de la CCA. Si bien el enfoque de recolección de datos de Cenapred se alinea con el marco promovido por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), falta incluir información sectorial específica.

El enfoque de la CCA ofrece directrices para cerrar esas brechas de información. Las políticas públicas a nivel federal y estatal deben facilitar el flujo ágil y confidencial de datos hacia y desde el sector asegurador. El establecimiento de un repositorio centralizado de datos, con acceso seguro, podría empoderar tanto a los equipos de primera respuesta como a los planificadores estratégicos.

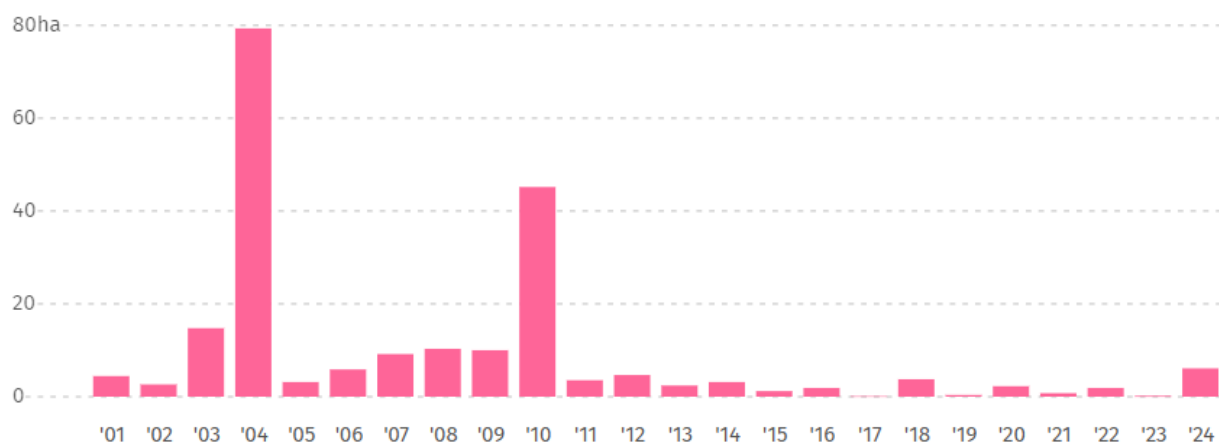
7.2 St. George, Granada

7.2.1 Interés general de las instituciones (funcionarios públicos)

El interés general de las instituciones incorpora los objetivos y responsabilidades colectivas que las entidades locales implementan para abordar las inundaciones en St. George, en beneficio del bien común de sus habitantes. Los temas abordados en este apartado incluyen el uso del suelo, la voluntad política, la deforestación, la especificación del diseño, la zonificación, la vigilancia y regulación de la resiliencia urbana. Para ello, es fundamental comprender la percepción de los funcionarios públicos de St. George, considerando a funcionarios del Obras Publicas y la Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA por sus siglas en inglés).

En relación con el tema del uso del suelo en St. George desempeña un papel importante en las inundaciones, ya que existe una relación positiva entre la urbanización y las superficies impermeables. Además, la deforestación reduce la capacidad del suelo para absorber agua. Global Forest Watch (2025) señaló que en 2020, el 45 % de la cobertura terrestre en Granada correspondía a bosques naturales, y el 0.33 % a cobertura arbórea no natural.

Ilustración 89 Pérdida de cobertura arbórea en St. George, Granada.



Fuente: Global Forest Watch (2025)

Con relación a la deforestación, de acuerdo con Global Forest Watch (2025) de 2001 y 2024, St. George perdió 217 hectáreas de cobertura arbórea, equivalente al 4.3 % del área cubierta por árboles en el año 2000, y 129kt de emisiones de CO₂e. Esta cifra no toma en cuenta las ganancias de cobertura arbórea en el mismo periodo. Las causas de la deforestación se atribuyeron a la agricultura permanente (52 ha) y a los asentamientos e infraestructura (122 ha) (Global Forest Watch, 2025). Cabe destacar que 2004 y 2024 registraron las mayores pérdidas, ya que los huracanes Iván y Wilma devastaron la isla, respectivamente.

El año con mayor pérdida de cobertura arbórea por incendios durante este período fue 2004, con 2 hectáreas perdidas, lo que representa el 2.1 % de la pérdida total de cobertura arbórea de ese año (Global Forest Watch, 2025). Entre 2000 y 2020, St. George experimentó un cambio neto de -35.5 ha (-0.65 %) en su cobertura arbórea. Bosque estable: 5.03 kha, ganancia: 29 ha, pérdida: 65 ha y perturbado: 358 kha (Global Forest Watch, 2025).

Por otro lado para enfrentar los problemas que provocan a las inundaciones es importante la gobernanza urbana, coordinación, emergencia y seguimiento de inundaciones entre las instituciones correspondientes. Sin embargo, se evidencian la existencia de obstáculos, se reconoció que no existe la voluntad política y la priorización institucional para llevarlo a cabo, como lo expresó explícitamente el funcionario público que se menciona a continuación.

Jefe de Obras Publicas menciona “No creo que existan limitaciones; creo que realmente es cuestión de tener la voluntad para querer resolver el problema. Es casi como si tuvieras que decir: esto es realmente nuestro problema y queremos erradicarlo. Es como cuando la vacunación eliminó enfermedades como la polio: tienes que ver algo genuinamente como un problema y tratar de solucionarlo. Tal vez eso sea algo que debemos priorizar. Es casi como si tuviéramos que empezar a ser un poco más proactivos que reactivos.

En este ministerio sabemos que hay lugares donde cada año, cuando llueve, tenemos que limpiar, y hay deslizamientos en esas zonas. Mi lógica, al menos para este ciclo presupuestario, es que en los lugares que ya sabemos que presentan problemas, se elaboren diseños y se estructure un proyecto para evitar que eso siga ocurriendo. Al menos en un plazo de dos o tres años, si pudiéramos implementar todas estas soluciones, deberíamos llegar a una situación en la que no existan zonas con deslizamientos de tierra o que, si llegan a ocurrir, sean cosas menores que no causen interrupciones ni representen problemas.

De forma similar, la gente simplemente debería decir: ‘este es nuestro plan para los próximos cinco años: detener las inundaciones en Saint George y en Grenville” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Acerca de la especificación de diseño permite que los edificios y la infraestructura reduzcan los efectos de las inundaciones e incluye requisitos como la altura mínima de las estructuras y el uso de materiales resistentes a inundaciones, como el concreto y el acero. Sin embargo, en St. George no existen especificaciones de diseño para la prevención de inundaciones. Al ser cuestionados sobre la existencia de requisitos de infraestructura preventiva y estipulaciones de diseño en zonas de inundación.

Jefe de obras públicas comento “No en cuanto a las inundaciones; probablemente tengas directrices de diseño para cosas como los sistemas sépticos y demás, pero no realmente para inundaciones. Donde vivo, en Grenville, antes todas las casas estaban construidas sobre pilares muy bajos. Quiero pensar que era algún tipo de adaptación local solo para las inundaciones. Desde entonces me doy cuenta de que la gente está construyendo las nuevas estructuras directamente sobre el suelo. Si prestáramos atención a lo que hacían

las personas mayores, veríamos que tenía sentido. Es casi como si se supusiera que deberías comenzar medio piso más arriba. Algunas de estas cosas podrían salvarnos de varios disgustos que nos causan las inundaciones. Cualquier nueva construcción debería estar al menos a 3 metros del suelo o algo así. Otro ejemplo: en Grenville, las tomas eléctricas deberían estar automáticamente a la altura del pecho, porque actualmente están a unos 60 centímetros del suelo, pero deberían estar un poco más altas” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Jefe de NaDMA “En cuanto al diseño y la construcción adecuada, no puedo opinar sobre ese tema” (comunicación personal, 26 de enero de 2025)

Con respecto a la zonificación del riesgo, es una medida técnica que lo pueden implementar en áreas identificados propensas a inundaciones en Granada. En St. George la respuesta es contradictoria en relación con zonas de inundación declaradas.

Jefe de NaDMA” No, aunque sabemos cuáles son las áreas propensas a inundaciones—por ejemplo, River Road, Morne Rouge, Tanteen—cuando hablamos de zonas “designadas”, no podría decir que estén oficialmente designadas” (comunicación personal, 26 de enero de 2025)

Jefe de Obras Publicas señaló “Yo diría que sí. Las inundaciones que vemos en Saint George se deben a que es una ciudad costera con una combinación de actividades fluviales y costeras, así que tienes una mezcla en ese sentido. Hay ocasiones en que llueve mucho y no se inunda, simplemente porque la marea no está lo suficientemente alta como para causar un represamiento” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Y cuando le indago si el Ministerio de Medio Ambiente les orienta en el establecimiento de estas zonas de inundación respondió

Jefe de Obras Publicas “no estoy seguro de que tengan algún tipo de asesoría. Desde que estoy aquí, no he escuchado que alguien diga: “esta es una zona de inundación”. CEDEMA hizo algunos mapas de inundaciones, pero no sé si han sido adoptados. Creo que también

hubo mapas de susceptibilidad a enfermedades, y tenemos muchas de esas cosas por ahí, pero no sé cuánto caso les hace realmente la gente. De alguna manera, necesitamos tener algún tipo de mecanismo de cumplimiento para que todo eso tenga sentido" (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

La protección contra inundaciones es una necesidad pública. La combinación de soluciones basadas en la naturaleza y soluciones estructurales representa una responsabilidad del ámbito público. Las instituciones, y por lo tanto los funcionarios públicos, están en posición de implementar estos proyectos, ya que se trata de inversiones a gran escala que requieren financiamiento público, subvenciones internacionales y asistencia que solo pueden gestionarse a nivel estatal.

Finalmente, respecto al monitoreo y regulación de la resiliencia urbana frente a inundaciones dependen de infraestructuras esenciales como la cobertura del sistema de drenaje pluvial, su estado y funcionalidad. El uso de indicadores permite evaluar el progreso. Al ser consultados sobre la funcionalidad del sistema de drenaje en la isla y la frecuencia con la que se revisa, se obtuvieron las siguientes respuestas:

Jefe de Obras Publicas dicho "bueno, no puedo decir con certeza si realmente realizamos una revisión adecuada del sistema de drenaje. En el sentido práctico, sí limpiamos los drenajes y las alcantarillas. Pero, a estas alturas, lo que deberíamos haber hecho es contar con un inventario que nos indique, por ejemplo, todas las alcantarillas en Saint George que miden 3 pies de ancho y que deberían medir al menos 4, para satisfacer las necesidades proyectadas a futuro. Al menos, aunque no las reemplacemos de inmediato, sabríamos que, cuando una se dañe, ya tenemos identificado que la nueva medida mínima debería ser esa, y así no tendríamos que rediseñar desde cero" (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

A partir de lo anterior, se reconoce la importancia de contar con el interés general de las instituciones que gestionan las inundaciones en St. George, ya que son ellas quienes determinan la respuesta ante estos eventos. En este caso de estudio, aunque la responsabilidad ante las inundaciones es considerado dentro del ámbito público, no se han determinado zonas de

inundación, ni se está haciendo lo suficiente para monitorear y garantizar un drenaje eficiente en la ciudad, lo que junto con otros factores, incide en la continuación de las inundaciones urbanas.

7.2.2 Participación comunitaria

La participación comunitaria es un componente clave para una resiliencia eficaz ante las inundaciones; sin embargo, su efectividad depende del grado de participación de la comunidad local. Como mencionan Rafinzar *et al.* (2025), la efectividad de las políticas de mitigación de inundaciones implementadas por las autoridades locales sigue siendo inconsistente debido a la limitada participación comunitaria. Esto subraya la importancia del compromiso comunitario, ya que, independientemente de las políticas vigentes, su efectividad depende del nivel de participación de la comunidad. Rafinzar *et al.* (2025) señalan algunos de los beneficios de la participación comunitaria, como la concientización pública y el fomento de un sentido de responsabilidad y apropiación por parte de la comunidad. Asimismo, aseguran que las soluciones comunitarias y la cartografía participativa proporcionan información crucial que se ajusta mejor a las necesidades de la comunidad local.

Los temas abordados incluyen participación comunitaria de acuerdo con cambios ambientales que afectan al territorio y favorecen la inundación, trabajos comunitarios exitosos, la opinión de los habitantes isla cuando se planea una intervención, proyecto o cambio en el espacio público y las limitaciones para trabajar con la comunidad. Los testimonios de los actores entrevistados incluyen a la jefa de la Cruz Roja, el jefe de Obras Públicas y el Capitán de la Universidad de St. George (SGU). Los temas abordados giran en torno a si se consideran las opiniones de la comunidad y de las organizaciones sociales al momento de planificar intervenciones o realizar cambios en el espacio público, dentro de programas o proyectos sociales. Asimismo, se analiza qué acciones lleva a cabo SGU para promover la inclusión, la seguridad y la resiliencia de la población.

Jefa de Cruz Roja expreso que “Creo que la expectativa o la visión debe cambiar. Muchos de estos proyectos no consideran el impacto económico a largo plazo ni involucran a las agencias que pueden hablar sobre emergencias. Por ejemplo, incluso NADMA, en mi opinión, no está lo suficientemente involucrada en estos proyectos como la principal

agencia de gestión de emergencias cuando se trata de proyectos en comunidades, por ejemplo. Si la Cruz Roja se involucra, probablemente podríamos compartir nuestra experiencia trabajando con familias y poblaciones vulnerables afectadas por los mismos proyectos que se erigen. Como mencioné antes, el mecanismo de coordinación está ausente.

Si hubiera, por ejemplo, un mecanismo nacional para estos proyectos urbanos o grandes, como el Departamento de Planificación, no sé si realizan estudios de factibilidad relacionados con inundaciones o incendios. No sé si simplemente aprueban el plan porque es un plan. La Cruz Roja no sabe lo que se incluye.

De la misma manera que en un plan se requiere construir, digamos, a 15 pies de la carretera, no estoy segura de que el plan diga que está diseñado para resistir un huracán o una inundación. No estoy segura de que eso esté integrado en el plan.

Por ejemplo, construí mi hogar hace dos años, y nadie me habló de eso. Pero, debido a mi experiencia, probablemente consideré esos aspectos al desarrollar mi plan. No estoy segura de que las personas en sus hogares discutan estos detalles, como construir fuera del suelo o esos pequeños aspectos que podrían posicionar mejor las viviendas para ser más seguras, especialmente en la construcción (comunicación personal, 20 de enero de 2025).

El jefe de Obras Publicas comento sobre si se considera la opinión de los habitantes de la isla al planificar un proyecto de intervención o un cambio en un espacio público y respondió que “Definitivamente intentamos tener algún tipo de consulta con las partes interesadas, ya sea a nivel alto mediante conversaciones en persona, y durante la implementación de los proyectos, realizamos muchas interacciones a menor escala con las personas afectadas. Incluso en entornos más informales, a veces los contratistas están trabajando y las personas se acercan, hacen comentarios o recomendaciones, y se abordan según corresponda” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Capitán de la Universidad de St. George (SGU) “lo que SGU hace es educar al público, pero no realizamos programas manuales como limpiar desagües. En cuanto a la comunidad más amplia, hace mes y medio tuvimos inundaciones serias aquí en St. George, lejos del campus. El río erosionó sus márgenes, las calles se inundaron con más de 20 cm de agua en las carreteras, y eso fue simplemente debido a desagües bloqueados y mala

construcción para deshacerse del agua. Algunas personas construyen obstruyendo los cursos de agua, lo que crea problemas, junto con deslizamientos de tierra que también bloquean los caminos hacia los cuerpos de agua. SGU se involucra en programas educativos, enseñando sobre las causas, cómo prevenir y qué se puede hacer para la prevención. Esa es nuestra participación, ya que el trabajo ambiental como limpiar desagües queda a cargo del gobierno” (comunicación, personal, 21 de enero de 2025).

Con base en lo anterior, se identifica que la participación comunitaria en St. George’s se caracteriza por un involucramiento limitado a consultas informales o procesos educativos. La Cruz Roja destaca la falta de mecanismos de coordinación y la escasa integración de criterios de resiliencia en la planificación, mientras que el Departamento de Obras Públicas reconoce la existencia de consultas durante las etapas de implementación o posteriores, más que en la fase de diseño. La Universidad de St. George centra sus esfuerzos en la educación y la sensibilización sobre los riesgos de inundación, dejando la acción directa en manos de las autoridades gubernamentales. Los testimonios de los actores revelan que existe una relación predominantemente vertical entre las instituciones y la comunidad, que oscila entre la ausencia, la participación parcial y, en algunos casos, enfoques meramente educativos.

De esta forma, la participación comunitaria es un factor crítico para el éxito de las estrategias de intervención ante inundaciones en St. George. Este enfoque garantiza que las medidas sean contextualizadas y respondan a las necesidades locales, al tiempo que prioriza la inclusión de los habitantes, fomentando un sentido de responsabilidad colectiva mediante su involucramiento en los procesos de toma de decisiones e implementación de iniciativas de resiliencia ante inundaciones.

No obstante, se ha identificado que St. George adopta un enfoque predominantemente descendente en la gestión de inundaciones, lo cual puede limitar el logro de sus objetivos. Fortalecer la colaboración entre las autoridades y la comunidad puede mejorar la capacidad institucional y la eficiencia operativa, facilitando el intercambio de conocimientos técnicos y experiencias locales, así como orientando las propuestas comunitarias hacia soluciones viables dentro de los márgenes presupuestarios establecidos.

Actualmente, la participación comunitaria en St. George tiende a ser de carácter informativo, principalmente durante las fases ejecución de proyectos y después de planificación.

Esta participación ciudadana suele limitarse a opiniones informales de las residentes dirigidas a los contratistas durante la realización de las obras, en lugar de estar integrada su participación de manera estructurada.

Respecto al conocimiento local sobre las condiciones atmosféricas y las amenazas, es fundamental para la resiliencia ante inundaciones, ya que los habitantes de St. George están en mejor posición para anticipar los riesgos y responder de manera más rápida y adecuada frente a estos eventos. El saber experiencial acumulado a lo largo de generaciones proporciona información valiosa sobre señales de alerta temprana, como las condiciones atmosféricas, la identificación de zonas vulnerables y enfoques adaptativos prácticos que pueden reducir la vulnerabilidad ante inundaciones en la isla.

En St. George, los habitantes pueden prever cuándo el río desbordará sus márgenes incluso en ausencia de lluvia. Cuando las hojas comienzan a flotar rápidamente en el agua sin que existan alertas meteorológicas, la población sabe que debe salir del agua. Las observaciones sugieren que, antes de los huracanes, la radiación solar puede presentar alteraciones, ya que los rayos del sol brillan con un carácter distintivo. En algunas zonas de la isla, la precipitación suele comenzar sobre las montañas visibles para los residentes, lo que les ofrece una breve ventana de preparación.

7.2.3 El liderazgo en la sociedad red

En St. George, el rol de liderazgo en la sociedad red es fundamental para la inversión en medidas de mitigación de inundaciones, así como en la provisión de ayuda y compensación a las personas afectadas. El liderazgo en inundación es más apto para fomentar innovación, colaboración, resolver problemas y tomar decisiones para reducir los impactos de las inundaciones. Los actores entrevistados fueron el jefe de Obras Públicas y el jefe de NaDMA. El tema abordado fue el modelo de inundación que guía la resiliencia urbana ante inundaciones.

Es fundamental que los gobiernos locales alineen sus políticas de desarrollo urbano para fomentar estrategias de adaptación ante inundaciones. Sin embargo, al ser consultados sobre modelos de ciudades que sirvan de inspiración para la gestión de inundaciones, los funcionarios no ofrecieron referencias claras que pudieran orientar o enfocar. A continuación, se presentan las respuestas ofrecidas por los funcionarios del gobierno:

Jefe de Obras Publicas expreso “Sí, debe haber algo en Ámsterdam, en algún lugar de los Países Bajos, incluso en Londres, creo” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Si bien los modelos internacionales, como los de países desarrollados como los Países Bajos e Inglaterra, pueden ofrecer información valiosa, no encajan en el contexto de las islas del Caribe. El tamaño, las estructuras de gobernanza urbana y los recursos difieren significativamente.

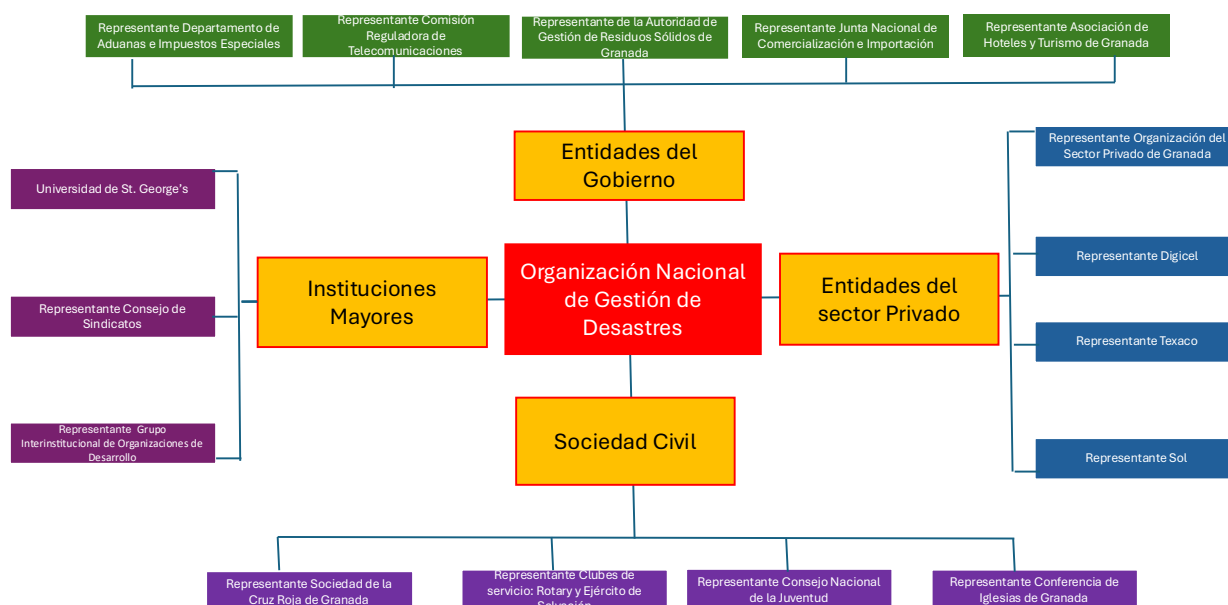


Ilustración 90 Agentes involucrados en gestión de desastres
Fuente: Adaptado de OEA (2025)

Al ser consultados sobre la continuación de proyectos a pesar de cambios en la administración, la siguiente fue la respuesta

Jefe de NaDMA menciona “Todo lo anterior. Una vez que estos proyectos han comenzado, creo que deben o deberían continuar” (comunicación personal, 26 de enero de 2025)

Jefe de Obras Publicas aludo “*El Proyecto del Río St. Johns es el mejor ejemplo de ello. La prioridad sigue siendo resolver esa situación, ya que el río St. Johns es una de las principales vías de acceso al pueblo de St. George. Por eso, creo que independientemente de la administración, se reconocerá la necesidad de atender ese asunto y continuar con*

los planes previos para mejorar el Carenage, que también es algo que debe mantenerse en marcha” (comunicación personal, 24 de enero de 2025).

Las redes de políticas públicas de las ciudades costeras esta articulada en las políticas de St. George mediante la creación e implementación de planes, programas y proyectos para abordar los problemas de inundaciones.

7.2.4 La articulación de políticas ante inundaciones

Los alcances del marco jurídico y de planeación en St. George ante las inundaciones incluye a nivel internacional y nacional.

Internacional

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030), el Acuerdo de París (2015), el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), el ODS 13 (acción por el clima) y la Nueva Agenda Urbana, NAU (2016) verse 7.1.4 en marco jurídico de Cozumel.

Central

La Constitución Política de Granada, Carriacou y Petite Martinique, en su Artículo 17(1), establece que el Gobernador General (jefe de Estado) puede declarar que existe un estado de emergencia para los fines establecidos en la Constitución (The Grenada Constitution, 1973). La Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo, Cap. 241A, fue derogada y reemplazada por la Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo, No. 23 de 2016, la cual establece disposiciones para el desarrollo ordenado y progresivo del territorio; la preservación y mejora de sus amenidades; la concesión de permisos para desarrollar terrenos y las facultades de control sobre su uso; la regulación de la construcción de edificios y otros asuntos relacionados. Asimismo, confiere facultades adicionales en relación con la adquisición y el desarrollo de terrenos para fines de planificación, y protege el patrimonio natural y cultural (GoG, 2016).

El Capítulo 116, Ley de Conservación de Bosques, Suelos y Agua, establece disposiciones para la conservación de los bosques, suelos, agua y otros recursos naturales de Granada, incluyendo la proclamación de reservas forestales, bosques protegidos en tierras privadas y procedimientos contra personas en posesión indebida de tierras del Estado o del gobierno (Parliament of Grenada, 1984). El Capítulo 306, Ley de Vivienda y Limpieza de Barrios Marginales, establece disposiciones en materia de vivienda para personas de clase trabajadora, así

como para la adquisición, reconstrucción y gestión de áreas designadas para la limpieza de barrios marginales y su reurbanización. También contempla mejoras en áreas insalubres, la reparación o demolición de viviendas insalubres y otros fines relacionados (GoG, 1946). El *Capítulo 29, Ley de Protección de Playas*, prohíbe la extracción no autorizada de arena, piedra, grava y guijarros de la costa, actividad que puede incrementar el riesgo de inundaciones. La ley establece además la descalificación de una persona para conducir un vehículo, las facultades de arresto, la facultad del Ministro para otorgar exenciones mediante orden, y la concesión de recompensas a informantes (GoG, 1979).

Tabla 27 Instrumentos legales para las inundaciones en St. George

NIVEL	St. George, Granada
INTERNACIONAL	El Marco de Sendai: Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (2015)
	El Acuerdo de París (2015)
	La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015)
	La Nueva Agenda Urbana, NAU (2016)
CENTRAL	Constitución Política de Granada, Carriacou y Petite Martinique
	Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo, No. 23 de 2016
	Capítulo 116 Ley de Conservación de Bosques, Suelos y Agua
	Capítulo 306 Ley de Vivienda y Limpieza de Barrios Marginales
	Capítulo 29 Ley de Protección de Playas
	Reglamento de Control del Desarrollo del Suelo de 1988
	Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada 2020-2035
	Plan Nacional de Adaptación de Cambio Climático Granada 2017-2021
	Plan Nacional de Desarrollo Físico 2003-2021
	Atlas de riesgos del cambio climático de CARIBSAVE (2012)

Fuente: Elaboración propia

La articulación de políticas públicas e instrumentos para abordar las inundaciones en el contexto de St. George se basa en la integración de diversos marcos estratégicos y normativos que permiten a Granada enfrentar los desafíos asociados a este fenómeno natural. Estos establecen metas y directrices, proporcionan referentes para la implementación, y ofrecen herramientas regulatorias para la planificación territorial y el uso del suelo. Para este apartado, se consideraron el Reglamento de Desarrollo del Suelo, Sección 27, el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (NAP), el Plan Nacional de Desarrollo Físico (NPDP) y el Atlas de riesgos del cambio climático de CARIBSAVE.

a) Reglamentos de Desarrollo del Suelo Sección 27. SRO 13 de 1988

Como parte del control ambiental, la Autoridad prohíbe cualquier desarrollo que se encuentre a menos de 50 metros (165 pies)¹³ de la línea de marea alta o en terrenos con una elevación inferior a 3 metros (10 pies) sobre el nivel medio del mar, según la condición que sea aplicable. En un documento titulado “Cómo se procesa una solicitud de planificación, utilizado para orientar el desarrollo en la División de Planificación, se indica que la Autoridad de Control del Desarrollo del Suelo en Granada fue actualizada a la Autoridad de Planificación y Desarrollo. Su función es gestionar el medio ambiente y los recursos del país mediante el uso sostenible del suelo. La PDA puede proteger tierras agrícolas y áreas forestales, así como proteger las zonas costeras contra la erosión.

El código de construcción no contempla disposiciones específicas para la construcción en zonas propensas a inundaciones, excepto en la Sección 5 sobre Salud Pública y Seguridad. En particular, el subapartado 503.3 establece que: *“No se construirá ningún edificio en un sitio que no pueda acondicionarse de manera que se eviten efectos perjudiciales para el edificio o sus ocupantes por aguas de tormenta o inundación, y que tenga una elevación promedio inferior a 4 pies sobre el nivel medio del mar”* (Griffith-Charles & Alam, 2015 línea 37-39).

El Mapa de Peligros por Inundación fue elaborado como parte del plan nacional de mitigación de riesgos y se aplica a toda la isla y al río St. John’s en St. George’s. Aunque no existe una ley específica que obligue a incorporar información sobre peligros y riesgos en la planificación urbana en Granada, el proceso de planificación contempla la realización de estos estudios para apoyar la toma de decisiones. Además, no hay una organización identificable en Granada con el mandato de generar información sobre peligros, y la unidad de planificación tiene una capacidad limitada para realizar estos estudios de forma independiente. Como resultado, la consideración de peligros se excluye del trabajo de desarrollo. El concepto de zonificación se recomienda como una meta a largo plazo debido a los desafíos relacionados con la tenencia del suelo y las regulaciones. Se requerirá un permiso de zonificación para garantizar el cumplimiento de los usos del suelo y los estándares.

¹³ Capítulo 241a Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo

“La Autoridad no autorizará ningún desarrollo a menos de 50 metros (165 pies) de la línea de marea alta ni en terrenos con una elevación inferior a 3 metros (10 pies) sobre el nivel medio del mar, según corresponda”.

b) Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada 2020-2035

Tiene como objetivo mejorar fundamentalmente la forma en que los granadinos viven, trabajan, tratan el medio ambiente natural e interactúan con las instituciones. Aborda las inundaciones enfocándose en el cambio climático, la reducción del riesgo de peligros y la infraestructura resiliente. El Objetivo #1 incluye un alto desarrollo humano y social, poniendo a las personas en el centro del desarrollo sostenible y la transformación. El Objetivo #2 incorpora una economía vibrante, dinámica y competitiva con infraestructura resistente al clima y a desastres. El Objetivo #3 está orientado hacia la sostenibilidad ambiental y la seguridad. Los resultados nacionales 6 y 7 son infraestructura moderna resistente al clima y a desastres y la reducción del riesgo de peligros climáticos, respectivamente.

- *Bajo el Resultado #6: Infraestructura Moderna Resiliente al Clima y a los Desastres*

El riesgo de inundaciones se aborda principalmente a través de la planificación espacial y la resiliencia de la infraestructura. En cuanto a infraestructura, los extractos del resultado destacan el aumento de la inversión en infraestructura de drenaje para toda la red vial, así como defensas marinas para las carreteras ubicadas a lo largo de la costa. De manera similar, se contempla la implementación de proyectos para proteger el Carenage y la playa de Grand Anse frente al aumento del nivel del mar mediante la creación de ciudades inteligentes frente al clima. También se mencionan mayores inversiones en la recolección de agua de lluvia, así como la protección y restauración de infraestructura hídrica como bosques y humedales.

Respecto a la planificación espacial, se propone actualizar el Plan Nacional de Desarrollo Físico para exigir un equilibrio espacial entre todos los sectores e industrias, un uso del suelo que promueva un desarrollo equilibrado, una zonificación adecuada y una integración territorial e intersectorial. Además, se señala que la antigua Unidad de Planificación Física, ahora Autoridad de Planificación y Desarrollo, debe emprender reformas fundamentales orientadas al fortalecimiento de la gobernanza urbana y los arreglos institucionales, así como al desarrollo de capacidades humanas y técnicas para mejorar la eficiencia.

También se contempla la integración de soluciones tecnológicas en las operaciones y el fortalecimiento de los mecanismos de evaluación, cumplimiento, monitoreo y rendición de cuentas. Finalmente, se propone establecer nuevas regulaciones progresistas para fomentar un desarrollo espacial equitativo.

- *Bajo el Resultado #7: Resiliencia Climática y Reducción del Riesgo de Peligros*

Las inundaciones se tratan como una amenaza central junto con los huracanes, el aumento del nivel del mar y los deslizamientos de tierra. El Plan destaca la importancia de integrar la reducción del riesgo de inundaciones y desastres en la gobernanza urbana y el desarrollo, lo cual incluye políticas, mecanismos institucionales, participación comunitaria y planificación de infraestructura.

Las acciones estratégicas nacionales propuestas respecto a las inundaciones incluyen el desarrollo e implementación de una Estrategia Nacional de Resiliencia y Gestión del Riesgo de Desastres con enfoque de género para Granada, Carriacou y Petite Martinique. También se contempla actualizar, crear y hacer cumplir legislación nueva y existente que respalde la protección ambiental y la sostenibilidad. Se busca fortalecer las estructuras institucionales para integrar la adaptación climática en políticas, planes, proyectos, programas, procesos y presupuestos de desarrollo. Además, se propone implementar un programa nacional anual de plantación de árboles y promover la recolección de agua de lluvia en la isla principal.

Asimismo, se plantea mejorar el marco regulatorio y operativo para la gestión del riesgo de desastres, ampliar la cobertura de seguros para los bienes públicos, aumentar el apoyo a NaDMA para fortalecer su capacidad de preparación, respuesta y recuperación ante desastres relacionados con el clima, y establecer o legislar un fondo nacional para desastres al que puedan contribuir tanto el sector público como el privado.

c) Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2017-2021

A partir del año 2015, la elaboración del PNA de Granada se llevó a cabo mediante un amplio proceso de consulta (GoG, 2017). Estuvo guiado por las “Directrices técnicas para el proceso de planes nacionales de adaptación” de la CMNUCC de 2012, con la participación de más de 10 actores. Es un plan a 5 años (2017-2021) que comprende diferentes programas de acción

multisectoriales (GoG, 2017). Sirve como una guía general que prioriza las actividades de adaptación al cambio climático, extraídas de planes sectoriales y planes de áreas locales preexistentes, y conformadas a través de un extenso proceso de consulta que se prolongó durante meses e incluso años. El PNA de Granada es un documento vivo que se actualizará periódicamente para proporcionar orientación estratégica y programática continua al proceso de adaptación de la isla.

La visión es una Granada resiliente que se adapta proactivamente al cambio climático minimizando su vulnerabilidad a través de estrategias de adaptación inclusivas. El PNA cuenta con 12 programas de acción, 14 metas correspondientes y 20 indicadores (GoG, 2017). Las metas están alineadas con las directrices de la CMNUCC y apoyan los objetivos estratégicos nacionales más amplios de Granada; complementan el Plan de Implementación de Cambio Climático de CARICOM (2011-2021) y son coherentes con la Política de Cambio Climático y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC en inglés) de Granada (GoG, 2017). El presupuesto total estimado es de 260 millones de USD (GoG, 2017).

El documento señala que Granada ha sido impactada por eventos climáticos extremos, incluidos tormentas tropicales, huracanes, inundaciones costeras e interiores, y sequías. Estos eventos han causado daños a la infraestructura. Existen varios Programas de Acción; sin embargo, no hay un módulo específico sobre inundaciones, aunque sí se aborda la vulnerabilidad ante estas, ya sea directa o indirectamente.

Bajo el Programa de Acción 3: Disponibilidad de agua, con un presupuesto aproximado de 50,2 millones de USD (GoG, 2017), el Objetivo 1 es mejorar el marco normativo, legal, regulatorio e institucional para el sector del agua. Las acciones prioritarias de este objetivo incluyen mejorar la metodología para la recolección de datos meteorológicos e hidrológicos mediante la instalación de pluviómetros, capacitar a las personas para leer dichos instrumentos y crear mapas espaciales a partir de eventos de inundaciones sucesivos.

Programa de Acción 5: Resiliencia de los ecosistemas, con un presupuesto aproximado de 26,6 millones de USD (GoG, 2017), busca mejorar la gestión y conservación de áreas protegidas y otros ecosistemas clave. El PoA 5 reconoce que el aumento del nivel del mar, la erosión costera y las inundaciones provocadas por lluvias intensas amenazan las zonas costeras, y que las marejadas ciclónicas y los huracanes han degradado aún más los arrecifes de coral.

Programa de Acción 6: Gestión Integrada de Zonas Costeras, con un presupuesto aproximado de 15 millones de USD (GoG, 2017). Su objetivo es fortalecer la capacidad institucional, profesional y técnica para la gestión integrada de zonas costeras. Bajo el PoA 6 se reconoció que la infraestructura y los recursos costeros están amenazados por fenómenos meteorológicos intensos y tormentas tropicales que provocan marejadas e inundaciones costeras. La erosión de playas es un tema crítico, y las instalaciones turísticas, Grand Anse y el Carenage están en riesgo. Se proyecta que en Grand Anse se pierdan 206.133,88 m² de terreno y 54.508,88 m² de playa debido al aumento del nivel del mar, afectando al Allamanda Beach Resort, Coyaba Beach Hotel, Spice Island Resort y Flamboyant Hotel (GoG, 2017). Los acuíferos costeros están amenazados por la intrusión de agua salada derivada del aumento del nivel del mar, que se contamina fácilmente durante las marejadas. Actualmente, existe muy poca experiencia y no hay un marco de gestión para evaluar y manejar las vulnerabilidades por inundaciones en la isla. Para abordar la vulnerabilidad costera, se ha establecido un grupo de trabajo; en 2002 se realizó una evaluación de riesgos (GoG, 2017), se definió la zona costera y se aprobó una política, además de iniciarse el desarrollo de una Ley de Zonas Costeras.

Programa de Acción 7: Infraestructura resiliente y gestión sostenible del suelo, con un presupuesto aproximado de 112,9 millones de USD (GoG, 2017). Su objetivo es que la infraestructura seleccionada sea resiliente al cambio climático, que esté planificada adecuadamente, ubicada de forma correcta, diseñada y mantenida para resistir inundaciones; además de que la tierra sea gestionada de forma sostenible.

- *Objetivo 1:* Mejorar el marco normativo, legal, regulatorio e institucional para infraestructura resiliente y gestión sostenible del suelo. La nueva Autoridad de Planificación y Desarrollo debe garantizar la capacidad técnica, realizar una revisión integral de funciones y asegurar que las consideraciones climáticas se implementen en la Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo. El Plan Nacional de Desarrollo Físico se debe actualizar incorporando consideraciones de riesgo climático, así como definir áreas críticas para conservación y regeneración. También se fortalecerá la inclusión del cambio climático en los TdR de las evaluaciones de impacto ambiental, mejorar la supervisión e identificar medidas de mitigación de riesgos. Publicar

una guía breve para desarrolladores costeros y realizar un plan estratégico y climático para las zonas de desarrollo turístico costero e interior.

- *Objetivo 3:* Mejorar la resiliencia de edificios e infraestructura seleccionados, específicamente puentes; implementar planes de adaptación locales mediante el diseño, mitigación y construcción para estabilizar áreas propensas a inundaciones.
- *Objetivo 4:* Fortalecer los esfuerzos de adaptación climática mejorando el uso de datos, SIG y teledetección; potenciar la modelización de riesgos de inundaciones; reforzar la recolección de datos y desarrollar un programa de formación adaptado a prácticas de construcción sostenible en colaboración con centros técnicos de enseñanza locales.

Programa de Acción 8: Reducción del riesgo de desastres y prevención de enfermedades, con un objetivo relacionado con la salud, busca movilizar fondos para la reducción del riesgo de inundaciones como parte del Programa País de 5 años de NaDMA (2014-2019), con un presupuesto relacionado con salud de 180.000 USD, no asignado por NaDMA. Los riesgos para la salud surgen de fenómenos meteorológicos extremos, incluyendo impactos directos (como pérdida de vidas y medios de subsistencia) e indirectos (vectores de enfermedades infecciosas, contaminación del agua y enfermedades transmitidas por roedores). El estado actual incluye una propuesta de proyecto al GCF en borrador para infraestructura de captación de agua de lluvia.

Programa de Acción 9: Datos y proyecciones sobre el clima y el aumento del nivel del mar, cuyo objetivo es reforzar las actividades institucionales para recolectar, analizar y proporcionar datos climáticos para la toma de decisiones. El PoA 9 reconoce que no existe en la isla una institución que coordine la recopilación, consolidación, análisis y difusión de datos climáticos para todos los posibles usuarios. Por lo tanto, menciona que cualquier institución que se establezca debe evitar riesgos presupuestarios y la fuga de cerebros. La función de esta institución tendría que ser convertir los datos recopilados en formatos fáciles de usar para garantizar su utilidad técnica y meteorológica, así como para la academia, modelización y otros usos.

Granada no es miembro de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), por lo que no puede acceder al apoyo de dicha organización. Además, no existen escenarios específicos de cambio climático para Granada. Una de las opciones prioritarias es unirse a la OMM para beneficiarse de su apoyo en información climática.

San George's cuenta con un pluviómetro y aproximadamente 30 pluviómetros manuales en la cuenca del río Little de St. John. Actualmente, la División de Uso del Suelo recopila datos agrometeorológicos sobre precipitaciones, el Sistema Nacional de Información del Agua que incluye base de datos y mapas agrometeorológicos; datos SIG; impresión de mapas (riesgo de inundación, uso de suelo, geología, suelos) y la Unidad de Gestión de Riego para evaluaciones, seguimiento, diseños y capacitación.

d) Plan Nacional de Desarrollo Físico (NPDP) 2003-2021

El Plan Nacional de Desarrollo Físico (NPDP) 2003-2021 (Gobierno de Granada, 2003a) reconoce que Granada es vulnerable a las inundaciones, y que tales desastres pueden tener impactos graves en los sistemas sociales, económicos y ecológicos del país. También señala que las inundaciones son consecuencia de huracanes, marejadas ciclónicas y acción de las olas. Otras causas de inundación identificadas son de origen humano, como la eliminación de la cobertura vegetal. Se reconoce que las inundaciones ocurren en zonas costeras bajas y a lo largo de las riberas de los ríos.

El NPDP establece que el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura es responsable del drenaje. Para abordar las inundaciones, el NPDP menciona que las políticas y prácticas eficaces de gestión de cuencas hidrográficas son fundamentales para prevenir inundaciones, escorrentía acelerada y erosión. También se menciona la mejora del sistema de drenaje pluvial como medida preventiva. Sin embargo, no existen zonas oficiales de inundación en la Autoridad de Planificación y Desarrollo.

e) Atlas de riesgos del cambio climático de CARIBSAVE

CARIBSAVE (2012) menciona que el departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID/UKaid), en colaboración con la agencia australiana para el Desarrollo Internacional (AusAID), financió el Atlas de riesgos del cambio climático de CARIBSAVE, que se llevó a cabo entre 2009 y 2011. Utilizó métodos intersectoriales basados en evidencias para analizar los riesgos del cambio climático, las vulnerabilidades y las capacidades de adaptación con el fin de desarrollar

estrategias de respuesta que fueran pragmáticas y condujeran a reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia (CARIBSAVE 2012).

La CCCRA estipula el trabajo en los sectores clave y áreas focales, como los medios de vida comunitarios, el género, la pobreza, el desarrollo, la agricultura, la seguridad alimentaria, la energía, la calidad del agua, la disponibilidad de agua, el aumento del nivel del mar, el impacto de la marejada ciclónica en la infraestructura y los asentamientos ubicados en áreas costeras, Gestión Integral de Desastres, salud humana, biodiversidad marina y terrestre y Pesca (CARIBSAVE, 2012).

Este trabajo se realizó centrándose en el sector del turismo, que es el sector socioeconómico más importante para la economía nacional, los medios de vida y el medio ambiente del pueblo granadino. Sin embargo, (CARIBSAVE, 2012) reconoce que el aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas tuvieron impactos en la infraestructura y los asentamientos costeros y que la mayoría de estas infraestructuras y asentamientos en islas pequeñas, como Granada, se encuentran en la costa o cerca de ella. Incluyen, pero no se limitan a, instalaciones gubernamentales, de salud, comerciales y de transporte.

Según CARIBSAVE (2012), St. George, que es la ciudad capital de Granada, se encuentra en la costa cerca de un arroyo. Es extremadamente vulnerable a los impactos de los desastres naturales. El puerto principal está ubicado en la capital; si se viera afectado por un desastre, habría graves problemas de suministro, incluidos desafíos de seguridad alimentaria, para el país.

7.2.5 La gestión en la sociedad red

El financiamiento es esencial para garantizar la implementación de proyectos de mitigación estructural, así como el desarrollo de tecnologías innovadoras y el fortalecimiento de capacidades, también necesarios para reducir los impactos. Dado que la mitigación de inundaciones suele interpretarse de manera limitada como una mera asignación de recursos antes de que ocurra un desastre, se requiere una gestión basada en la sociedad en red.

Las autoridades del gobierno nacional y los parlamentarios deben respaldar las capacidades descentralizadas mediante recursos prioritarios, políticas habilitantes y legislación adecuada. Los proyectos con financiamiento internacional apoyan la infraestructura resiliente y los sistemas de alerta temprana. Los documentos consultados incluyen el Proyecto Agua para la Resiliencia

(W4R), el Proyecto de Mejora de la Resiliencia de Granada, el Mecanismo de Seguro contra Riesgos de Catástrofe en el Caribe (CCRIF) y la Opción de Desembolso Diferido para Riesgos de Catástrofe (Cat DDO).

f) Proyecto Agua para la Resiliencia (W4R)

El proyecto Agua para la Resiliencia (W4R) (PNUD, 2025), está diseñado para apoyar a las comunidades vulnerables de Granada en el acceso a suministros de agua seguros y ecológicos, así como en la conservación de ecosistemas para una gestión más eficaz de los recursos hídricos a nivel comunitario y gubernamental. El título del proyecto, *“Fortalecimiento de la Gestión Resiliente de los Recursos Hídricos en el Caribe Oriental”*, promueve el intercambio regional de conocimientos para mejorar las estrategias de gestión del agua.

El Gobierno de Canadá financió CAD 4,847,825 (USD 3.53 millones), y la iniciativa busca fortalecer la resiliencia hídrica en comunidades vulnerables a desafíos climáticos como las inundaciones, con especial énfasis en los hogares encabezados por mujeres y las agricultoras rurales.

El proyecto implementará iniciativas comunitarias para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, mejoras en los sistemas de riego, restauración de ecosistemas y monitoreo de la calidad del suelo y del agua. Además, se fortalecerá la recopilación y el uso de datos hidrometeorológicos para apoyar estrategias de adaptación y mejorar la capacidad de Granada para desarrollar propuestas y acceder a recursos financieros climáticos disponibles.

g) Proyecto de Mejora de la Resiliencia de Granada

El Banco Mundial (BM, 2022c), aprobó un financiamiento de US\$25 millones para el primer Crédito Programático de Política de Desarrollo para la Recuperación y la Resiliencia de Granada, en apoyo a la transición de la isla hacia una economía más ecológica y resiliente al clima. También incluye la gestión del riesgo de desastres y la mejora de la eficiencia energética, ambos relevantes para las medidas de mitigación de inundaciones. En respuesta a amenazas naturales como las inundaciones, el proyecto busca establecer una legislación integral de gestión del riesgo de desastres para utilizar los recursos de manera eficaz.

Además, Granada recibió en 2022 un financiamiento de US\$15 millones del Banco Mundial para mejorar la infraestructura de transporte del país y hacerla más resiliente al clima frente a inundaciones y otros desastres naturales. El Proyecto de Mejora de la Resiliencia de Granada financiará intervenciones para proteger los principales corredores de transporte contra la erosión costera impulsada por las inundaciones y el aumento del nivel del mar, especialmente en los puntos donde el río más grande del país cruza estas rutas.

h) Mecanismo de Seguro contra Riesgos de Catástrofe en el Caribe (CCRIF)

El CCRIF (por sus siglas en inglés) (CARICOM, 2025), es un mecanismo regional de agrupación de riesgos que pertenece, opera y está registrado en el Caribe para los gobiernos caribeños. Su objetivo principal es reducir las cargas financieras provocadas por huracanes y terremotos mediante la provisión rápida de fondos a corto plazo cuando se activa una póliza de seguro.

El CCRIF ofrece la cobertura más económica posible para estos desastres y representa un cambio de paradigma en el enfoque gubernamental hacia los riesgos de desastres, promoviendo la planificación previa a los eventos. Inicialmente, la instalación fue desarrollada con financiamiento del Gobierno de Japón y recibió aportes a un fondo fiduciario multidonante por parte de los gobiernos de Canadá, Reino Unido, Francia, Irlanda y Bermudas, la Unión Europea, el Banco Mundial, el Banco de Desarrollo del Caribe, así como contribuciones anuales de los gobiernos miembros. Actualmente, dieciséis países del Caribe son miembros del CCRIF, incluida Granada. Pagos realizados a Granada por el CCRIF tras el paso del huracán Beryl el 1 de julio de 2024:

Tabla 28 Detalles de la póliza y pagos por el huracán Beryl

Tipo de Póliza	Pago (US\$)	Equivalente en EC
Ciclón tropical	42,425,110	114,547,797
Lluvias excesivas	548,850	1,481,895
Costa	1,066,667	2,880,001
Total	44,040,627	118,909,692

Fuente: Ministerio de Finanzas, Granada (2025)

i) Opción de Desembolso Diferido para Riesgos de Catástrofe (Cat DDO)

Otro fondo es la *Opción de Desembolso Diferido para Riesgos de Catástrofe (Cat DDO)*. El Banco Mundial, aprobó un Crédito de Política de Desarrollo para la Gestión del Riesgo de Desastres por un monto de 20 millones de dólares estadounidenses para Granada, a través del mecanismo Cat DDO (BM, 2020). Este instrumento proporciona financiamiento contingente al país en caso de desastre natural, al mismo tiempo que respalda el programa de reformas de Granada orientado a construir resiliencia multisectorial frente a los riesgos climáticos y de desastres. El crédito está financiado por la Asociación Internacional de Fomento (AIF), el brazo de financiamiento concesional del Banco Mundial.

El Cat DDO permite al gobierno de Granada acceder de forma inmediata a recursos financieros críticos tras un desastre. Además, contribuye al desarrollo de una estrategia de financiamiento para la gestión del riesgo de desastres, dado que la resiliencia climática es una prioridad central en la agenda política del país.

Los fondos del Cat DDO pueden ser utilizados tras una declaración oficial de emergencia, ya sea por un desastre natural o una crisis de salud pública. El crédito estará disponible durante tres años y puede renovarse, o no, por un período adicional de tres años.

7.3 Comparación de los elementos estructurales de la resiliencia frente a inundaciones

Los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones se componen de cinco dimensiones clave: el interés general de las instituciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad red, la articulación de políticas ante inundaciones y la gestión en sociedad red. Además, se identifica el enfoque de resiliencia predominante para cada caso de estudio. La información que se presenta a continuación sintetiza las principales características de Cozumel (México) y St. George's (Granada). Esto permite identificar similitudes y diferencias en ambos contextos.

Tabla 29 Comparación de los elementos estructurales de la resiliencia en los casos de estudio

	Interés general de las instituciones	Participación comunitaria	Liderazgo en la sociedad red	Articulación de políticas ante inundaciones	Gestión en sociedad la red	Enfoque de resiliencia
Cozumel	Orientado principalmente a la protección de la actividad turística y la infraestructura urbana básica después de huracanes. Zonificación de riesgo reconocida, pero poco aplicada en barrios antiguos; ausencia de estándares de diseño (altura, materiales, estructura).	La comunidad participa activamente en recuperación que son clave para enfrentar las inundaciones.	Liderazgo Principalmente proviene del Ayuntamiento de Cozumel con distribuido y descentralizado, con actores locales.	Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027, Plan de Desarrollo Urbano Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales 2021–2024 Atlas de peligros y/o riesgos del municipio de Cozumel, Quintana Roo 2016	Mediante estructuras nacionales más que de organizaciones internacionales FONDEN, ACCION: la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA).	Recuperación Reconstrucción Resistencia Principalmente reactivo, orientado a la respuesta y recuperación post-evento. Resiliencia bottom-up impulsada por la comunidad.
St. George	Vinculado al desarrollo nacional con apoyo externo. No existen zonas de inundación establecidas. La regulación restringe la construcción	La participación comunitaria está más institucionalizada a través de programas de educación ambiental y planes nacionales.	Manejo centralizado en el gobierno nacional; sin embargo, los actores locales manejan las inundaciones y tienen menor autonomía en la	Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada 2020-2035 Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2017-2021. Plan Nacional de Desarrollo Físico (NPDP) 2003-2021, Reglamentos de Desarrollo del Suelo 1988. Atlas de riesgos del cambio climático de	Mediante estructuras formales y jerárquicas, de instituciones nacionales e internacionales como financiación, seguros	Resistencia Recuperación Reconstrucción Preventivo y planificado, con fuerte influencia de la cooperación internacional. Resiliencia top-

	cerca de la costa, carece de aplicación, no se aplican especificaciones de diseño.		toma de decisiones.	CARIBSAVE 2012.	caribeños, créditos.	down, estructurada desde el Estado con apoyo externo.

Fuente: Elaboración propia

Existen similitudes y diferencias en los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones en los dos estudios de caso. En relación el con el modelo de resiliencia, hay evidencia que muestra que Cozumel es más reactivo y comunitario en la manera en que enfrenta las inundaciones. La recuperación posterior al evento mediante acciones correctivas es el enfoque principal en este caso, y parece tener un enfoque más de abajo hacia arriba. En cambio, St. George's presenta una resiliencia que está más apoyada externamente por la cooperación internacional, y con mayor planificación. También hay un enfoque más de arriba hacia abajo en contraste con Cozumel.

En cuanto al *interés general de las instituciones*, los datos climáticos y el monitoreo, Cozumel cuenta con información más integrada a sus sistemas nacionales a través de dependencias como CONAGUA e INEGI. Asimismo, el atlas de riesgos es elaborado y actualizado a nivel nacional en México, lo que demuestra que puede identificar patrones y atender preocupaciones de manera proactiva. Finalmente, el PMD fue actualizado para el periodo 2024-2027. En St. George's, existe una recolección limitada de datos, fuertemente dependiente de capacidades externas. Por ejemplo, el atlas de riesgos en Granada fue elaborado por agencias externas del Reino Unido y Australia en 2012, y no hay evidencia de actualizaciones.

Esto debilita seriamente la disponibilidad de datos que sustenten la toma de decisiones en condiciones climáticas dinámicas. El NAP establece que el Plan Nacional de Desarrollo Físico de Granada debe actualizarse para incluir consideraciones de riesgo climático, además de definir áreas críticas de conservación y regeneración; sin embargo, a la fecha el NPDP2003-2021 no ha sido actualizado. Asimismo, el PoA 9 revela brechas de coordinación institucional en la gestión de la información climática.

Respecto a *las redes de políticas públicas* y la articulación de políticas ante inundaciones, la planificación y regulación del uso de suelo, en Cozumel no existen estándares específicos de diseño resistentes a inundaciones, como materiales o altura mínima. Se reconoce la zonificación de riesgo de inundación, pero no se aplica en comunidades más antiguas, aunque sí se fomenta la captación de agua pluvial. En Granada, la regulación de 1988 prohíbe la construcción a menos de 50 m de la costa o a menos de 3 m sobre el nivel del mar; sin embargo, el código de construcción no establece especificaciones de diseño en cuanto a materiales o altura mínima. No existen zonas de inundación establecidas en la isla y particularmente en St. George's. Comparativamente, Cozumel cuenta con regulaciones operativas pero fragmentadas, mientras que St. George's tiene planes estratégicos y restricciones normativas que no se aplican plenamente.

Tanto Cozumel como St. George's enfrentan insuficiencia en infraestructura hidráulica y drenaje; Cozumel se ve más afectado por la saturación urbana, especialmente en vecindarios antiguos y no planificados. St. George's, por su parte, enfrenta desventajas topográficas con pendientes pronunciadas que aumentan la escorrentía, además de deficiencias estructurales en la infraestructura pluvial a pesar del financiamiento internacional.

En lo que respecta a *gestión en la sociedad red* financiamiento y seguros frente a inundaciones en Cozumel depende principalmente de recursos de los tres niveles de gobierno; este financiamiento interno puede ser limitado. No hay evidencia de pólizas de seguro colectivo ni de mecanismos financieros internacionales significativos en Cozumel. En St. George's, existen mecanismos financieros internacionales de resiliencia. El CCRIF es una póliza de seguro colectivo con desembolsos inmediatos. El Cat-DDO del Banco Mundial ofrece una línea de crédito contingente. También existen proyectos de infraestructura y transporte resiliente financiados por el GCF y el BM.

Con respecto al *liderazgo en la sociedad red*, en Cozumel, México, la gobernanza urbana del uso de suelo se realiza en tres niveles. A nivel federal, a través de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) mediante sus políticas de desarrollo urbano, mientras que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) regula las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos federales, y la CONAGUA tiene el mandato de regular las llanuras de inundación. A nivel estatal, el Instituto de Planeación del Desarrollo Urbano del Estado (IPDUQROO) y el gobierno estatal están encargados de la planificación regional. A nivel local, el Gobierno Municipal (Ayuntamiento de Cozumel) toma el liderazgo y es la autoridad competente

con la responsabilidad de la planificación del uso de suelo mediante los Programas de Desarrollo Urbano, PDU, y los reglamentos municipales. Por lo tanto, la responsabilidad de la planificación frente a inundaciones se comparte principalmente entre la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, que aplica las regulaciones de zonificación, permisos de construcción y licencias de uso de suelo. Según Adimula *et al.* (2024) este rol de liderazgo puede conducir a la innovación pero no como una obligación.

En St. George's, Granada, NaDMA es responsable de coordinación de desastres, pero la planificación del uso de suelo debería realizarse por la autoridad central, lo cual se hace parcialmente mediante la Autoridad de Planificación y Desarrollo (PDA en inglés). Sin embargo, la División de Uso de Suelo está en realidad bajo el Ministerio de Agricultura, Tierras, Silvicultura, Pesca y Cooperativas, y realiza la clasificación de uso de tierras según su idoneidad (agricultura, conservación, asentamiento), además de administrar tierras estatales. Actualmente, la PDA en la práctica revisa y aprueba solicitudes de desarrollo, subdivisiones y EIAs, y se ocupa principalmente del control del desarrollo en lugar de incorporar una planificación prospectiva.

La desventaja de esta delegación de responsabilidades es que los datos no se comparten de manera efectiva entre ministerios. Además, esto significa gestión más que liderazgo. Según Adimula *et al.* (2024), los gerentes, a diferencia de los líderes, se esfuerzan por mantener el statu quo en lugar de desafiarlo; se concentran en conservarlo. Para los gerentes, el éxito se evalúa en función de que el equipo cumpla con las expectativas, en lugar de encontrar soluciones innovadoras y contextualizadas para la resiliencia frente a inundaciones.

De acuerdo con el Programa Asociado de Gestión de Inundaciones, los enfoques contemporáneos de gestión de inundaciones consideran que la planificación del uso de suelo y el marco regulatorio son fundamentales para controlar los daños por inundaciones dentro de umbrales aceptables. Es necesario identificar las áreas de alto riesgo de inundación e integrarlas en el proceso de planificación y regulación. La gobernanza urbana fragmentada puede llevar con frecuencia a decisiones inconsistentes sobre el uso del suelo frente a inundaciones.

Por lo tanto, las Autoridades de Planificación y Desarrollo están generalmente en mejor posición para gestionar el uso del suelo, ya que pueden integrar la gestión del riesgo de inundación en los planes urbanos. La Autoridad está mejor equipada para coordinar entre sectores como vivienda, transporte, medio ambiente e incluso agricultura, entre otros. Además, tiene el mandato

de zonificación de inundaciones, planificación espacial y desarrollo de infraestructura que, si se aplica, puede reducir los impactos de las inundaciones.

En ambos casos, la reconstrucción, restauración y resistencia han sido predominantes en Cozumel y St. George's. Específicamente, en el caso de Cozumel, existen medidas de limpieza inmediatamente después de un evento, con la comunidad tomando la iniciativa para restaurar lo perdido y reconstruir lo dañado durante el evento. Esto demuestra que es un enfoque comunitario y adaptativo con una alta *participación comunitaria*.

Sin embargo, los recursos se generan principalmente a nivel nacional, lo que limita la atención a las necesidades de recuperación ante desastres de Cozumel. Cozumel también ha aplicado un enfoque de resistencia a la resiliencia con la construcción de sistemas de drenaje, muros de contención y pozos de absorción, que son medidas estructurales preventivas y ayudan a restringir los daños por inundaciones. Además, el Ayuntamiento de Cozumel detalla infraestructura verde, como jardines pluviales, que pueden implementarse en la planificación urbana para mitigar las inundaciones. Sin embargo, no existen especificaciones de diseño, requisitos mínimos de altura ni materiales de resistencia para la prevención de inundaciones en Cozumel.

En el caso de St. George's, el enfoque de resiliencia también es la reconstrucción y restauración, respaldado por marcos legales y financiamiento internacional. St. George's depende de asistencia externa, la cual a menudo se ve obstaculizada por la fragmentación institucional en la atención a las inundaciones. Similar a Cozumel, St. George's también ha aplicado un enfoque de resistencia a la resiliencia con la construcción de sistemas de drenaje, muros de contención y muros ribereños, que son medidas estructurales preventivas, detienen el agua y ayudan a restringir los daños por inundaciones.

Existe una implementación parcial de restricciones respecto a la construcción en la costa. El PAN establece que el Plan Nacional de Desarrollo Físico de Granada debe actualizarse para incluir consideraciones de riesgo climático, además de definir áreas críticas para la conservación y regeneración. Sin embargo, el PNDF 2003-2021 no ha sido actualizado desde entonces. Tampoco existen especificaciones de diseño, requisitos mínimos de altura ni materiales de resistencia para la prevención de inundaciones en St. George's.

8. Propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones

Esta sección presenta una serie de propuestas orientadas a fortalecer las capacidades adaptativas frente a las inundaciones en Cozumel y St. George's. Su objetivo principal es integrar los distintos enfoques de resiliencia observados en ambos contextos, incluyendo la adaptación, prevención, restauración y recuperación, transformación, resistencia y reconstrucción. Las propuestas enfatizan la importancia de la gestión territorial y la conservación ambiental, al tiempo que destacan el papel de la participación comunitaria, la coordinación institucional, la planificación a largo plazo, el marco normativo y la incorporación de infraestructuras azules, verdes y grises como componentes esenciales para la construcción de resiliencia urbana ante inundaciones. La ilustración siguiente muestra un resumen de las propuestas para Cozumel y St. George basado en los enfoques de la resiliencia.

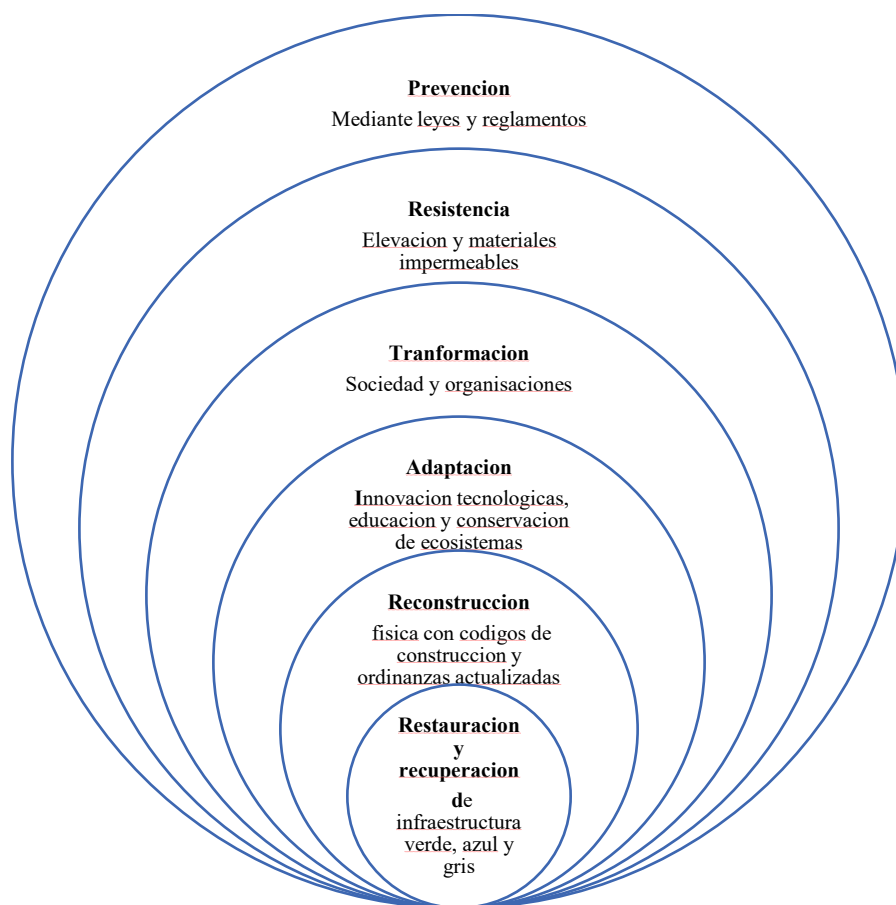


Ilustración 91 Propuestas de medidas de la resiliencia ante inundaciones
Fuente: Elaboración Propia

Las propuestas están basadas en los siete enfoques de resiliencia de Diez *et al.* (2022) y , que tienen su origen en los documentos del Marco de Sendai de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015) y la Nueva Agenda Urbana de ONU-Hábitat (2016). Doberstein *et al.* (2019) ofrecen estrategias de acomodación, protección, evitación y de retiro. La orientación estratégica del Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (2024), que ofrece perspectivas sobre la adaptación urbana inclusiva y sostenible; el marco del Banco Mundial/GFDRR liderado por Kryspin-Watson (2017).

8.1 Cozumel

8.1.1 Prevención

a) Leyes

- La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, en su Artículo 19, prohíbe la construcción en zonas clasificadas como de alto riesgo según estudios técnicos, salvo que se implementen medidas de mitigación. En Cozumel, tanto el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) como el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) ya identifican áreas vulnerables propensas a inundaciones. Sin embargo, no existe una ley municipal específica sobre zonas de inundación, lo que limita la aplicación local de restricciones y medidas preventivas.

La Comisión de Planificación de la Ciudad de Nueva York (2021) menciona que para los lotes de zonificación que se encuentran total o parcialmente dentro de la zona de inundación de alto riesgo, el plano de referencia puede establecerse en cualquier nivel entre la elevación de construcción resistente a inundaciones y una altura de 10 pies por encima del plano base o del nivel de la acera, dependiendo de cuál aplique. Además, cuando la elevación de construcción resistente a inundaciones supera los 10 pies por encima del plano base o del nivel de la cera, el plano de referencia puede, en cambio, establecerse en la elevación de construcción resistente a inundaciones.

Dentro de la zona de inundación de riesgo moderado, para los lotes de zonificación ubicados total o parcialmente en ella, el plano de referencia puede establecerse en cualquier nivel entre la elevación de construcción resistente a inundaciones y una altura de cinco pies por encima del plano base o del nivel de la acera, según corresponda (Comisión de Planificación de la Ciudad de Nueva York, 2021).

- La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2016) ya prohíbe la construcción de viviendas e infraestructura básica en zonas de riesgo. Este tipo de infraestructura, como hospitales, debe ubicarse en zonas de bajo riesgo.
- En zonas de inundación, puede otorgarse permiso para Áreas Naturales Protegidas (ANP) como manglares, humedales, espacios verdes e infraestructura para la gestión del agua, como sistemas de drenaje. Estos usos son óptimos para proporcionar amortiguadores naturales y zonas de retención que contribuyen a reducir el riesgo de inundación en Cozumel, además de ser considerados desarrollos de bajo riesgo.
- También pueden permitirse usos condicionados en zonas de inundación, incluyendo instalaciones públicas como plazas y campos recreativos; infraestructura turística y recreativa como ecoparques y senderos; e infraestructura de transporte como caminos y estacionamientos. Todos los desarrollos deben construirse con materiales y diseños tolerantes a inundaciones y deben obtener la aprobación de la SEMARNAT. Asimismo, puede permitirse la agricultura de forma condicionada, siempre que se trate de cultivos no permanentes, preferentemente no intensivos y adaptados a condiciones de inundación.

b) Reglamentos

- Deben establecerse zonas de no construcción y áreas de amortiguamiento para proteger entornos sensibles, gestionar el desarrollo y salvaguardar vidas y bienes frente a inundaciones. En el código de construcción, Cozumel debería incorporar retiros costeros, definidos como una distancia prescrita tierra adentro desde un elemento costero (por ejemplo, línea de pleamar, cresta de duna, línea de vegetación permanente), dentro de la cual se prohíbe todo tipo de desarrollo o ciertos tipos de construcción. En México, la distancia de retiro costero es de 20 metros (Simpson *et al.*, 2012).

- Las edificaciones nuevas o reacondicionadas dentro del distrito de zonificación aplicable deben cumplir con normas de construcción resistente a inundaciones, utilizando exclusivamente ladrillos. Balasbaneh *et al.* (2019) concluyen que el ladrillo es el material más adecuado para zonas de inundación debido a su funcionalidad superior, mientras que las estructuras de madera y acero fueron identificadas como las menos apropiadas.
- A pesar de la protección que ofrece el malecón de Cozumel, se debe permitir que el aumento del nivel del mar sea incorporado en el diseño de edificaciones en zonas de inundación, considerando una altura entre cinco y diez pies por encima del plano base o nivel de banqueta, el uso de materiales resistentes al agua como ladrillos, piedras y baldosas, y el retiro costero de 20 metros conforme a lo establecido en México. Adicionalmente, deben establecerse zonas de amortiguamiento para drenajes, por ejemplo, 1.5 metros desde los sistemas de drenaje.

c) Uso de suelo

- El aumento en la densidad de construcción solo deberá permitirse fuera de las zonas de amortiguamiento costero designadas y de las planicies de inundación cartografiadas. Las solicitudes para nuevos desarrollos o renovaciones mayores dentro de propiedades no conformes (es decir, aquellas ubicadas dentro de zonas de amortiguamiento por nivel del mar o planicies de inundación) deberán ser rechazadas. Esta regulación garantiza que el crecimiento urbano se dirija hacia áreas más seguras, reduciendo la exposición de residentes y negocios a riesgos de inundación y amenazas costeras.
- Los materiales tradicionales impermeables como el concreto o el asfalto deberán eliminarse progresivamente en entradas vehiculares, senderos peatonales y áreas de estacionamiento. En su lugar, se requerirá el uso de adoquines permeables u otros materiales porosos (adoquines de césped, bloques modulares, concreto poroso).
- Para entradas residenciales, no se permitirá el pavimento de ancho completo. En su lugar, se deberán instalar dos franjas paralelas de pavimento permeable (huellas de rodamiento) que sean suficientes para una entrada estándar, permitiendo que la franja central de suelo o césped absorba el agua de lluvia. El ancho típico de cada huella es de entre 300 mm y

600 mm; el espaciamiento deberá corresponder a las dimensiones estándar de los vehículos (Ministerio de Vivienda, Comunidades y Gobierno Local, 2009).

- Para desarrollos comerciales y turísticos, todos los estacionamientos de hoteles, plazas y corredores peatonales deberán adoptar sistemas modulares permeables (adoquines con juntas de infiltración o piedra porosa). Los senderos y banquetas deberán construirse con adoquines permeables que permitan la infiltración del agua pluvial.

8.1.2 Resistencia

a) Elevación de edificios

- Las edificaciones planas a nivel del suelo deben eliminarse gradualmente en Cozumel, especialmente en zonas de riesgo moderado a alto por inundaciones y áreas costeras. Se debe dar prioridad a la promoción de diseños elevados y resilientes frente a inundaciones que reduzcan la exposición al anegamiento y mejoren la seguridad estructural a largo plazo. Para apoyar esta transición, el código de construcción debe actualizarse e incluir estándares mínimos de elevación.
- Johnson (2007) propuso incentivos de cumplimiento que pueden mejorar la resiliencia ante inundaciones y se agrupan en las siguientes categorías:
 - *Bonificaciones automáticas*: otorgadas a edificaciones residenciales y proyectos de desarrollo a pequeña escala ubicados dentro de zonas designadas.
 - *Bonificaciones por uso específico*: dirigidas a desarrollos con fines determinados, como vivienda para ingresos medios o infraestructura comercial.
 - *Bonificaciones por especificaciones de diseño*: como jardines en azoteas o techos ecológicos, ofrecidas para modificaciones que mejoran o se desvían de los diseños o componentes estándar.
 - *Bonificaciones por espacios abiertos*: proporcionan incentivos como reducciones fiscales o aumento del coeficiente de ocupación del suelo (COS) por la inclusión de espacios públicos accesibles.

- *Bonificaciones basadas en porcentaje*: permiten que un porcentaje designado del costo de construcción se destine a servicios públicos, incluyendo instalaciones artísticas, fuentes de agua o fuentes comunitarias.

b) Elevación de carreteras y puentes

- Elevar carreteras y puentes por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI) es una estrategia clave para la gestión de inundaciones, ya que permite mantener el acceso abierto para evacuaciones y servicios de emergencia, además de preservar la movilidad durante y después de eventos de inundación. Wang (2018) señaló que un diseño típico de inmunidad ante inundaciones eleva una sección de carretera o un puente a una altura específica que es resistente a inundaciones con un período de retorno de 1 en 10, 20, 50 o 100 años.
- Las vías, puentes y sus sistemas de drenaje deben diseñarse para conservar su integridad estructural, y estos elementos deben incorporarse en los planes maestros urbanos. Este trabajo debe ser liderado por ingenieros civiles del Departamento de Obras Públicas, en colaboración con las áreas de planificación urbana y ecológica de Cozumel, para garantizar que la infraestructura de transporte logre niveles adecuados de resiliencia.

c) Elevación de instalaciones eléctricas

- La elevación de instalaciones eléctricas como tomacorrientes, medidores, tableros y interruptores debe ser obligatoria en zonas propensas a inundaciones para todas las nuevas construcciones y permisos de renovación. Todas las instalaciones eléctricas deben elevarse al menos por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI), que corresponde a la altura anticipada que alcanzarán las aguas durante una inundación.
- FEMA (2017) recomienda que únicamente se permitan dispositivos eléctricos aptos para ubicaciones húmedas por debajo del nivel reglamentario de protección contra inundaciones. Sin embargo, estos dispositivos aún pueden sufrir daños si quedan sumergidos; por lo tanto, se recomienda que solo se utilice equipo certificado para al menos una inmersión temporal por debajo del nivel de protección contra inundaciones. Esta medida debe ser incorporada en el código de construcción y aplicada por la Planeación y ecología en colaboración Obras Públicas.

d) Aumento de superficies permeables

- Halecki y Młyński (2025) destacan que las superficies impermeables como el concreto y el asfalto predominan en las zonas urbanas, lo que reduce la absorción de lluvia, acelera la escorrentía y aumenta el riesgo de inundaciones. Siempre que sea económicamente viable, Cozumel podría beneficiarse de la integración de calles permeables en sus planes maestros urbanos para orientar el desarrollo futuro, siempre y cuando estas medidas se implementen y supervisen adecuadamente por parte de obras públicas.

8.1.3 Adaptación

a) ANP, vegetación, bosque o selva

- Fortalecer el manejo de la ANP, vegetación, y la selva, mediante la actualización del programa de manejo, mediante talleres y foros organizados por la CONANP, con la activa participación de la población local, el sector social, académico y empresarial, para garantizar la inclusión y compromiso de los diversos agentes en la conservación ambiental y el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales.
- Promover esquemas de financiamiento para el desarrollo de actividades de conservación de manglares como barrera natural frente a huracanes, inundaciones y erosión costera, con la participación de comunidades locales, instituciones de investigación y agencias gubernamentales, a fin de garantizar la sostenibilidad a largo plazo y la reducción del riesgo. Elliott *et al.* (2018) menciona que un solo árbol puede reducir la escorrentía de aguas pluviales entre 3.2 y 11.3 m³ por año, con un promedio de 6.24 m³ o 6,240 litros anuales. Esto resalta la importancia de los servicios ecosistémicos y cuánto se ahorra en la gestión de aguas pluviales y en la prevención de inundaciones.

b) Innovación de servicios de tecnología

- El mapeo de inundaciones de alta resolución es fundamental para identificar con precisión las zonas vulnerables. El Atlas de Riesgo de Cozumel delimita eficazmente las estructuras

individuales en riesgo, proporcionando una base valiosa para evaluaciones localizadas. Sin embargo, la integración de salidas SIG en modelos tridimensionales de terreno e hidrodinámica puede mejorar significativamente la comprensión de la topografía y la dinámica del flujo de agua. Este enfoque permite evaluaciones más precisas del riesgo de inundación y respalda la toma de decisiones basada en evidencia para intervenciones específicas y planificación de infraestructura. Esta iniciativa involucra a los departamentos de planificación urbana y ecología, así como a universidades y centros de investigación.

- Actualmente, casi toda la población en Cozumel tiene acceso a redes sociales y datos móviles; por lo tanto, se sugiere que esta vía de comunicación se integre en los sistemas de alerta temprana. La transmisión de datos en tiempo real sobre condiciones de inundación puede ser aprovechada. Girrotto *et al.* (2024) afirman que este medio permite una vigilancia más eficaz y una mejor difusión de información antes y durante el evento, así como la emisión de alertas y la orientación de respuestas de emergencia. Se recomienda el desarrollo de aplicaciones móviles que alcancen tanto a turistas como a residentes, con la participación de autoridades municipales, desarrolladores tecnológicos, universidades y organizaciones no gubernamentales.
- Para mejores pronósticos de inundaciones, se recomienda utilizar herramientas basadas en inteligencia artificial de código abierto, como Google Earth Engine y TensorFlow. Jafarzadeh *et al.* (2022) señalan que Google Earth Engine (GEE, <https://earthengine.google.com>) proporcionó una plataforma profesional que ayuda a los geocientíficos con el análisis de grandes datos geoespaciales; la plataforma basada en la nube ya ha revolucionado el análisis y procesamiento de datos de observación del suelo de código abierto, además de introducir posibilidades de migración automática de muestras de entrenamiento y reforzar algunos métodos de aprendizaje automático.
- **Educación**
- Ijjasz-Vasquez y Valenzuela (2024) mencionan que la proporción de muertes infantiles fue menor durante el terremoto y tsunami de Japón en 2011 gracias a los simulacros escolares y al conocimiento sobre cómo actuar ante emergencias por tsunamis. En Cozumel, la educación y la infraestructura están orientadas principalmente hacia los huracanes, considerando las inundaciones como un efecto secundario. Sin embargo, se recomienda realizar simulacros en

escuelas y comunidades, especialmente en aquellas más vulnerables a inundaciones, para enseñar qué hacer en caso de este tipo de emergencia.

- Se deben organizar talleres, seminarios y charlas públicas para involucrar y educar a los residentes sobre la cartografía de riesgos de inundación, señales de alerta temprana y medidas de preparación. Estas campañas deben contar con la participación del gobierno local, Protección Civil, instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales y líderes comunitarios.

c) Capacidades técnicas

- Los proyectos a menudo requieren conocimientos especializados en ingeniería costera, los cuales pueden no estar disponibles localmente. Cozumel podría beneficiarse de invertir en la formación y contratación de ingenieros costeros como funcionarios públicos en la isla para cerrar esta brecha. Aunque las entrevistas indican que los funcionarios públicos poseen habilidades generales y que existen capacidades institucionales y técnicas para abordar los desafíos relacionados con las inundaciones, la incorporación de conocimientos especializados fortalecería las respuestas locales. El gobierno municipal de Cozumel debería contratar ingenieros costeros.
- Las agencias federales mexicanas como CONAGUA y SEMARNAT pueden brindar apoyo normativo y asistencia técnica, mientras que la Universidad de Quintana Roo puede ofrecer programas de formación para incentivar a los jóvenes locales a estudiar carreras como ingeniería y ciencias ambientales.

8.1.4 Transformación

a) Seguro

- Cozumel debería abogar activamente por un acceso más amplio a mecanismos de aseguramiento tanto a nivel regional como internacional. En particular, la Alianza del Pacífico (Chile, Colombia, México y Perú), que ya ha establecido programas de bonos catastróficos (cat bonds), debería continuar avanzando hacia un marco multinacional. Como parte de este proceso, es esencial incorporar la cobertura frente a riesgos de inundación, complementando así el enfoque actual centrado en la protección ante sismos y fortaleciendo la resiliencia.

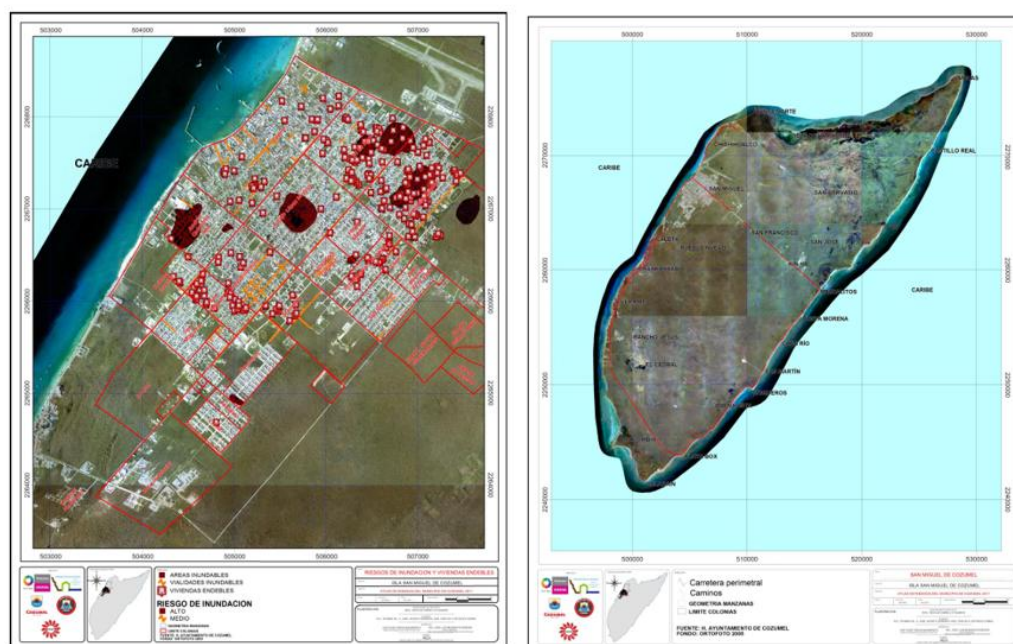
b) Sistemas de alerta temprana

- Para informar eficazmente a residentes y visitantes, las alertas de emergencia deben difundirse a través de múltiples canales. Las transmisiones gubernamentales de emergencia pueden enviar notificaciones directamente a teléfonos móviles, mientras que los sistemas de altavoces (PA) en terminales de transporte, edificios públicos y zonas turísticas pueden alcanzar tanto a excursionistas como a residentes.
- También deben emplearse sirenas callejeras y alertas por altavoz para garantizar que las personas sin acceso móvil estén informadas. Los mensajes deben repetirse en varios idiomas, priorizando el español y el inglés, ya que la mayoría de los turistas provienen de Estados Unidos y América Latina. Según la Secretaría de Turismo (2023), los principales países de origen de los visitantes a Cozumel son Estados Unidos (61.8 %), Canadá (11.3 %), Colombia (3.4 %), Reino Unido (2.3 %), España (1.7 %) y otros (19.6 %). El Ayuntamiento y Protección Civil están mejor posicionados para coordinar e implementar este sistema de alertas multicanal.

c) Planes de respuesta a emergencias

- En Cozumel, aunque existe un plan de respuesta ante huracanes, actualmente no se cuenta con un plan de emergencia específico para inundaciones. Por ello, se debe desarrollar un plan integral de preparación ante inundaciones que incluya la cartografía clara de zonas de alto riesgo, rutas de evacuación designadas y zonas seguras. Estas rutas deben estar debidamente señalizadas, comunicadas al público y practicadas regularmente por los residentes para garantizar su eficacia durante emergencias.
- El Belize Tourism Board (2023) ofrece orientación útil en su plantilla de plan de emergencia, destacando medidas críticas de seguridad ante inundaciones. Se debe advertir a residentes y visitantes que nunca caminen por aguas inundadas, ya que tan solo seis pulgadas de agua en movimiento pueden derribar a una persona. Conducir debe evitarse estrictamente salvo en casos necesarios, ya que más personas se ahogan dentro de vehículos que en cualquier otra circunstancia. Los vehículos averiados deben abandonarse de inmediato, y los ocupantes deben trasladarse a terrenos más altos, dado que muchas muertes ocurren cuando las personas intentan salvar sus automóviles.

- Si la evacuación no es posible, las personas deben refugiarse en el segundo piso, el ático o el techo. Dado que la electrocución es una causa importante de muerte durante inundaciones, se debe advertir a los residentes que eviten cables eléctricos caídos y líneas de energía.
- Como medida adicional de precaución, se debe alertar a la población sobre el riesgo de encuentros con fauna silvestre desplazada por el aumento de los niveles de agua. Esto incluye serpientes venenosas como la barba amarilla (Fer-de-Lance), la serpiente coral y la víbora de pestañas; el escorpión altamente venenoso *Centruroides gracilis*; así como cocodrilos, todos los cuales deben evitarse estrictamente durante condiciones de inundación.
- Es fundamental que el plan de inundaciones de Cozumel también contemple a la numerosa población turística de la isla, en particular a los pasajeros de cruceros, excursionistas y huéspedes en hoteles y resorts. Los hoteles y operadores turísticos deben estar obligados a contar con protocolos internos de respuesta ante inundaciones alineados con las directrices municipales, incluyendo alertas multilingües (con prioridad en español e inglés, y otros idiomas según sea necesario), instrucciones claras para refugiarse o evacuar, y coordinación con Protección Civil y el Ayuntamiento.



A lo largo de la isla de Cozumel existe una carretera que puede utilizarse como ruta de evacuación desde San Miguel de Cozumel en caso de una emergencia, una vez que la población haya sido alertada por las sirenas. Esta ruta corresponde a zonas donde se ubican viviendas endebles, para su posible atención por parte de las autoridades correspondientes.

8.1.5 Restauración y recuperación

a) Sistemas de drenaje

- Aunque las autoridades municipales seguirán siendo responsables del diseño, la construcción y las reparaciones mayores de la infraestructura de drenaje, el establecimiento de un sistema comunitario de co-mantenimiento es esencial para garantizar su funcionalidad y resiliencia a largo plazo. El mantenimiento sistemático debe realizarse especialmente antes y durante la temporada de huracanes (del 1 de junio al 30 de noviembre, según NOAA).
- Los residentes, las organizaciones de la sociedad civil (OSC) y las empresas en Cozumel deben participar activamente en labores rutinarias de limpieza, monitoreo y mantenimiento menor, como la remoción de desechos y la prevención de prácticas que obstruyan los drenajes.
- Para garantizar la rendición de cuentas y reducir la dependencia excesiva de los recursos municipales, estos arreglos de responsabilidad compartida podrían formalizarse mediante acuerdos comunitarios o asociaciones.

b) Infraestructura verde

- Todos los hoteles, escuelas y edificios municipales deben integrar sistemas de captación de agua pluvial en sus azoteas como parte de su infraestructura. El gobierno municipal debería establecer esta exigencia mediante el código de construcción, con el fin de reducir la escorrentía pluvial y aliviar los sistemas de drenaje.
- Cozumel debería incorporar requisitos de cisternas en el código de construcción para edificaciones residenciales y comerciales, ya que pueden tener el mismo efecto positivo sobre la escorrentía y los sistemas de drenaje que la captación de agua en

azoteas. Se debe establecer una capacidad mínima de cisterna basada en el área de techo. Por ejemplo, el Código Anotado de las Islas Vírgenes (2024) establece que, excepto en iglesias y almacenes, todos los demás edificios deben contar con cisternas con una capacidad útil mínima de 4 ½ galones por cada pie cuadrado de área de techo.

8.1.6 Reconstrucción

a) Construcción Física

- Aunque la reconstrucción en Cozumel suele estar liderada por la comunidad, es fundamental que todos los esfuerzos de reconstrucción cumplan con los códigos de construcción y ordenanzas actualizados orientados a fortalecer la resiliencia frente a inundaciones. Estos deben incluir requisitos claros para elevar las estructuras por encima de los niveles de inundación, utilizar materiales duraderos y resistentes al agua, y aplicar estándares de diseño resiliente como los mencionados anteriormente.
- Para garantizar la coherencia y la efectividad a largo plazo, la institucionalización de estas medidas debe estar supervisada por las autoridades municipales y el Departamento de Obras Públicas.
- En cuanto a la infraestructura ambiental y las áreas marinas protegidas deben reconstruir mediante fondos internacionales.

8.2 St. George

8.2.1 Prevención

a) Leyes

- Actualmente, no existen zonas de inundación formalmente establecidas ni regulaciones específicas sobre zonas de inundación en St. George's. Para fortalecer la gestión del riesgo

de desastres, la ciudad podría adoptar un sistema de zonificación escalonada que clasifique las zonas de riesgo de inundación en alto, moderado y bajo.

- *Zonas de alto riesgo de inundación:* Se requiere que toda nueva construcción sea resistente a inundaciones y esté elevada al menos 10 pies por encima del plano base o nivel de banqueta. El desarrollo debe estar estrictamente limitado, dando prioridad a infraestructura de protección y espacios abiertos. Se debe prohibir la vivienda residencial y la infraestructura crítica. Los hoteles solo podrán permitirse con una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) significativa.
 - *Zonas de riesgo moderado de inundación:* Se exige construcción resistente a inundaciones, elevada al menos 5 pies por encima del plano base o nivel de banqueta. El desarrollo puede permitirse, pero debe cumplir con códigos de construcción más estrictos y requisitos específicos de drenaje. Se debe autorizar el uso de espacios verdes, carreteras elevadas, infraestructura de transporte y servicios turísticos de bajo impacto. La agricultura puede permitirse de forma condicionada para cultivos no permanentes, preferentemente no intensivos.
 - *Zonas de bajo riesgo de inundación:* Se permite la construcción de viviendas residenciales e infraestructura crítica como hospitales, escuelas e instalaciones de emergencia. Estas áreas deben cumplir con estándares básicos de resiliencia, pero pueden admitir un desarrollo más amplio.
- En las zonas de inundación, puede otorgarse permiso para Áreas Naturales Protegidas (ANP) como manglares, humedales, espacios verdes e infraestructura para la gestión del agua, como sistemas de drenaje. Estos usos son óptimos para proporcionar amortiguadores naturales y zonas de retención que contribuyen a reducir el riesgo de inundación en St. George's, además de ser considerados desarrollos de bajo riesgo.
 - Los usos permitidos, condicionados y prohibidos en St. George's deben ser gestionados por la Autoridad de Planificación y Desarrollo. Asimismo, la agricultura puede permitirse de forma condicionada para cultivos no permanentes, preferentemente no intensivos y adaptados a condiciones de inundación.

b) Reglamentos

- Según la normativa, la Autoridad no debe autorizar ningún desarrollo dentro de los 50 metros (165 pies) de la línea de pleamar ni en terrenos con una elevación inferior a 3 metros (10 pies) sobre el nivel medio del mar. Esta restricción debe aplicarse de manera estricta, sin excepciones, con el fin de lograr una mayor resiliencia frente a inundaciones en St. George's.
- Para garantizar el cumplimiento, se deben establecer mecanismos de monitoreo y sanciones tanto para los desarrolladores como para la Autoridad de Planificación y Desarrollo en caso de incumplimiento de la normativa.

c) Zonas de amortiguamiento

- *“En general, una zona de amortiguamiento de 3 a 10 metros puede utilizarse para la eliminación de materia orgánica; una zona de 10 a 20 metros es adecuada para la estabilización de cauces; se sugiere una zona de 5 a 30 metros para la protección de la calidad del agua; una zona de 20 a 150 metros puede aplicarse para el control de inundaciones; y una zona de 30 a 500 metros puede proporcionar hábitats ribereños. Además, algunos estudios han sugerido que el ancho de la zona de amortiguamiento debería superar los 500 metros, con el objetivo de observar el estado ecológico de la zona forestal ribereña” Wang et al. (2024 p. 10).*
- Se deben establecer zonas de amortiguamiento en St. George's siguiendo un enfoque similar al programa ripario del Consejo Municipal de Christchurch, que define anchos mínimos de amortiguamiento desde 3 metros para servicios públicos canalizados hasta 30 metros para ríos aguas abajo. En el contexto de St. George's, esto podría implementarse, por ejemplo, con un mínimo de 1.5 metros de amortiguamiento para drenajes, un mínimo de 3 metros para arroyos o cursos de agua menores, y un mínimo de 30 metros para el río St. John's (zona de River Road).
- El Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente, en colaboración con la Autoridad de Planificación y Desarrollo, debe establecer distancias oficiales de amortiguamiento según el tipo de cuerpo de agua, desarrollar cartografía espacial para identificar y priorizar estas zonas, e integrar los criterios de amortiguamiento en las regulaciones de control de desarrollo para garantizar su cumplimiento.

d) Materiales

- Todos los edificios nuevos o aquellos que se reacondicionen dentro de los distritos de zonificación designados deben cumplir con los estándares de construcción resistente a inundaciones. Según FEMA (2025), los materiales recomendados para pisos incluyen concreto, losetas de concreto, concreto prefabricado, acabados de látex o bituminosos, cerámica, arcilla, terrazo, vinilo y láminas o losetas de caucho, así como madera tratada a presión o resistente a la descomposición y acero conformado en frío.
- Para paredes y techos, FEMA (2025) recomienda el uso de ladrillo, metal, porcelana, pizarra, bloques de vidrio, piedra y losetas de cerámica o arcilla, además de tableros de cemento, acero conformado en frío, concreto reforzado, bloques de concreto, aislamiento de espuma de celda cerrada, pintura epóxica de poliéster, madera tratada a presión o resistente a la descomposición, y madera contrachapada de grado marino.
- El cumplimiento de estos estándares de materiales, combinado con una estricta aplicación de la zonificación, reducirá significativamente la vulnerabilidad y fortalecerá la resiliencia de la ciudad frente a inundaciones.
- Para mejorar la resiliencia frente a inundaciones en la zona de River Road, se recomienda firmemente exigir el uso de pilares redondos en toda la infraestructura. Según lo señalado por el Jefe de Aguas Residuales de la CAPA, los pilares redondos son estructuralmente superiores a los cuadrados, ya que resisten mejor las presiones laterales e hidráulicas generadas por la combinación de inundaciones pluviales y fluviales, lo que reduce el riesgo de colapso y daños estructurales. La incorporación de pilares redondos en puentes, alcantarillas y estructuras de contención puede, por tanto, aumentar la durabilidad de la infraestructura.

e) Uso de suelo

- El aumento en la densidad de construcción solo deberá permitirse fuera de las zonas de amortiguamiento costero designadas y de las planicies de inundación cartografiadas. Las solicitudes para nuevos desarrollos o renovaciones mayores dentro de propiedades no

conformes (es decir, aquellas ubicadas dentro de zonas de amortiguamiento por nivel del mar o planicies de inundación) deberán ser rechazadas. Esta regulación garantiza que el crecimiento urbano se dirija hacia áreas más seguras, reduciendo la exposición de residentes y negocios a riesgos de inundación y amenazas costeras.

- Los materiales tradicionales impermeables como el concreto o el asfalto deberán eliminarse progresivamente en entradas vehiculares, senderos peatonales y áreas de estacionamiento. En su lugar, se requerirá el uso de adoquines permeables u otros materiales porosos (adoquines de césped, bloques modulares, concreto poroso).
- Para entradas residenciales en zonas de inundación, no se permitirá el pavimento de ancho completo. En su lugar, se deberán instalar dos franjas paralelas de pavimento permeable (huellas de rodamiento) que sean suficientes para una entrada estándar, permitiendo que la franja central de suelo o césped absorba el agua de lluvia. El ancho típico de cada huella es de entre 300 mm y 600 mm; el espaciamiento deberá corresponder a las dimensiones estándar de los vehículos.
- Para desarrollos comerciales y turísticos, todos los estacionamientos de hoteles, plazas y corredores peatonales deberán adoptar sistemas modulares permeables (adoquines con juntas de infiltración o piedra porosa). Los senderos y banquetas deberán construirse con adoquines permeables que permitan la infiltración del agua pluvial

8.2.2 Resistencia

a) Elevación de edificios

- Las edificaciones planas a nivel del suelo deben eliminarse gradualmente en St. George's, especialmente en zonas de riesgo moderado a alto por inundaciones y áreas costeras. Se debe dar prioridad a la promoción de diseños elevados y resilientes frente a inundaciones que reduzcan la exposición al anegamiento y mejoren la seguridad estructural a largo plazo. Para apoyar esta transición, el código de construcción debe actualizarse e incluir estándares mínimos de elevación.

- Johnson (2007) propuso bonificaciones por cumplimiento que pueden mejorar la resiliencia ante inundaciones que incluyen las bonificaciones automáticas, por uso específico, por especificaciones de diseño, espacios abiertos y basadas en porcentaje, *verse 8.1.2 a.*

b) Elevación de carreteras y puentes

- Elevar carreteras y puentes por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI) es una estrategia clave para la gestión de inundaciones, ya que permite mantener el acceso abierto para evacuaciones y servicios de emergencia, además de preservar la movilidad durante y después de eventos de inundación.
- Las vías, puentes y sus sistemas de drenaje deben diseñarse para conservar su integridad estructural, y estos elementos deben incorporarse en los planes maestros urbanos. Este trabajo debe ser liderado por ingenieros civiles del Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, en colaboración con el Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente y NAWASA Granada, para garantizar que la infraestructura de transporte logre niveles adecuados de resiliencia.

c) Elevación de instalaciones eléctricas

- La elevación de instalaciones eléctricas como tomacorrientes, medidores, tableros y interruptores debe ser obligatoria en zonas propensas a inundaciones para todas las nuevas construcciones y permisos de renovación. Todas las instalaciones eléctricas deben elevarse al menos por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI), que corresponde a la altura anticipada que alcanzarán las aguas durante una inundación.
- FEMA (2017) recomienda que únicamente se permitan dispositivos eléctricos aptos para ubicaciones húmedas por debajo del nivel reglamentario de protección contra inundaciones. Sin embargo, estos dispositivos aún pueden sufrir daños si quedan sumergidos; por lo tanto, se recomienda que solo se utilice equipo certificado para al menos una inmersión temporal por debajo del nivel de protección contra inundaciones. Esta medida debe ser incorporada en el código de construcción y aplicada por la Autoridad de

Planificación y Desarrollo en colaboración con Ministerio de Resiliencia Climática y el Ambiente, y la división de Electricidad en Obras Publicas.

d) Incremento de superficies permeables

- Halecki y Młyński (2025) destacan que las superficies impermeables como el concreto y el asfalto predominan en las zonas urbanas, lo que reduce la absorción de lluvia, acelera la escorrentía y aumenta el riesgo de inundaciones.
- Siempre que sea económicamente viable, St. George's podría beneficiarse de la integración de calles permeables en sus planes maestros urbanos para orientar el desarrollo futuro, siempre y cuando estas medidas se implementen adecuadamente y sean supervisadas por el departamento de obras públicas.

8.2.3 Adaptación

a) ANP, vegetación, bosque

- Fortalecer la gestión del Área Natural Protegida (ANP), los manglares y los bosques mediante la actualización del programa de manejo, a través de talleres y foros organizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura en colaboración con la Autoridad de Planificación y Desarrollo, con la participación activa de la población local, así como de los sectores social, académico y empresarial, para garantizar la inclusión y el compromiso de diversos actores en la conservación ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales.
- La resiliencia climática debe posicionarse como una prioridad ambiental central que oriente a la Autoridad de Planificación y Desarrollo en la determinación del porcentaje de conservación de tierras necesario para garantizar una resiliencia óptima frente a inundaciones, especialmente en zonas de alto riesgo. Paralelamente, el Ministerio de Silvicultura debe desempeñar un papel clave en la promoción de prácticas de manejo forestal sostenible que mejoren la protección de cuencas hidrográficas y reduzcan la vulnerabilidad ante inundaciones.

- Promover esquemas de financiamiento para el desarrollo de actividades de conservación de manglares y bosques como barreras naturales frente a huracanes, inundaciones y erosión costera, con la participación de comunidades locales, SGU y TAMCC, así como de agencias gubernamentales, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo y la reducción del riesgo.

b) Innovación de tecnología servicios

- La cartografía de inundaciones de alta resolución es fundamental para identificar con precisión las zonas vulnerables. El Atlas de Riesgo de CaribSAVE en Granada debería ampliar su alcance y no centrarse únicamente en el sector turístico, ya que otros servicios importantes, como el puerto de carga y muchas infraestructuras críticas, siguen siendo vulnerables al cambio climático y a las inundaciones en St. George's. Granada podría beneficiarse de la tecnología para crear y actualizar su propio atlas de riesgos, alineado con los objetivos estratégicos nacionales.
- Se necesita con urgencia información meteorológica más precisa en Granada para mejorar la capacidad de pronóstico en todo el país. Actualmente, muchas predicciones de lluvia emitidas por la Oficina Meteorológica son poco confiables, lo que debilita la confianza pública. Como resultado, la Agencia Nacional de Gestión de Desastres (NaDMA) suele ser ignorada, ya que sus informes se perciben como inexactos. Para abordar este desafío, Granada se beneficiaría significativamente de invertir en tecnologías avanzadas de pronóstico y sistemas de datos que generen predicciones más precisas y oportunas.
- China utiliza conjuntos de datos satelitales de múltiples fuentes. St. George's puede adoptar esta práctica mediante la instalación de estaciones meteorológicas automáticas y pluviómetros en toda la ciudad, dando prioridad a zonas vulnerables como River Road y las áreas costeras. Se pueden establecer alianzas con la Universidad de las Indias Occidentales (UWI) o con donantes internacionales como el PNUD para apoyar la creación de una plataforma de datos en la nube. Se recomienda utilizar herramientas de pronóstico basadas en inteligencia artificial de código abierto, como Google Earth Engine y TensorFlow, como menciona Jafarzadeh *et al.* (2022) para predecir inundaciones repentinas en función de umbrales de lluvia

- La integración de salidas SIG en modelos tridimensionales de terreno e hidrodinámica a nivel de calle puede mejorar significativamente la comprensión de la topografía y la dinámica del flujo de agua, permitiendo identificar con precisión las zonas donde persisten las inundaciones. Este enfoque permite evaluaciones más precisas del riesgo y respalda la toma de decisiones basada en evidencia para intervenciones específicas y planificación de infraestructura. Esta labor involucra a la Autoridad de Planificación y Desarrollo, el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, la División de Uso del Suelo del Ministerio de Agricultura, SGU y TAMCC.
- Granada es una isla montañosa, y las inundaciones suelen estar acompañadas de deslizamientos de tierra. Por lo tanto, St. George's podría beneficiarse de la implementación de una Red de Sensores Inalámbricos como la propuesta por Castillo-Effen *et al.* (2004). Este sistema ha sido aplicado en la región andina de Venezuela, ya que permite monitorear el entorno y seguir la evolución del desastre en tiempo real. Los sensores permiten la detección temprana de condiciones peligrosas y generan alertas oportunas ante inundaciones. El sistema cuenta con tres nodos principales: el nodo hidrológico mide el nivel y el flujo del agua a lo largo de los márgenes de los ríos; el nodo meteorológico monitorea la luz, humedad, temperatura, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, y debe colocarse en campos circundantes; el nodo de deslizamientos detecta el movimiento de laderas mediante geófonos, sensores de humedad del suelo y sensores de deformación lenta (creep), y debe instalarse en zonas montañosas inestables.
- St. George's puede utilizar redes sociales y datos móviles como sistema de alerta temprana ante inundaciones inminentes. Se puede transmitir información en tiempo real sobre las condiciones de inundación. Se recomienda desarrollar aplicaciones móviles que lleguen tanto a turistas como a residentes, con la participación de NaDMA, desarrolladores tecnológicos, SGU, TAMCC y organizaciones no gubernamentales.

c) Educación

- Brindar capacitación al personal de NaDMA y de la Oficina Meteorológica de Granada en análisis de macrodatos (Big Data) y pronósticos mediante inteligencia artificial, con el fin de fortalecer la capacidad técnica local. Se debe fomentar la colaboración con expertos

chinos y regionales en modelación climática para mejorar la precisión y confiabilidad de los sistemas de predicción de inundaciones.

- Se deben realizar simulacros en escuelas y comunidades, especialmente en aquellas más vulnerables a inundaciones, para enseñar qué hacer en caso de emergencia. Asimismo, se recomienda organizar talleres, seminarios y charlas públicas para involucrar y educar a los residentes sobre la cartografía de riesgos de inundación, señales de alerta temprana y medidas de preparación. Estas campañas deben contar con la participación de NaDMA, el Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente, SGU, TAMCC, organizaciones no gubernamentales y líderes comunitarios.

d) Acceso a data

- El acceso a datos censales y espaciales debe estar disponible públicamente en formatos de código abierto para promover la transparencia y la innovación. Al eliminar las barreras al acceso de datos, profesionales como urbanistas, investigadores, ingenieros y especialistas en SIG pueden generar mapas, modelos y análisis que respalden la reducción del riesgo de inundaciones urbanas, la planificación territorial y las prácticas de adaptación climática. Los datos abiertos también permiten contribuir a soluciones basadas en evidencia, ya sean privadas o públicas, locales o internacionales. El establecimiento de un portal centralizado de datos abiertos, gestionado por agencias gubernamentales (por ejemplo, la Oficina Central de Estadísticas en colaboración con NaDMA), podría garantizar que los conjuntos de datos estén estandarizados, actualizados y sean fácilmente accesibles para todos.
- Los mapas de riesgo por inundación deben estar disponibles públicamente a través de la Autoridad de Planificación y Desarrollo. Estos mapas pueden cumplir múltiples funciones, como servir de guía para los Oficiales de Control de Desarrollo al proporcionar una identificación clara de las zonas peligrosas, con el fin de restringir usos del suelo inapropiados. También aseguran que las consideraciones de riesgo se incorporen plenamente en las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) de los desarrollos potenciales. Estos mapas pueden actuar como un elemento disuasorio para desarrolladores y ciudadanos particulares que consideren invertir en zonas de alto riesgo de inundación. Asimismo, funcionan como una herramienta de concienciación pública, ofreciendo acceso

transparente a la información sobre riesgos de inundación para apoyar decisiones más seguras por parte de todos los actores.

e) Capacidades técnicas

- St. George's podría beneficiarse de invertir en la formación y contratación de ingenieros costeros como funcionarios públicos en la isla para cerrar esta brecha. Las entrevistas revelan que los funcionarios públicos carecen de capacidades institucionales y técnicas, así como de habilidades adecuadas para abordar los desafíos relacionados con las inundaciones. La incorporación de conocimientos especializados en resiliencia costera fortalecería las respuestas locales.
- El Ministerio de Desarrollo de Infraestructura debería contratar ingenieros costeros para brindar apoyo normativo y asistencia técnica a la Autoridad de Planificación y Desarrollo, mientras que SGU, TAMCC y Newlo pueden ofrecer programas de formación para incentivar a los jóvenes locales a estudiar carreras en ingeniería y ciencias ambientales.

8.2.4 Transformación

a) Coordinación institucional

- Las inundaciones deben ser una prioridad explícita en el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible, y las instituciones deben colaborar para alcanzar este objetivo estratégico. A nivel institucional, las inundaciones se agravan por la gestión fragmentada e insuficiente de las inundaciones urbanas en la zona costera de St. George's. Rasmussen *et al.*, (2020) indican que los desafíos ocurren debido a estructuras de gobernanza urbana fragmentadas o descentralizadas. Basándose en las consideraciones de Bull (2003) aplicadas al contexto de inundaciones, las acciones inapropiadas por parte de las autoridades correspondientes pueden empeorar la situación, ya que la responsabilidad de la gestión de inundaciones urbanas está dividida entre múltiples entidades, incluyendo NaDMA, el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, la Autoridad de Planificación y Desarrollo, el Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente, y el Ministerio de Agricultura. Cada

departamento tiende a priorizar su propio mandato, a menudo sin considerar las implicaciones más amplias para otras instituciones o para una gobernanza urbana integrada del riesgo de inundaciones.

- La Autoridad de Planificación y Desarrollo (PDA) tiene la responsabilidad legal de regular el uso del suelo, la zonificación y el control del desarrollo en St. George's, funciones que son fundamentales para la reducción del riesgo de inundaciones. A través de su mandato, la PDA puede abordar las inundaciones dentro del marco de control del desarrollo y planificación prospectiva, utilizando herramientas como permisos de desarrollo, regulaciones de zonificación y evaluaciones de impacto ambiental para restringir o guiar la construcción en zonas propensas a inundaciones. En contraste, la División de Uso del Suelo del Ministerio de Agricultura aunque tiene la división del uso de suelo no posee autoridad legal ni herramientas de planificación urbana para regular los usos residenciales, comerciales o de infraestructura. Su alcance es más limitado, centrado principalmente en la gestión de tierras agrícolas, y no supervisa permisos de construcción ni zonificación urbana. Dadas estas funciones diferenciadas, la colaboración entre la PDA y el Ministerio de Agricultura es esencial para armonizar las prácticas de uso del suelo y garantizar que se logre la resiliencia frente a inundaciones en St. George's.

b) Seguro

- Los residentes y empresarios de St. George's deberían invertir en seguros contra inundaciones. El país ya cuenta con mecanismos de financiamiento, crédito y aseguramiento para riesgos de inundación, los cuales pueden fortalecer la adaptación comunitaria. Granada también participa en el CCRIF SPC, que ofrece protección frente a ciclones tropicales, terremotos, lluvias excesivas y amenazas costeras.
- Por lo tanto, el seguro personal contra inundaciones complementaría el enfoque actual centrado en la protección contra huracanes y fortalecería aún más la resiliencia. Además, el Banco de Desarrollo de Granada (2025) ha informado sobre opciones de financiamiento para edificaciones adaptadas al clima, con una tasa de interés del 2 % y otros términos preferenciales.

c) Sistemas de alerta temprana

- Para informar eficazmente a residentes y visitantes, las alertas de emergencia deben difundirse a través de múltiples canales. Las transmisiones gubernamentales de emergencia pueden enviar notificaciones directamente a teléfonos móviles, mientras que los sistemas de altavoces (PA) en terminales de transporte, edificios públicos y zonas turísticas pueden alcanzar tanto a excursionistas como a residentes. También deben emplearse sirenas callejeras y alertas por altavoz para garantizar que las personas sin acceso móvil estén informadas. Los mensajes deben repetirse en varios idiomas, con prioridad en el inglés.
- Según la Oficina Central de Estadísticas de Granada (2021), los principales países de origen de los visitantes con estadía (excluyendo estudiantes) fueron Estados Unidos, Reino Unido, el Caribe, otros granadinos residentes en el extranjero, otros países europeos, Alemania, Canadá y otros. NaDMA y la Oficina Meteorológica de Granada están mejor posicionadas para coordinar e implementar este sistema de alertas multicanal.

d) Planes de respuesta a emergencias

- En St. George's actualmente no existe un plan de emergencia específico para inundaciones, aunque entrevistas revelan que se realizan simulacros para tsunamis. Por ello, se debe desarrollar un plan integral de preparación ante inundaciones que incluya la cartografía clara de zonas de alto riesgo, rutas de evacuación designadas y zonas seguras. Estas rutas deben estar debidamente señalizadas, comunicadas al público y practicadas regularmente por los residentes para garantizar su eficacia durante emergencias.
- Según el Belize Tourism Board (2023), se debe advertir a residentes y visitantes que nunca caminen por aguas inundadas, ya que tan solo seis pulgadas de agua en movimiento pueden derribar a una persona. Conducir debe evitarse estrictamente salvo en casos necesarios, ya que más personas se ahogan dentro de vehículos que en cualquier otra circunstancia. Los vehículos averiados deben abandonarse de inmediato, y los ocupantes deben trasladarse a terrenos más altos, dado que muchas muertes ocurren cuando las personas intentan salvar sus automóviles. En noviembre de 2024, las aguas de inundación cobraron la vida de una mujer dentro de su vehículo en St. George's.
- Si la evacuación no es posible, las personas deben refugiarse en el segundo piso, el ático o el techo. Dado que la electrocución es una causa importante de muerte durante

inundaciones, se debe advertir a los residentes que eviten cables eléctricos caídos y líneas de energía.

- Los hoteles y operadores turísticos deben estar obligados a contar con protocolos internos de respuesta ante inundaciones alineados con las directrices nacionales de emergencia, incluyendo alertas multilingües (con prioridad en inglés y otros idiomas según sea necesario), instrucciones claras para refugiarse o evacuar, y coordinación con NaDMA y la Real Fuerza Policial de Granada (RGPF).
- Existen varias infraestructuras críticas que requieren atención urgente. Según la UNDRR (2017b), la infraestructura crítica se refiere a las estructuras físicas, redes, instalaciones y activos que proporcionan servicios sociales y económicos esenciales para el funcionamiento de la sociedad. La siguiente ilustración muestra propuestas para St. George's.



Ilustración 93 Posible ruta de evacuación e infraestructura básica que requiere atención en St George's

Fuente Elaboración propia desarrollada en Google Earth

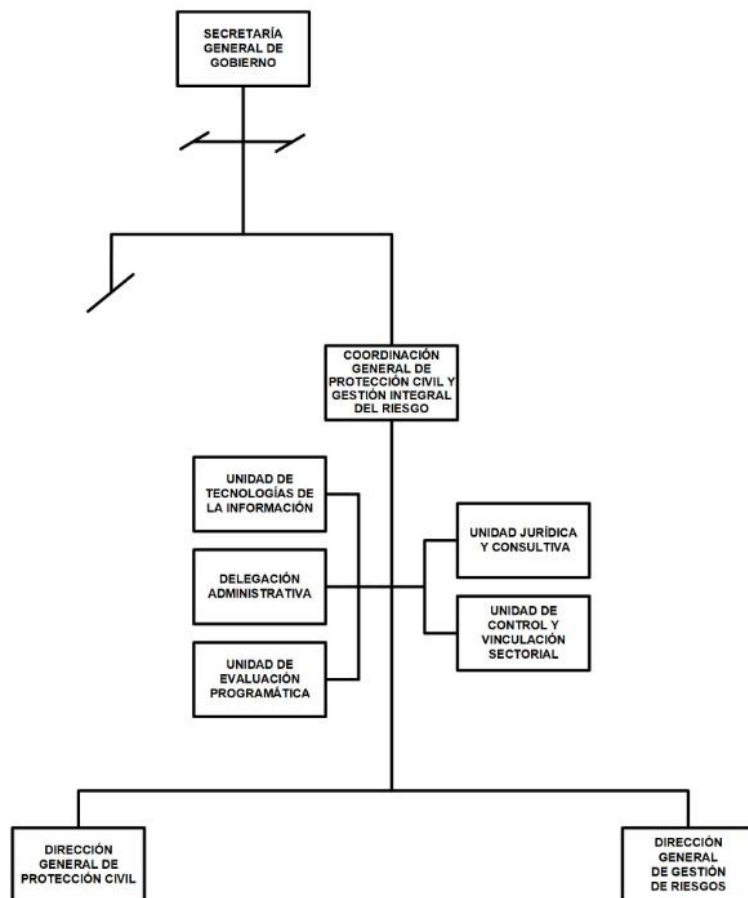
- La planta de Grenada Electricity Services, el Wesley College, la Escuela Primaria Metodista de St. George's y el TAMCC se encuentran recurrentemente expuestos a inundaciones, lo que exige atención prioritaria debido a los riesgos operativos y educativos que enfrentan. En este contexto, se propone una ruta de evacuación, ya que constituye el

único camino desde la ciudad con el ancho suficiente para permitir el paso simultáneo de dos vehículos. Además, esta vía se conecta con otras calles críticas y mantiene una proximidad estratégica a los principales refugios. Esta propuesta se basa en las lecciones aprendidas de dos eventos recientes: el huracán Melissa en Jamaica (2025) y las intensas lluvias registradas el 8 y 10 de octubre de 2025 en la costa del Golfo de México, que provocaron graves inundaciones y deslaves en Veracruz. Si bien los equipos de rescate llegaron para evacuar a los residentes y ponerlos a salvo, no había sirenas ni sistemas de alerta para notificar a las comunidades locales de su presencia.

e) Creación de un departamento de Protección Civil

- Para fortalecer la resiliencia urbana ante inundaciones, St. George podría beneficiarse de implementar una Dirección de Protección Civil similar a la que posee México. El Gobierno del Estado de México (2024) describe dicha dependencia como *“Es el órgano encargado de coordinar las acciones solidarias y participativas, que en atención de los riesgos de origen natural o antrópico, como de los efectos adversos de los agentes perturbadores, prevé la concertación de los sectores público, privado y social. Con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para que de manera responsable se involucren las etapas de identificación de riesgos, previsión, prevención, mitigación, auxilio y recuperación; para salvaguardar la vida, la integridad, estabilidad, salud y fortaleza las capacidades de resiliencia de la población y sus bienes”* (Gobierno del Estado de México 2024, Párrafo 1y 2)
- St. George puede beneficiarse de un organigrama simplificado inspirado en modelos exitosos como el de México, adaptado a su contexto institucional y capacidades locales. que puede adaptar St. George para transformar las instituciones frente inundaciones. La siguiente ilustración muestra un organigrama simplificado de la coordinación general de protección Civil y gestión integral de riesgo.

Ilustración 94 Organigrama simplificado que podría adoptar Granada



Fuente: Gobierno del Estado de México (2024)

8.2.5 Restauración y recuperación

a) Sistemas de drenaje

- El mantenimiento sistemático debe llevarse a cabo especialmente antes y durante la temporada de huracanes (del 1 de junio al 30 de noviembre, según NOAA). Los residentes, las organizaciones de la sociedad civil (OSC) y las empresas en St. George deben participar activamente en labores rutinarias de limpieza, monitoreo y mantenimiento menor, como la remoción de desechos y la prevención de prácticas que obstruyan los drenajes. Para

garantizar la rendición de cuentas y reducir la dependencia excesiva de los recursos estatales, estos arreglos de responsabilidad compartida podrían formalizarse mediante acuerdos comunitarios o asociaciones. El Ministerio de Desarrollo de Infraestructura debe asumir el liderazgo, colocando la resiliencia frente a inundaciones como eje central del mantenimiento.

- Se deben desarrollar planes maestros de drenaje en St. George's para desviar la escorrentía lejos del arrecife de coral Red Buoy y protegerlo de fertilizantes y pesticidas transportados por el exceso de escorrentía proveniente de Lucas Street y la zona del Carenage. Peters y Smith (2001) revelaron que el arrecife Red Buoy, ubicado aproximadamente a 500 metros de la desembocadura del puerto de St. George's, está significativamente afectado por fuentes de contaminación terrestre, directamente vinculadas al volumen de escorrentía que ingresa al puerto. Además, Peters y Smith (2001) señalaron que entrevistas con actores clave identificaron a Red Buoy como el arrecife con mayor potencial de impactos antropogénicos en las costas de Granada. El conocimiento local, respaldado por observaciones de buzos, también confirmó que el arrecife está clasificado como altamente estresado.
- El plan maestro de drenaje para St. George's debe abordar específicamente el área de Grand Anse, con medidas para redirigir la escorrentía proveniente del campo de golf, Fenton's Village, Karland Park, Mont Tout y Frequent, alejándola de la playa de Grand Anse. Esto es necesario para evitar nuevas descargas contaminadas que ingresen a la playa y degraden la calidad del agua. (Campbell 2018; Taylor 2021) publicaron informes independientes en NOW Grenada que destacan que el desarrollo turístico a lo largo de la playa de Grand Anse ya ha causado impactos negativos significativos en el ecosistema costero y en la playa misma. Dado que la economía de Granada depende en gran medida del turismo, la protección de la playa de Grand Anse y sus ecosistemas circundantes debe ser una prioridad.

b) Infraestructura verde

- Todos los hoteles, escuelas y edificios municipales deben integrar sistemas de captación de agua pluvial en sus azoteas como parte de su infraestructura. El gobierno municipal

debería establecer esta exigencia mediante el código de construcción, con el fin de reducir la escorrentía pluvial y aliviar los sistemas de drenaje.

- St. George debería incorporar requisitos de cisternas en el código de construcción para edificaciones residenciales y comerciales, ya que pueden tener el mismo efecto positivo sobre la escorrentía y los sistemas de drenaje que la captación de agua en azoteas. Se debe establecer una capacidad mínima de cisterna basada en el área de techo. Por ejemplo, el Código Anotado de las Islas Vírgenes (2024) establece que, excepto en iglesias y almacenes, todos los demás edificios deben contar con cisternas con una capacidad útil mínima de 4 ½ galones por cada pie cuadrado de área de techo.

c) Restauración de llanuras aluviales y costas

- La reubicación estratégica hacia zonas más elevadas de infraestructura crítica actualmente situada cerca del río St. John's en St. George's, una zona de alto riesgo de inundación, debe considerarse seriamente. Esto incluye la planta eléctrica, el colegio secundario Westley College, la escuela primaria metodista de St. George's y la oficina postal local de River Road.
- Restaurar y proteger estas áreas no solo permitiría que recuperen su función natural de absorción de inundaciones, sino que, más importante aún, protegería la vida y seguridad de los estudiantes, los servicios críticos y las propiedades en la zona circundante. La combinación de funciones naturales de la llanura de inundación con la planificación de infraestructura es clave para minimizar los riesgos compuestos de inundación en el área.

8.2.6 Reconstrucción

a) Construcción física

- La reconstrucción en St. George's suele estar liderada por el gobierno. Mientras que las empresas pueden contar con seguros, los residentes a menudo improvisan hasta que sus viviendas pueden ser reemplazadas, ya sea con recursos propios o mediante asistencia de organismos nacionales o internacionales.

- Todos los esfuerzos de reconstrucción deben cumplir con códigos de construcción y ordenanzas actualizadas orientadas a fortalecer la resiliencia frente a inundaciones. Estas deben incluir requisitos claros para elevar las estructuras por encima de los niveles de inundación, utilizar materiales duraderos y resistentes al agua, y aplicar estándares de diseño resiliente como los mencionados anteriormente. Para garantizar la coherencia y la efectividad a largo plazo, la institucionalización de estas medidas debe estar supervisada por el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, la Autoridad de Planificación y Desarrollo, y el Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente.
- En cuanto a la infraestructura ambiental y las áreas marinas protegidas, Smith (2025) señaló que tras el paso del huracán Beryl el 1 de julio de 2024, el Fondo Caribeño para la Biodiversidad (CBF) movilizó aproximadamente USD 1 millón en fondos de subvención, provenientes del Fondo de Dotación y del donante francés AFD (Agence Française de Développement), para asistir a cuatro países: Granada, junto con tres islas del Caribe Jamaica, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas en la restauración de infraestructura crítica de conservación y la reconstrucción de sus defensas ambientales.

Tabla 30 Resumen de propuestas de resiliencia en Cozumel y St. George

Enfoque	Área	Actores Principales	Medidas claves
Prevención	Gobernanza urbana y políticas publicas	Gobierno nacional, planificación urbana ministerio de medio ambiente	<i>Leyes:</i> Adoptar un sistema de zonificación escalonada <i>Reglamentos:</i> Hacer cumplir distancias distancia de retiros costeros; establecer normas de materiales de construcción resistentes y monitoreo y sanciones por incumplimiento <i>Uso de suelo:</i> regular la densidad de construcción, reemplazar materiales impermeables; dos franjas paralelas de pavimento; sistemas modulares permeables para los estacionamientos; y rechazar nuevos desarrollos o renovaciones mayores que no conformen a las alturas, materiales, diseño.

Resistencia	Planificación urbana y infraestructura	Gobiernos locales, departamentos de planificación urbana, obras públicas, sector privado y ciudadano.	-Elevación gradual de edificaciones para eliminar construcciones planas al nivel del suelo -Elevación de carreteras y puentes por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI). -Elevación obligatoria de instalaciones eléctricas (tomacorrientes, medidores, tableros).
Adaptación	Conservación de espacios verdes. innovación, educación y capacidades técnicas	Gobiernos locales departamentos de medio ambiente, planificación urbana, desastres naturales, Comisión Nacional del Agua, meteorológica y protección civil	<i>Conservación:</i> manejo de la ANP, vegetación, y la selva -Financiamiento para conservación -Determinar el porcentaje de conservación <i>Innovación:</i> Uso de modelos tridimensionales de terreno e hidrodinámica -Utilizar herramientas de pronóstico basadas en inteligencia artificial -Transmisión de datos mediante redes sociales y datos móviles <i>Educación:</i> Realizar simulacros y capacitación personal -Estimular la cartografía participativa de riesgos y eliminar las barreras al acceso de datos <i>Capacidades técnicas:</i> la formación y contratación de ingenieros costeros. -Incentivar jóvenes locales estudiar carreras relacionados apoyo normativo y asistencia técnica de la Comisión Nacional del Agua y el departamento del medio ambiente
Transformación	Sistemas sociales, económicos y de alerta	Agencias de gestión de emergencias, autoridades municipales, sector turístico planificación urbana.	-Las inundaciones deben ser una prioridad explícita en el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible -Promover el acceso a seguros contra inundaciones a nivel regional e internacional. Obligatoriedad de seguros para residentes y empresarios. -Implementación de sistemas de alerta temprana (móviles, altavoces, sirenas en español e inglés). -Planes de respuesta ante emergencias con cartografía, rutas de evacuación y protocolos hoteleros. -La Autoridad de Planificación y Desarrollo debe tener la responsabilidad legal de regular el uso del suelo

Restauración y recuperación	Sistemas de drenaje e infraestructura verde y azul	Gobiernos municipales, ONG, empresas privadas, agencias ambientales planificación urbana.	Mantenimiento sistemático de drenaje antes y durante la temporada de huracanes y limpieza y monitoreo rutinarios. Restauración de llanuras aluviales y costas mediante reubicación de infraestructura crítica. Instalación de sistemas de captación pluvial y cisternas obligatorias. Acuerdos de responsabilidad compartida para reducir la dependencia municipal.
Reconstrucción	Infraestructura física y ambiental	Gobierno nacional y local, Obras públicas, autoridades ambientales planificación urbana.	Reconstrucción liderada por el gobierno conforme a códigos de construcción resilientes Restauración de infraestructura ambiental y áreas marinas protegidas.

Fuente: Elaboración propia

9. Modelo de resiliencia de ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática

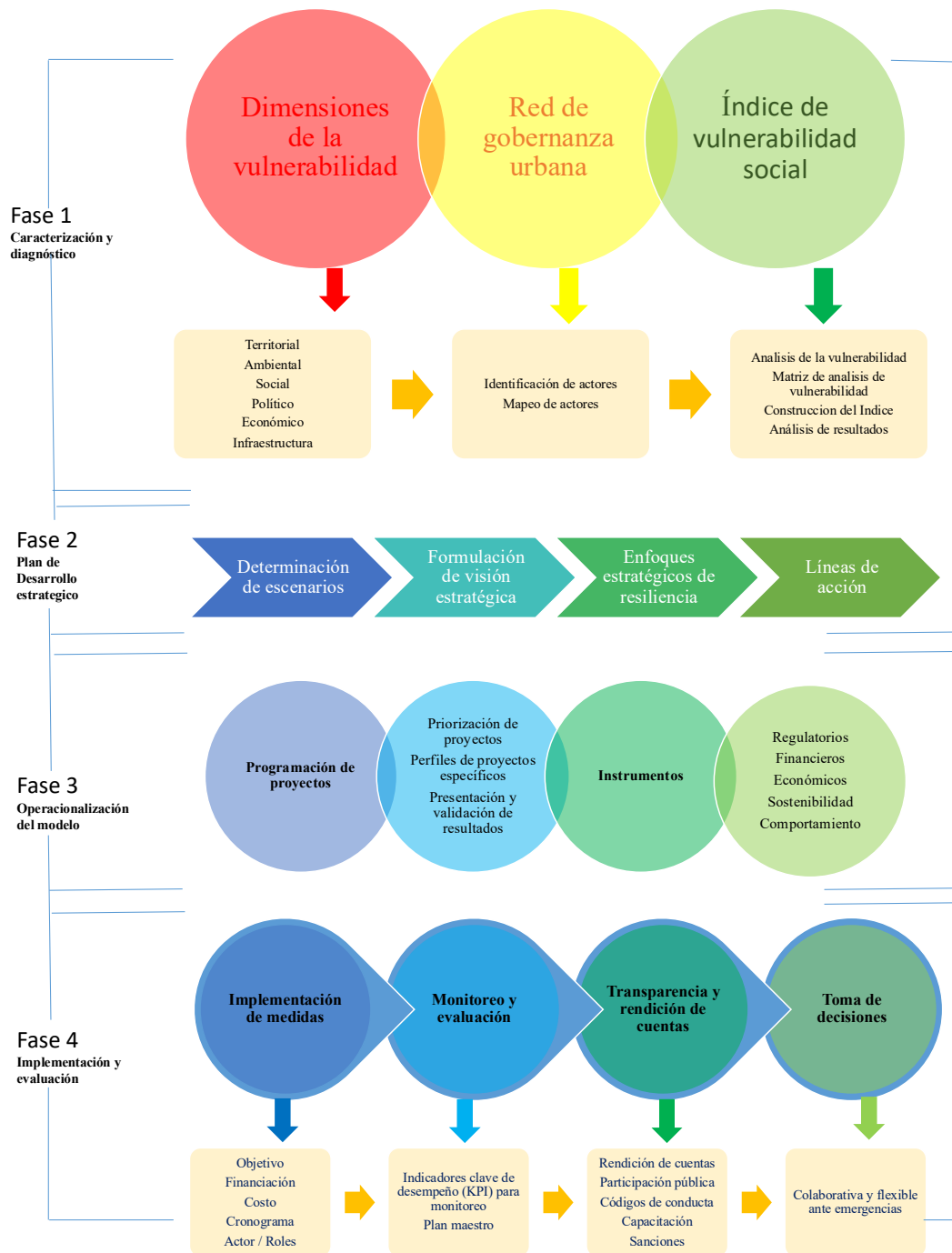


Ilustración 95 Modelo de resiliencia ante inundaciones
Fuente: Elaboración propia

Esta sección presenta un modelo de resiliencia para ciudades costeras que enfrentan riesgo de inundación ante el inicio de la variabilidad climática. Está fundamentado en marcos internacionales y experiencias regionales, basándose en la orientación estratégica del Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (2024), que ofrece perspectivas sobre la adaptación urbana inclusiva y sostenible; la Alianza de Resiliencia Climática de Zúrich (2025), que identifica mecanismos financieros y de transferencia de riesgos; y el marco del Banco Mundial/GFDRR liderado por Kryspin-Watson (2017), que promueve estrategias de gobernanza urbana y gestión del riesgo de desastres. Complementariamente a esta sección, se incluye el trabajo de Díaz-Delgado *et al.* (2009) que proporciona una guía de planeación estratégica participativa para la gestión integrada de recursos hídricos. Tiene cuatro fases, y cada fase será discutida en detalle. Véase a la sección 3.3 y la ilustración 41 para una sinopsis de esta sección.

Fase 1. Caracterización y diagnóstico de la vulnerabilidad y riesgo de inundaciones

En la primera fase, la caracterización y el diagnóstico de la vulnerabilidad y el riesgo de inundaciones permiten identificar con precisión las áreas, poblaciones, infraestructuras y ecosistemas más expuestos a la amenaza de las inundaciones. Este proceso ayuda a comprender los factores que intensifican el riesgo de inundación en la ciudad costera. Examina las condiciones territoriales, ambientales, sociales, políticas, económicas e infraestructurales que contribuyen a la susceptibilidad ante las inundaciones, y facilita el desarrollo de estrategias más eficaces y colaborativas para mitigar sus efectos. La caracterización y el diagnóstico proporcionan la base técnica para la formulación de políticas de toma de decisiones colaborativas entre los distintos actores.

Hay tres pasos principales en esta fase. El primero es el análisis de las dimensiones de la vulnerabilidad, seguido por un examen de la red de gobernanza urbana, y finalmente, la organización y construcción del Índice de Vulnerabilidad Social.

- Dimensiones de la vulnerabilidad

El paso inicial consiste en determinar la ocurrencia y magnitud de las inundaciones en el área de estudio. El conocimiento histórico transmitido a lo largo de generaciones por las poblaciones locales constituye una fuente crítica y confiable de información. Este conocimiento puede

recopilarse sistemáticamente mediante entrevistas, cuestionarios y observaciones de campo. Confiar únicamente en estudios nacionales y mapas oficiales de riesgo puede conducir a evaluaciones incompletas. Por ejemplo, los modelos globales de riesgo de inundación desarrollados por Kirezci *et al.* (2020), que proyectan inundaciones costeras impulsadas por el aumento del nivel del mar (SLR) y niveles extremos históricos del mar (ESL) bajo escenarios de cambio climático, tienden a subrepresentar al Caribe. Esta subrepresentación resulta de la resolución espacial gruesa de dichos conjuntos de datos, que ofrecen patrones generalizados para costas continentales, pero no logran captar adecuadamente la heterogeneidad y exposición de los contextos insulares pequeños.

Una vez delimitada el área de estudio, la cartografía participativa de inundaciones puede ayudar a identificar las ubicaciones precisas de las inundaciones y el grado en que las comunidades se ven afectadas. Los mapas convencionales de inundación suelen presentar riesgos agregados a nivel de áreas geoestadísticas básicas (AGEBs) o localidades. Mientras que las AGEBs funcionan como unidades estadísticas y cartográficas diseñadas para fines censales y de encuestas, las localidades representan asentamientos o comunidades reconocidas por los residentes y autoridades administrativas. Esta distinción es crítica, ya que los tomadores de decisiones a menudo requieren información altamente específica sobre las ubicaciones de las inundaciones para implementar respuestas oportunas y focalizadas que no están disponibles a estos niveles.

Bullen y Miles (2024) enfatizan que las soluciones de ingeniería por sí solas no pueden abordar adecuadamente los riesgos de inundación, particularmente cuando los residentes y funcionarios locales tienen entendimientos conflictivos sobre la vulnerabilidad. Bullen y Miles (2024) coinciden en que los Sistemas de Información Geográfica Participativos (PGIS) cierran esta brecha al involucrar a las comunidades para comprender mejor sus riesgos percibidos de inundación; además, el PGIS ha sido tradicionalmente utilizado en países en desarrollo como alternativa a los modelos numéricos de inundación.

Los datos relacionados con las inundaciones deben estar disponibles en código abierto para que todos los funcionarios públicos tengan acceso a ellos. Es común en el servicio público que los funcionarios se conviertan en custodios de la información. Cuando se comparte, suele ser parcial u obsoleta. Esto genera falta de transparencia y medidas innovadoras inadecuadas para combatir las inundaciones. El Banco Mundial (2021) informa que los datos de intención pública pueden desempeñar un papel transformador en el sector público; sin embargo, las deficiencias en calidad,

usabilidad y disponibilidad de estos datos son generalizadas, particularmente en los países en desarrollo, que son precisamente los que más pueden beneficiarse de su mejora.

Los siguientes datos deben ser de acceso abierto, si no están disponibles y accesibles para funcionarios públicos y partes interesadas:

- Información meteorológica
- Datos espaciales
- Datos censales (socioeconómicos y demográficos)
- Datos de gobernanza institucional
- Datos de infraestructura y sistemas urbanos
- Datos económicos
- Datos climáticos y ambientales
- Datos hidrológicos e hidráulicos

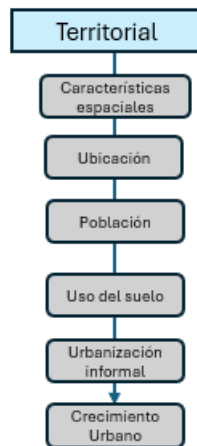
La integración de plataformas de big data puede centralizar estos conjuntos de datos, haciéndolos accesibles para todos los funcionarios públicos y partes interesadas, lo que permite una toma de decisiones colaborativa sobre la vulnerabilidad ante inundaciones y mejora la precisión de los modelos predictivos. Es importante que los datos sean específicos del área de estudio. Aunque las regiones puedan compartir características topográficas, económicas, geológicas o geográficas similares, los datos generados en una localidad no pueden aplicarse simplemente a otra con similitudes presuntas sin correr el riesgo de llegar a conclusiones erróneas.

Un funcionario público ha expresado que la presunción de transferibilidad de datos es una práctica común en las islas del Caribe hoy en día, donde los conjuntos de datos generados en una ciudad se aplican en otra bajo el supuesto de que tienen condiciones comparables. Una conceptualización inadecuada de los riesgos de inundación puede conducir a interpretaciones y evaluaciones erróneas. Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad debe realizarse para examinar las dimensiones relevantes.

Para determinar quiénes y qué están en riesgo, el análisis se desarrolla a través de seis dimensiones clave: territorial, ambiental, social, política, económica e infraestructural. Estas dimensiones se basan en el marco propuesto por Chan *et al.* (2022), quienes emplearon sistemas de información geográfica (SIG) para evaluar la vulnerabilidad ante inundaciones. En su trabajo, el índice de vulnerabilidad a inundaciones se clasificó en dimensiones sociales, físicas,

ambientales y económicas, una estructura que ha sido ampliamente aplicada durante las últimas tres décadas.

La dimensión territorial de la vulnerabilidad ante inundaciones se refiere a las características espaciales de la ciudad costera que influyen en su exposición a las inundaciones. La ubicación es decisiva para establecer quiénes y qué se encuentran a lo largo de la costa y podrían



verse afectados por marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar, mientras que las poblaciones en planicies aluviales están más expuestas a inundaciones pluviales y fluviales. El uso del suelo es otro determinante fundamental, ya que el desarrollo urbano intensificado aumenta la escorrentía y disminuye la capacidad de drenaje. La urbanización rápida y no planificada en zonas costeras tiende a amplificar naturalmente la densidad poblacional y, en última instancia, los riesgos de inundación. Collalti (2024) coincide en que el riesgo se agrava por el crecimiento urbano descontrolado, particularmente en ciudades con terrenos más escarpados y accidentados, donde las aguas de

inundación pueden intensificarse en velocidad. Además, la capacidad de absorción del suelo es crucial para prevenir inundaciones; por lo tanto, la dimensión territorial debe ser examinada para determinar la vulnerabilidad territorial.

La dimensión ambiental es igualmente crítica, abarcando factores naturales y ecológicos como la precipitación, el aumento del nivel del mar, la deforestación y la presencia de Áreas Naturales Protegidas. Además, la geografía de los ríos, lagos y océanos, el



flujo de agua y la altura de las mareas altas y bajas. Sholihah *et al.* (2020) coinciden en que los cambios ambientales afectan las condiciones territoriales y desencadenan inundaciones. La cobertura verde suele medirse mediante el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), que indica la funcionalidad del ecosistema y la capacidad de infiltración. Una mayor densidad de vegetación ofrece mayor protección contra inundaciones al reducir la escorrentía, ya que hay más infiltración. Sin embargo, la variabilidad climática, incluyendo los niveles

de precipitación y la frecuencia e intensidad de huracanes, tormentas y depresiones tropicales,

puede superar la capacidad ambiental para prevenir inundaciones. Collalti (2024) señala al Caribe como ejemplo de una región en riesgo de inundaciones, ya que a nivel global es una de las zonas con mayor precipitación y fuertes tormentas eléctricas. Las ciudades que enfrentan el aumento del nivel del mar están más expuestas a inundaciones; Chakraborty *et al.* (2025) mencionan que el aumento del nivel del mar como resultado del cambio climático afecta a todas las ciudades costeras del mundo. El tipo de suelo es otro factor que determina la vulnerabilidad ante inundaciones, ya que una composición porosa puede disminuir el impacto, mientras que una composición no porosa puede agravarlo.

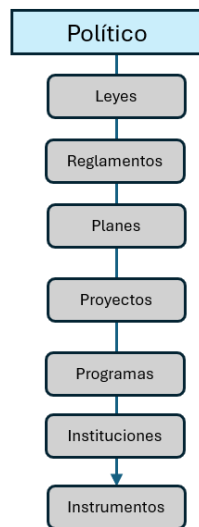
La dimensión social está relacionada con la capacidad de la sociedad para enfrentar las



inundaciones a nivel individual o comunitario. Esto puede medirse mediante el grado de marginación, rezago social, escolaridad y pobreza, los cuales ofrecen una visión del nivel de vulnerabilidad social en las zonas propensas a inundaciones. Otros factores que se consideran son la edad, la raza y la demografía étnica. Houston *et al.* (2021) argumentan que estas desigualdades socioeconómicas y socioespaciales a menudo generan diferencias sociales en la

vulnerabilidad ante inundaciones, lo que tiene un efecto directo en la exposición al riesgo y en la capacidad de recuperación. En áreas donde las poblaciones vulnerables se concentran dentro de zonas de alto riesgo, la intervención gubernamental se vuelve crítica para proteger a estas comunidades.

La dimensión política es igualmente crítica, ya que establece los marcos de gobernanza urbana y capacidades institucionales que moldean las respuestas ante la vulnerabilidad por inundaciones. Esto incluye el establecimiento de leyes, reglamentos, proyectos, programas, así como la efectividad de instituciones, instrumentos y colaboraciones que apoyan la gestión del riesgo. Particularmente, las consideraciones políticas implican identificar la vulnerabilidad ante inundaciones tomando en cuenta las inversiones sociales en mitigación, la disponibilidad de planes de contingencia, la presencia de desarrollo y compensación social para reducir la vulnerabilidad, el número de políticas públicas integradas para educación y comunicación del riesgo, salud, vivienda social, infraestructura y servicios básicos en emergencias. La capacidad de tomar decisiones legítimas y flexibles sobre inundaciones, junto con el consenso entre gobierno,

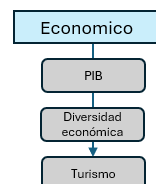


ciudadanía e instituciones, y herramientas de gestión. Rasmussen *et al.* (2020) enfatizan que las dinámicas políticas pueden obstaculizar o facilitar la comprensión, el diseño y la ejecución de estrategias de reducción del riesgo costero.

Las motivaciones de los actores políticos pueden desalentar la integración de la adaptación en los planes oficiales de gobierno. Además, las estructuras de gobernanza urbana fragmentadas o descentralizadas, los marcos regulatorios ambientales y las limitaciones de uso del suelo pueden complicar la implementación de medidas (Rasmussen *et al.*, 2020).

Los datos sobre zonas de amortiguamiento, superposiciones, planes maestros y regulaciones de zonificación existentes son importantes en el análisis territorial para identificar los marcos existentes, ya que son una fuente de datos de referencia y evitan intervenciones superpuestas y redundantes, y la duplicación de esfuerzos en el sector público.

La dimensión económica destaca el grado en que las ciudades tienen recursos para



financiar la mitigación y recuperación ante inundaciones. Los factores económicos clave incluyen el PIB, la diversidad económica y la vulnerabilidad de las ciudades costeras dependientes de sectores frágiles como el turismo, que es altamente dependiente del clima. Collalti (2024) observa que las inundaciones son

menos perjudiciales en economías más avanzadas, ya que están mejor equipadas para absorber los impactos y tienen los medios para responder de manera más oportuna a los daños en infraestructura; mientras tanto, el impacto en los países en desarrollo es más devastador para el crecimiento económico local. La Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Medialuna Roja (2022) señala que la infraestructura verde y azul, consideradas soluciones basadas en la naturaleza, ofrecen alternativas rentables a la infraestructura gris para brindar protección contra inundaciones.

La dimensión infraestructural se refiere a los sistemas físicos que sostienen la vida

urbana y median la exposición a las inundaciones. Estos incluyen edificios (infraestructura básica), calles, puertos y aeropuertos, así como diques y redes de drenaje. Las áreas edificadas suelen medirse mediante indicadores como el NDBI (Índice Normalizado de Áreas Construidas), que destacan las superficies impermeables, la escorrentía y la exposición a inundaciones. Una mayor densidad de infraestructura ofrece menor infiltración de aguas pluviales al aumentar la escorrentía y, eventualmente, las inundaciones.

Comparar los valores de NDVI y NDBI a lo largo del tiempo permite monitorear el cambio en el uso del suelo, como el reemplazo de la cobertura verde por desarrollo urbano. Collalti (2024) argumenta que una mayor proporción de áreas edificadas puede intensificar los efectos de las inundaciones, mientras que Abegaz *et al.* (2024) destacan que las inundaciones causan daño a la infraestructura.

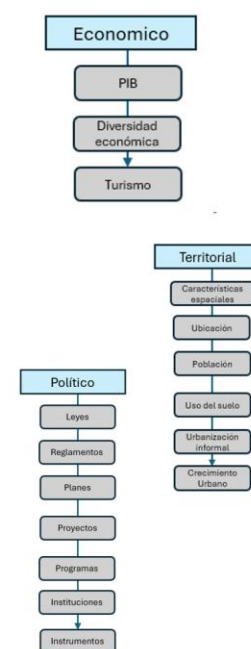
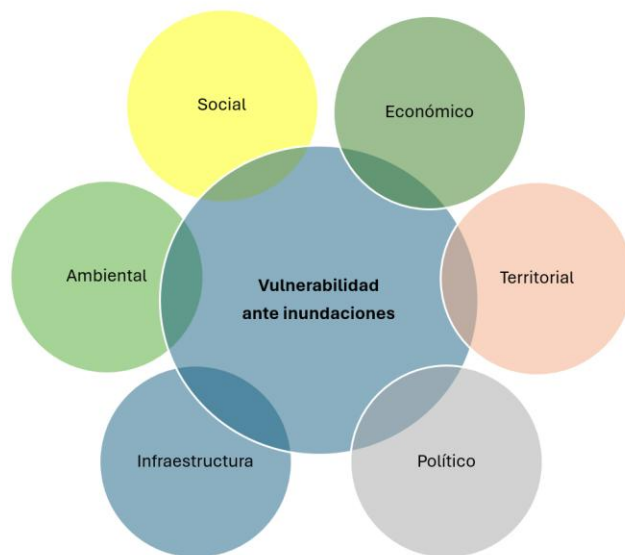
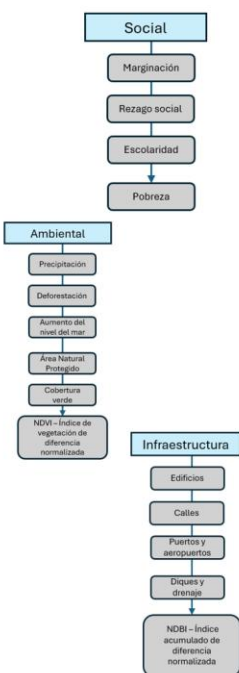
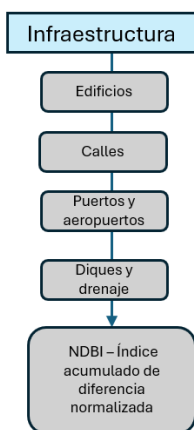
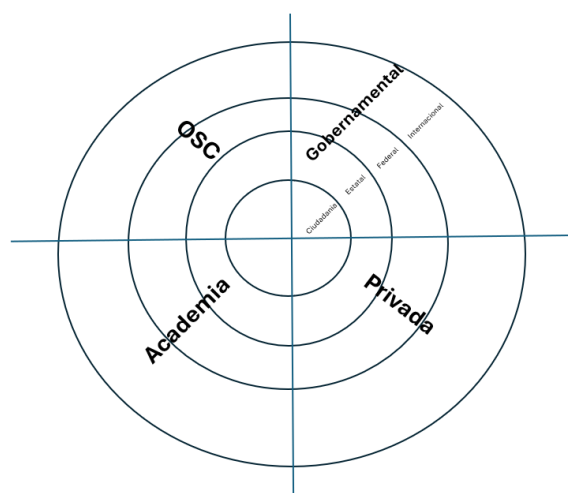


Ilustración 96 Dimensiones de la vulnerabilidad ante inundaciones
Fuente: Elaboración propia

- **Red de gobernanza urbana**



La red de gobernanza urbana ilustra la participación de diversos actores en la resiliencia ante inundaciones, sean públicos o privados, nacionales o internacionales, y especifica su papel en la mitigación, respuesta y recuperación. Esta red revela las dinámicas de poder, la colaboración, las brechas institucionales y la duplicación de responsabilidades. El primer paso en la construcción de la red es la identificación de actores, que incluye a funcionarios públicos,

universidades y centros de investigación, organizaciones de la sociedad civil y el sector empresarial. La identificación de actores se centra en comprender los recursos, la influencia y las competencias de cada uno.

La siguiente ilustración muestra las instituciones y organismos clave que deben participar en los esfuerzos de resiliencia ante inundaciones, dado su aporte fundamental a la causa.

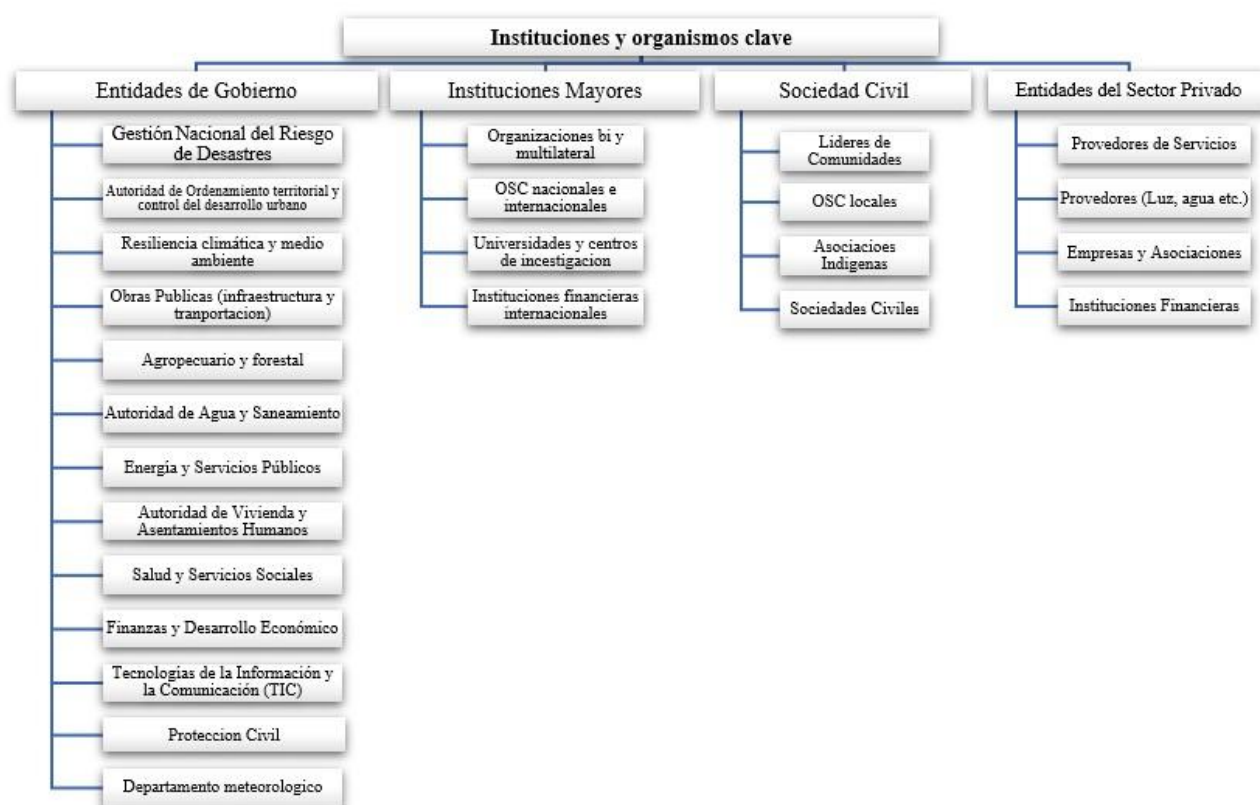


Ilustración 97 Actores de la gobernanza urbana ante inundaciones en ciudades costeras
Fuente: Elaboración propia con base en Sedatu (2016)

La Agencia Nacional de Gestión de Desastres cumple una función de coordinación entre instituciones, desarrolla planes de evacuación, gestiona sistemas de alerta temprana y supervisa los procesos de recuperación. Resiliencia Climática y Medio Ambiente monitorean el impacto del cambio climático, promueven infraestructura azul y verde, establecen zonas de inundación, supervisan medidas de conservación y determinan umbrales de vegetación necesarios para mantener un ecosistema saludable, equilibrando la integridad ambiental con el crecimiento urbano.

La Autoridad de Planificación y Control del Desarrollo regula el uso del suelo y la zonificación, aplica códigos y ordenanzas de construcción para garantizar estándares resilientes, orienta el crecimiento urbano y asegura que los desarrolladores no alteren cauces, draguen sin autorización ni degraden ecosistemas críticos durante la construcción.

El Departamento de Obras Públicas diseña, construye y mantiene infraestructura crítica, protección estructural contra inundaciones y restauración. Agropecuaria y silvicultura

implementan prácticas agrícolas para minimizar inundaciones y erosión del suelo, especialmente en zonas interiores, gestionan la reforestación y las cuencas hidrográficas, promueven el manejo sostenible del suelo y regulan fertilizantes y pesticidas para proteger los arrecifes de coral.

La Autoridad de Agua y Saneamiento gestiona el alcantarillado, los sistemas de drenaje y el tratamiento de aguas residuales. El Departamento de Energía y Servicios Públicos protege las redes eléctricas y el suministro de combustible durante un evento. La Autoridad de Vivienda y Asentamientos aplica estándares de construcción resiliente en desarrollos residenciales. El Departamento de Salud y Servicios Sociales gestiona emergencias sanitarias y enfermedades, y asiste a poblaciones vulnerables. El Departamento de Finanzas y Desarrollo Económico asigna el presupuesto para proyectos, programas y planes de resiliencia ante inundaciones, así como iniciativas de recuperación. El Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) brinda apoyo en la difusión de sistemas de alerta temprana de la Agencia Nacional de Gestión de Desastres. Los Departamentos de Protección Civil proporcionan servicios de respuesta de emergencia y rescate durante inundaciones. Finalmente, el Departamento Meteorológico proporciona predicciones y datos para que las instituciones actúen.

El siguiente paso es el mapeo de los actores identificados. El mapeo de actores es vital; representa visualmente la relación entre los actores para su análisis posterior y la identificación de vacíos. El objetivo es determinar si la relación entre los actores vinculados a la gestión de inundaciones es inexistente, intermedia, colaborativa o está caracterizada por tensión o conflicto. El mapeo de actores puede revelar el nivel de influencia que tienen, su poder de decisión, su grado de interés en la resiliencia ante inundaciones y los posibles flujos de información y recursos dentro de la red de gobernanza urbana frente a inundaciones.

- *Índice de vulnerabilidad social*

El paso final en esta fase es la construcción del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS). El IVS se utiliza para identificar dimensiones, variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad social ante inundaciones en ciudades costeras, tales como características demográficas, niveles educativos, cobertura de salud y seguros médicos, empleo, ubicación territorial (huella y densidad de edificaciones), disponibilidad y accesibilidad de información sobre inundaciones, y acceso a servicios básicos.

Para operacionalizar este proceso, se desarrolla la matriz de vulnerabilidad, que organiza las variables seleccionadas bajo dimensiones sociales, territoriales, ambientales, políticas, económicas e infraestructurales. La matriz sirve como criterio base para el índice al clasificar indicadores y definir la escala de cuantificación. Los resultados del IVS representan el nivel de vulnerabilidad y deben oscilar entre muy bajo y muy alto, y todo lo intermedio, lo que permite identificar zonas que requieren atención urgente. Esta etapa también incorpora representación cartográfica que visualiza el nivel de vulnerabilidad y conduce a una comprensión más integral de los riesgos en relación con la aptitud del suelo.

Además, las observaciones y aportes comunitarios son esenciales para complementar la evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad ante inundaciones. Los tomadores de decisiones requieren una identificación precisa de áreas vulnerables de alto riesgo para intervenciones focalizadas, en lugar de depender de límites territoriales amplios como barrios, comunidades o parroquias. Beretta *et al.* (2025) mencionan que no todo tomador de decisiones es también un experto. Esto hace que la integración del conocimiento local e intergeneracional y la participación comunitaria sean valiosas para orientar la resiliencia urbana frente a inundaciones en ciudades costeras.

Fase 2. Plan de desarrollo estratégico

La Fase 2 es el Plan de desarrollo estratégico para ciudades costeras frente a inundaciones. Consiste en una hoja de ruta integral que orienta a los responsables de la toma de decisiones hacia la construcción de una ciudad costera más resiliente frente a las inundaciones. Señala objetivos estratégicos claros y enfoques de resiliencia, la colaboración necesaria y los actores responsables de implementar planes de uso del suelo a futuro, ajustes en la zonificación y en los códigos de construcción, así como planes de conservación. Esta etapa implica la determinación de escenarios, la formulación de una visión estratégica, estrategias y líneas de acción. Algunas de las estrategias empleadas en el modelo incluyen la adaptación, la gestión de la transformación y la resistencia.

- Determinación de escenarios

El primer paso en la Fase 2 es la determinación de escenarios, que combina un enfoque de planificación de escenarios considerando el crecimiento urbano costero, la capacidad de gobernanza urbana y el aumento en la intensidad y frecuencia de inundaciones relacionadas con el clima. Huracanes, marejadas ciclónicas, aumento del nivel del mar y lluvias extremas son algunas de las consideraciones en la determinación de escenarios. La gobernanza urbana frente a inundaciones en estos escenarios puede ser débil, moderada, en evolución y alta, dependiendo del resultado deseado y la visión estratégica.

Zhao *et al.* (2023) simularon el cambio en el uso del suelo bajo tres escenarios: desarrollo natural, desarrollo económico y desarrollo sostenible. Dividieron el índice de riesgo de inundación en cuatro niveles: Nivel I (bajo), Nivel II (moderado), Nivel III (alto) y Nivel IV (grave). Estas clasificaciones reflejan un gradiente que va desde un riesgo de inundación pequeño hasta uno elevado. Aunque Nanjing, China, no es una ciudad costera, la metodología ofrece perspectivas útiles para la gobernanza urbana frente a inundaciones en ciudades costeras, la cual depende de la planificación basada en escenarios, de la capacidad de gobernanza urbana que afecta directamente el crecimiento de la ciudad, cómo se expande, los asentamientos informales y la destrucción de ecosistemas. La gobernanza urbana frente a inundaciones determina cómo se utiliza el suelo y qué planes, programas y proyectos se implementan para combatirlas. Por lo tanto, dicha gobernanza puede ser débil, moderada, en evolución o alta, dependiendo de cómo se gestione.

- *Formulación de visión estratégica*

Las estrategias establecidas dependen de la visión de la ciudad costera. Por lo tanto, la visión estratégica podría formular una declaración de visión:

Construir una ciudad costera resiliente ante inundaciones que proteja vidas, propiedades, ecosistemas y medios de vida mediante la adopción de principios de planificación urbana inclusiva y la promoción de una gobernanza urbana coordinada y transformadora que evolucione constantemente para responder a las necesidades urbanas emergentes.

- ***Enfoques estratégicos de resiliencia***

El siguiente paso en esta fase es identificar los principales enfoques estratégicos de resiliencia que se utilizarán para combatir las inundaciones. El enfoque se centra en la adaptación, la transformación, así como restauración, recuperación y reconstrucción.

a) Adaptación

Gurrea-Nozaleda *et al.* (2021) describen la adaptación al riesgo de inundación como diversas acciones orientadas a reducir los elementos de vulnerabilidad de las propiedades expuestas al riesgo de inundación con el fin de minimizar sus efectos adversos. Las medidas de adaptación propuestas giran en torno a la tecnología, el fortalecimiento de capacidades y la educación para funcionarios públicos, partes interesadas y ciudadanos.

- *Tecnológicamente:* las ciudades costeras a menudo necesitan información y pronóstico meteorológico preciso. Pueden invertir en tecnologías avanzadas de pronóstico y sistemas de datos que generen predicciones más precisas y oportunas. Establecer una plataforma de datos en la nube, se recomienda utilizar herramientas de pronóstico basadas en inteligencia artificial de código abierto, como Google Earth Engine y TensorFlow, para predecir inundaciones repentinas en función de umbrales de lluvia.
- La transmisión de datos en tiempo real sobre condiciones de inundación es vital mediante el desarrollo de aplicaciones móviles. Girrotto *et al.* (2024) afirman que este medio permite una vigilancia más eficaz y una mejor difusión de información antes y durante el evento, así como la emisión de alertas y la orientación de respuestas de emergencia.
- La integración de salidas SIG en modelos tridimensionales de terreno e hidrodinámica a nivel de calle puede mejorar significativamente la comprensión de la topografía y la dinámica del flujo de agua, permitiendo identificar con precisión las zonas donde persisten las inundaciones.
- Castillo-Effen *et al.* (2004) utilizaron Red de Sensores Inalámbricos que permite monitorear el entorno y seguir la evolución del desastre en tiempo real. Estos sensores permiten la detección temprana de condiciones peligrosas y generan alertas oportunas ante

inundaciones y pueden detectar deslizamientos de tierra para ciudades montañosas con otros riesgos. Tienen nodos hidrológicos que miden el nivel y el flujo del agua, el nodo meteorológico monitorea la luz, humedad, temperatura, presión barométrica, velocidad y dirección del viento y el nodo de deslizamientos detecta el movimiento de laderas.

- Se exigirá la divulgación obligatoria en las transacciones inmobiliarias y procesos de desarrollo, de modo que vendedores, desarrolladores y agentes informen formalmente sobre el riesgo de inundación durante las etapas de compraventa y obtención de permisos. Esta medida mejora la transparencia y fomenta la toma de decisiones informadas por parte de todos los involucrados.
- *Las colaboraciones institucionales requeridas incluyen Desarrollo de Infraestructura, Agencia Nacional de Gestión de Desastres, Resiliencia Climática y Medio Ambiente, Departamento Meteorológico, Autoridad de Planificación y Desarrollo y Finanzas y Desarrollo Económico.*
- *Educación:* Las ciudades costeras pueden brindar capacitación al personal en análisis de macrodatos (Big Data) y pronósticos mediante inteligencia artificial, con el fin de fortalecer la capacidad técnica local.
- Invertir en la formación y contratación de ingenieros costeros puede brindar apoyo normativo y asistencia técnica a organizaciones federales como Medio Ambiente y Autoridad de Agua, así como a universidades y centros de investigación.
- Realizar simulacros en escuelas y comunidades, especialmente en aquellas más vulnerables a inundaciones, para enseñar qué hacer en caso de emergencia.
- Organizar talleres, seminarios y charlas públicas para involucrar y educar a los residentes sobre la cartografía de riesgos de inundación, señales de alerta temprana, medidas de preparación. Además, pueden brindar orientaciones para alcanzar terreno seguro durante eventos de inundación y para identificar amenazas potenciales en las aguas, como animales silvestres que puedan representar riesgos para la salud o la seguridad.
- Toda la información de zonificación relacionada con inundaciones debe ser de acceso público a través de la Autoridad de Planificación y Desarrollo para asegurar que desarrolladores, inversionistas y compradores potenciales estén plenamente informados sobre los riesgos de inundación. Esta transparencia es esencial para evitar el desarrollo o

la adquisición de terrenos en zonas de alto riesgo sin conocimiento previo, apoyando así la toma de decisiones informada por el riesgo y reduciendo la exposición futura.

- *Las colaboraciones institucionales requeridas incluyen desarrollo de infraestructura, Agencia Nacional de Gestión de Desastres, Resiliencia Climática y Medio Ambiente, universidades y centros de investigación y la comunidad.*

b) Transformación

Este enfoque de resiliencia es definido por McClymont *et al.* (2024) como la capacidad transformadora de las personas para afrontar, superar y recuperarse de las inundaciones. Este enfoque se centra en los cambios organizacionales y sociales.

- En el marco de la gobernanza urbana, la gestión del riesgo por inundaciones debe constituirse como una prioridad explícita y un objetivo estratégico transversal que se refleje de manera coherente en los planos nacionales, estatales y municipales. Para lograrlo, es indispensable que las instituciones involucradas colaboren de forma articulada, alineando sus competencias, recursos y marcos normativos hacia el cumplimiento de dichos objetivos.
- Los residentes y empresarios deben considerar la contratación de seguros particulares contra inundaciones como parte de sus estrategias de gestión del riesgo de inundaciones. Las aseguradoras locales tienen la responsabilidad de ofrecer seguros para inundaciones, mientras que las entidades financieras deben facilitar el acceso a créditos destinados a mejorar la infraestructura resiliente.
- En el caso de los países en desarrollo con ciudades costeras vulnerables a inundaciones, es fundamental que el Estado invierta en mecanismos de financiamiento, crédito y aseguramiento orientados a la gestión de riesgos de inundación para fortalecer la capacidad de adaptación comunitaria.
- Para informar eficazmente a residentes y visitantes sobre daños por inundaciones inminentes, las alertas de emergencia deben difundirse a través de múltiples canales que incluyen transmisiones gubernamentales de emergencia mediante notificaciones directamente a teléfonos móviles, avisos en sistemas de altavoces (PA) en terminales de

transporte, edificios públicos y zonas turísticas. También deben emplearse sirenas callejeras y alertas por altavoz.

- *Las colaboraciones institucionales requeridas incluyen gobierno federal, estatal y municipal, Agencia Nacional de Gestión de Desastres, Finanzas y Desarrollo Económico, el sector empresarial (finanzas, banca y hotelería) y la comunidad.*

c) Resistencia

Kuang y Liao (2022) definen la resistencia ante inundaciones como el uso de infraestructura de control de inundaciones y la capacidad de diseño para prevenir el nivel de inundación. Las propuestas de resistencia tienen como objetivo reducir la probabilidad de ocurrencia y minimizar el impacto mediante la planificación del uso del suelo y la infraestructura.

- Los muros de contención fluvial y los rompeolas pueden desempeñar un papel fundamental en la protección de infraestructura crítica frente a los impactos de las inundaciones. Justine y Seenath (2025) reconocen su eficacia al proporcionar una protección costera inmediata y robusta; sin embargo, advierten sobre la suposición de que estas estructuras mitigan completamente el riesgo de inundación. Además, la dependencia excesiva de defensas estructurales en zonas de alto riesgo puede fomentar la actividad económica y la urbanización en áreas propensas a inundaciones. Asimismo, la sostenibilidad a largo plazo de estas estructuras depende del mantenimiento continuo para resistir el agravamiento de los impactos climáticos.
- La eliminación gradual de edificaciones planas a nivel del suelo, especialmente en zonas de riesgo moderado a alto por inundaciones y áreas costeras, dando prioridad a la promoción de diseños elevados y resilientes frente a inundaciones a largo plazo.
- La elevación de carreteras y puentes por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI) es una recomendación de FEMA (2017) diseñada para conservar su integridad estructural, e incorporada en los planes maestros urbanos.
- La instalación de barandales o barreras físicas junto a puentes y carreteras adyacentes a cuerpos de agua para evitar que los vehículos salgan de la vía durante eventos extremos, reduciendo así el riesgo de fatalidades. La iluminación por sí sola en puentes

- y carreteras es insuficiente, ya que la visibilidad suele verse comprometida durante eventos de inundación.
- Debe ser obligatoria la elevación de instalaciones eléctricas como tomacorrientes, medidores, tableros e interruptores en zonas propensas a inundaciones para todas las nuevas construcciones y permisos de renovación. Todas las instalaciones eléctricas deben elevarse al menos por encima de la Elevación Base de Inundación (EBI), que corresponde a la altura anticipada que alcanzarán las aguas durante una inundación. FEMA (2017) recomienda que únicamente se permitan dispositivos eléctricos aptos para ubicaciones húmedas por debajo del nivel reglamentario de protección contra inundaciones.
 - La incorporación de superficies permeables en los planes maestros urbanos representa una estrategia clave de resiliencia ante inundaciones. Halecki y Młyński (2025) afirman que las superficies impermeables como el concreto y el asfalto predominan en las zonas urbanas, lo que reduce la capacidad de absorción de lluvia, acelera la escorrentía superficial y, en consecuencia, incrementa el riesgo de inundaciones.
 - *Las colaboraciones institucionales requeridas incluyen Desarrollo de Infraestructura, Autoridad de Planificación y Desarrollo, Finanzas y Desarrollo Económico y la Comunidad.*

d) Restauración, recuperación y reconstrucción

Gerwing *et al.* (2021) definen la restauración, la recuperación y la rehabilitación como el proceso orientado a la recuperación de ecosistemas gravemente degradados, con el fin de beneficiar a las especies nativas mediante el establecimiento de poblaciones, comunidades, hábitats o ecosistemas que se asemejan, aunque no necesariamente replican, aquellos presentes en entornos naturales cercanos. Además, Gerwing *et al.* (2021) señalan que esta definición enfatiza que el objetivo de un proyecto de recuperación ecológica no necesariamente implica un uso humano directo, y contribuye a clarificar las diferencias entre recuperación, rehabilitación y restauración ecológica.

- *Sistema de drenaje*: El mantenimiento sistemático debe llevarse a cabo especialmente antes y durante la temporada de huracanes. Los residentes, las organizaciones de la sociedad civil (OSC) y las empresas debe participar activamente en labores rutinarias de limpieza, monitoreo y mantenimiento menor, como la remoción de desechos y la prevención de prácticas que obstruyan los drenajes. Para garantizar la rendición de cuentas y reducir la dependencia excesiva de los recursos estatales, estos arreglos de responsabilidad compartida podrían formalizarse mediante acuerdos comunitarios o asociaciones
- Se deben desarrollar planes maestros de drenaje en para desviar la escorrentía con fertilizantes y pesitcidos que puede dañar los corales. El plan maestro de drenaje puede proteger la playa de sus ecosistemas circundantes de exceso de escorrentía.
- *Restauración de llanuras aluviales y costas*: Restaurar y proteger estas áreas permitiría la recuperación de su función ecológica como zonas de amortiguamiento natural frente a inundaciones, contribuyendo a la resiliencia hídrica y la reducción del riesgo.
- Keenleyside *et al.* (2014) destacan que la restauración de las áreas protegidas es fundamental para alcanzar diversos objetivos sociales, incluyendo la protección de especies y el bienestar humano, ya que estas áreas contribuyen a abordar problemáticas relacionadas con la reducción del riesgo de desastres, como las inundaciones. Además, los gobiernos tienen la obligación de restaurar las áreas protegidas en virtud de compromisos adquiridos mediante tratados internacionales, leyes nacionales y marcos de política pública (Keenleyside *et al.*, 2014).
- *Infraestructura verde*: Edificios como los hoteles, escuelas y edificios municipales deben integrar sistemas de captación de agua pluvial en sus azoteas como parte de su infraestructura. El gobierno municipal debería establecer esta exigencia mediante el código de construcción, con el fin de reducir la escorrentía pluvial y aliviar los sistemas de drenaje.
- *Reconstrucción física*: Todos los esfuerzos de reconstrucción deben cumplir con códigos de construcción y ordenanzas actualizadas orientadas a fortalecer la resiliencia frente a inundaciones. Estas deben incluir requisitos claros para elevar las estructuras por encima de los niveles de inundación, utilizar materiales duraderos y resistentes al agua, y aplicar estándares de diseño resiliente como los mencionados anteriormente.

- *Las colaboraciones institucionales requeridas incluyen Resiliencia climática y medio ambiente, Autoridad de Planificación y Desarrollo, Finanzas y Desarrollo Económico y la Comunidad.*

- ***Líneas de acción***

El último paso en esta fase es el establecimiento de las líneas de acción en un modelo de riesgo por inundaciones, que se refieren a los pasos específicos que se toman para mitigar los riesgos de inundación y fortalecer la resiliencia. Estas acciones incluyen ajustar leyes y regulaciones para incorporar la resiliencia ante inundaciones, garantizar que los roles y responsabilidades institucionales sean apropiados, claramente definidos y delegados sin superposición. También comprenden la creación de zonas de uso de suelo para restringir la construcción en áreas de alto riesgo y regular los usos en planta baja en dichas zonas. Además, se deben actualizar los códigos de construcción para incluir mejoras de diseño y materiales de alta calidad en la infraestructura, conservar el medio ambiente para proteger y restaurar ecosistemas naturales, y promover prácticas sostenibles para reducir la erosión desde una perspectiva de planificación urbana.

Línea de acción uno

Para fortalecer la resiliencia urbana costera ante inundaciones, se deben modificar las leyes y reglamentos existentes para incorporar explícitamente el riesgo de inundación en el desarrollo de planes, construcción y marcos de emergencia. Por ejemplo, la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, el Reglamento de Desarrollo del Suelo y la Ley de Gestión de Desastres.

La Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, que regula el desarrollo urbano y la planificación del uso del suelo, debe modificarse para exigir evaluaciones de riesgo de inundación en la zonificación de zonas inundables, incorporando criterios de resiliencia. El Reglamento de Desarrollo del Suelo debe actualizarse para requerir superficies permeables en los estándares de asignación de suelo, construcción y subdivisión, así como la integración de infraestructura azul y verde, y estándares de elevación. La Ley de Gestión de Desastres debe reforzar los mandatos institucionales necesarios para la gestión del riesgo de

inundación y la respuesta ante emergencias, incluyendo la obligatoriedad de sistemas de alerta temprana y planificación de contingencias. Esto implica roles claros para las autoridades y la comunidad.

Línea de acción dos

Garantizar que los roles y responsabilidades institucionales relacionados con la gestión del riesgo de inundación sean apropiados, claramente definidos y delegados sin superposición ni duplicación, para fomentar una acción coordinada entre agencias gubernamentales, departamentos y todos los niveles de gobierno.

Los dominios institucionales clave involucrados son: Gestión Nacional del Riesgo de Desastres, Ordenamiento territorial y control del desarrollo urbano, Resiliencia climática y medio ambiente, Obras Públicas (infraestructura y transportación), Agropecuario y forestal, Autoridad de Agua y Saneamiento, Energía y Servicios Públicos, Vivienda y Asentamientos Humanos, Salud y Servicios Sociales, Finanzas y Desarrollo Económico, Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), Protección Civil y el Departamento Meteorológico. Véase la ilustración 97 de instituciones y organismos clave que deben participar en la resiliencia ante inundaciones.

Línea de acción tres

Zonificación para restringir la construcción en zonas de alto riesgo y regulación de los usos en planta baja en estas áreas. Las políticas de zonificación son herramientas críticas para gestionar el desarrollo urbano y proteger a las poblaciones vulnerables. Basándose en Kryspin-Watson (2017) del Banco Mundial GFDRR en el documento *Land Use Planning for Urban Flood Risk Management*, se recomiendan las siguientes medidas de planificación espacial: (continúa en la siguiente sección si deseas que desarrolle las medidas específicas recomendadas por Kryspin-Watson 2017).

- *Zonas de alto riesgo de inundación:* Kryspin-Watson (2017) menciona que estas áreas deben priorizarse para protección, rehabilitación, retiro planificado y reasentamiento preventivo. La protección estructural está justificada en el Distrito Central de Negocios debido a su valor económico. Requisitos de construcción: toda

nueva construcción y renovación deben ser resistentes a inundaciones y estar elevadas al menos 10 pies por encima del plano base o nivel de banqueta; se prohíbe la vivienda residencial y la infraestructura crítica. Los hoteles solo podrán permitirse con una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Comisión de Planificación de la Ciudad de Nueva York, 2021). Las áreas destinadas al retiro incluyen planicies de inundación, humedales, bosques y manglares, que deben designarse para usos de baja ocupación, como recreación, medios de vida basados en ecosistemas, agricultura urbana o actividades ribereñas para ecoturismo (Kryspin-Watson, 2017).

- *Zonas de riesgo moderado de inundación:* Kryspin-Watson (2017) propone “vivir con el agua” como enfoque de gestión del riesgo en estas zonas. Los controles de desarrollo y los códigos de construcción resilientes ante inundaciones, combinados con infraestructura verde, reducen las superficies impermeables. Requisitos de construcción: toda nueva construcción y renovación debe ser resistente a inundaciones y estar elevadas al menos 5 pies por encima del plano base o nivel de banqueta (Comisión de Planificación de la Ciudad de Nueva York, 2021). Usos permitidos: espacios verdes, carreteras elevadas, infraestructura de transporte y servicios turísticos de bajo impacto. La agricultura está condicionada (cultivos no permanentes, preferentemente no intensivos).
- *Zonas de bajo riesgo de inundación:* Kryspin-Watson (2017) indica que estas áreas son apropiadas para infraestructura crítica y reasentamiento preventivo. Además, mediante la revisión de controles de densidad y mejoras en infraestructura, puede promoverse el crecimiento urbano multinucleado y la expansión en estas zonas. Requisitos de construcción: se permite la construcción de viviendas residenciales e infraestructura crítica como hospitales, escuelas e instalaciones de emergencia.
- *Zona de amortiguamiento:* Wang *et al.* (2024) recomiendan 3 a 10 metros para la eliminación de materia orgánica, 10 a 20 metros para la estabilización de cauces, 5 a 30 metros para proteger la calidad del agua; 20 a 150 para el control de inundaciones; y 30 a 500 metros para proporcionar hábitats ribereños. Además, se sugiere que el ancho de la zona de amortiguamiento debería superar 500 metros, si el objetivo es observar el estado ecológico de la zona forestal ribereña.

- *Red de corredores de infraestructura crítica:* Kryspin-Watson (2017) recomienda establecer una red de corredores de infraestructura crítica ubicada estratégicamente para garantizar redundancia y accesibilidad rápida durante inundaciones. Elevar carreteras y rutas de emergencia que proporcionen acceso dentro y fuera de las zonas inundables. Diseñar espacios abiertos estratégicos de doble uso, como centros recreativos que puedan convertirse en centros de ayuda de emergencia, refugios temporales o estaciones médicas de campaña durante un evento.
- *El reasentamiento:* se reconoce como una opción viable para gestionar el desplazamiento con protección social y prevenir la expansión de asentamientos informales. Kryspin-Watson (2017) señala que cuando el reasentamiento es inevitable, debe gestionarse con cautela y apoyo socioeconómico adecuado, asegurando que la vivienda sea asequible, dotada de servicios y segura en zonas de bajo riesgo. Los reasentamientos también deben integrarse en planes espaciales multinivel, como planes nacionales de uso del suelo, planes estructurales estatales, distritales o regionales, así como planes municipales de ordenamiento territorial.

Línea de acción cuatro

Actualización de los códigos de construcción para fortalecer la infraestructura resiliente ante inundaciones mediante mejoras de diseño y materiales de alta calidad en la infraestructura. Los códigos de construcción deben revisarse para garantizar la resiliencia a largo plazo frente a inundaciones. Basándose en el *International Code Council* (2021 Appendix G Flood-Resistant Construction), se recomiendan las siguientes disposiciones:

- “Establecimiento de zonas de riesgo de inundación”: *en la sección del código de construcción adoptado por la autoridad gubernamental correspondiente en la fecha especificada.*
- Permisos: *cualquier persona, propietario o propietarios, o agente autorizado que tenga la intención de realizar cualquier desarrollo en una zona de riesgo de inundación deberá primero presentar una solicitud al administrador de zonas inundables y obtener el permiso requerido.*
- Solicitud de permiso: *todos los permisos deberán cumplir con lo siguiente:*

- i. La administración de zonas inundables deberá revisar todas las solicitudes de permiso para determinar si el desarrollo propuesto se encuentra en zonas de riesgo de inundación establecidas en las líneas de acción 3.*
- ii. Cuando el sitio de desarrollo propuesto esté en una zona de riesgo de inundación, todos los desarrollos a los que se aplique el apéndice, según lo especificado en las líneas de acción 3, deberán diseñarse y construirse con métodos, prácticas y materiales que minimicen los daños por inundación y que estén en conformidad con este código.*
 - Alteración de cauces: antes de emitir un permiso, el administrador de zonas inundables deberá notificar la propuesta a las autoridades correspondientes de todas las jurisdicciones gubernamentales adyacentes, así como a las agencias estatales pertinentes. Se requerirá un análisis de ingeniería elaborado por un profesional del diseño registrado, que demuestre que la capacidad de conducción de agua de la porción alterada o reubicada del cauce no se verá disminuida. Dichos cauces deberán mantenerse de manera que se preserve su capacidad de conducción de inundaciones.*
 - Alteraciones en zonas costeras: se requerirá permiso para cualquier alteración de dunas de arena y manglares en zonas costeras. El administrador de zonas inundables deberá exigir la presentación de un análisis de ingeniería elaborado por un profesional del diseño registrado que demuestre que la alteración propuesta no aumentará el potencial de daños por inundación.*
 - Desarrollo en zonas de flujo de inundación: no se autorizará ningún desarrollo o actividad que altere el terreno en la zona de flujo de inundación, a menos que se demuestre mediante análisis hidráulico e hidrológico, realizados conforme a prácticas estándar de ingeniería y elaborados por un profesional del diseño registrado, que la intervención propuesta no resultará en ningún aumento del nivel base de inundación.*
 - Zonas costeras de alto riesgo: los edificios nuevos y aquellos que se mejoren sustancialmente solo podrán autorizarse tierra adentro del alcance de la marea alta media. B) Se prohíbe el uso de relleno como soporte estructural de edificaciones.*

- Instalaciones de alcantarillado: *todas las instalaciones de alcantarillado sanitario nuevas o reemplazadas, plantas privadas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de eliminación de desechos en sitio deberán diseñarse para minimizar o eliminar la infiltración de aguas de inundación en las instalaciones, así como la descarga desde las instalaciones hacia las aguas de inundación o el deterioro de las instalaciones y sistemas.*
- Instalaciones de agua: *todas las instalaciones de agua nuevas o reemplazadas deberán diseñarse para minimizar o eliminar la infiltración de aguas de inundación en los sistemas.*
- Drenaje pluvial: *deberá diseñarse para conducir el flujo de aguas superficiales y minimizar o eliminar daños a personas y bienes.*
- Calles y aceras: *deberán diseñarse para minimizar el potencial de aumento o agravamiento de los niveles de inundación*”International Code Council (2021 Appendix G).

Línea de acción cinco

Conservación ambiental para barreras naturales contra inundaciones. Esto implica la conservación del medio ambiente para proteger y restaurar ecosistemas naturales que actúan como barreras naturales frente a las inundaciones. El enfoque estratégico se centra en los manglares, humedales, arrecifes de coral y cauces de ríos, zonas ribereñas.

- En primer lugar, la preservación y rehabilitación de los manglares. Zamboni *et al.* (2022) mencionan que estos ecosistemas costeros y estuarinos brindan servicios de protección costera, además de salvaguardar las ciudades y economías costeras.
- En segundo lugar, conservar los humedales interiores y costeros. Wu *et al.* (2020) reconocen que los humedales, como solución basada en la naturaleza, mejoran la resiliencia ante inundaciones en grandes cuencas fluviales al reducir el caudal máximo, el caudal medio, el volumen de flujo y la duración de la inundación.
- En tercer lugar, proteger los sistemas de arrecifes de coral como otra forma de protección costera natural. Duphil *et al.* (2025) reconocen que los arrecifes de coral desempeñan un

papel vital en la mitigación de inundaciones inducidas por el océano, al disipar la energía de las olas y disminuir la velocidad de propagación.

- Por último, restaurar la morfología natural de los ríos y las barreras vegetadas en ríos y zonas ribereñas. Olokeogun *et al.* (2020) afirman que se espera que las zonas ribereñas mitiguen el efecto de las inundaciones porque ralentizan la escorrentía del agua, mejoran la infiltración y retienen sedimentos.

Línea de acción seis

Promoción de prácticas sostenibles para reducir la erosión desde una perspectiva de planificación urbana. Esta línea de acción integra el uso del suelo y las prácticas de construcción para minimizar los riesgos de inundación mientras se reduce la erosión del suelo.

La promoción e integración del control de erosión en la planificación urbana dentro de las regulaciones de zonificación, los códigos de desarrollo y las ordenanzas urbanas incorpora una mayor cobertura vegetal, superficies permeables y el uso de infraestructura azul y verde para gestionar las inundaciones de manera natural. Se deben fomentar prácticas de construcción sostenibles en los proyectos de edificación, junto con campañas educativas que promuevan la plantación de árboles y la jardinería costera urbana.

Una medida complementaria es la incorporación del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*,



Chrysopogon zizanioides

Ilustración 98 Fuente: Abul Monzur Md Sadeque (2024)

anteriormente conocida como Vetiver zizanioides) en espacios urbanos, lo cual ofrece una resiliencia adicional frente a inundaciones al proporcionar estabilización de márgenes de arroyos y riberas de ríos.

Jiru y Wari (2019) destacan que las características excepcionales del pasto vetiver reducen la escorrentía y la erosión del suelo, al tiempo que ofrecen otros beneficios como la mejora de la fertilidad del suelo, la retención de humedad y la formación de terrazas. Troung (1999) demuestra además que ha sido muy exitoso en la estabilización de riberas en Malasia, Filipinas y Australia, gracias a su sistema radicular profundo y su crecimiento denso, que protege las riberas de ríos y arroyos al reducir la velocidad del agua y el poder erosivo durante

las inundaciones. El PNUD (2018) documenta su rentabilidad y eficacia en el control de erosión, con raíces que alcanzan entre 7 y 10 pies de profundidad, y su implementación exitosa en la isla caribeña de Trinidad.

Fase 3. Operacionalización del modelo

En esta etapa, las estrategias seleccionadas para abordar las inundaciones son las más relevantes e impactantes. Hay tres pasos principales en esta fase, que incluyen la programación de proyectos, los instrumentos requeridos, así como el monitoreo y evaluación. Las estrategias deben desarrollarse mediante consenso, segregando programas, proyectos y acciones para integrarlos en el plan estratégico.

En esta etapa, se debe seleccionar un facilitador. Si no existe una Agencia Nacional de Gestión de Desastres en la ciudad, se debe formar un facilitador institucional, que será responsable de la coordinación de actores, la producción del proceso y de proporcionar la capacitación pertinente en planificación y operación para abordar la vulnerabilidad ante inundaciones. Las estrategias seleccionadas, como proyectos y programas que se incorporarán al plan de resiliencia ante inundaciones, se implementarán durante la intervención.

Hay tres pasos en la primera fase de la operacionalización del modelo, que incluyen la programación y priorización de proyectos, los perfiles específicos de proyectos (o fichas técnicas), así como la presentación y validación de resultados.

Programación de proyectos

La programación de proyectos consiste en establecer una línea de tiempo para la implementación de la intervención, lo que implica la categorización de actividades, plazos y asignación de recursos. Las actividades pueden incluir proyectos de control estructural (ingeniería dura) como muros de contención, diques, presas, embalses, estanques de retención y estaciones de bombeo, o no estructurales (infraestructura azul y verde) que incluyen parques, jardines de lluvia, humedales, manglares y arrecifes de coral. Los plazos pueden variar entre corto, mediano o largo plazo. La asignación de recursos abarca desde recursos humanos y financieros, mano de obra,

maquinaria, herramientas, accesorios, materiales y otras entidades, como documentos que deben estar disponibles para que el trabajo pueda comenzar en la operación.

Tabla 31 Resumen del paso de programación de proyectos

Actividad	Descripción	Elementos clave
Programación de proyectos	Establecer un cronograma de implementación para la intervención	Categorización de actividades Plazos de ejecución Asignación de recursos
Priorización de proyectos	Basado en viabilidad, urgencia e impacto	Criterios para la toma de decisiones Territoriales Sociales Económicos Ambientales Políticos Infraestructurales
Perfiles de proyectos específicos o (fichas técnicas de proyectos)	Revisión de resultados por parte de todas las partes interesadas	Objetivo del proyecto Ubicación precisa Actores involucrados Costo estimado Financiamiento (privado, público, comunitario, crédito internacional)
Presentación y validación de resultados	Datos técnicos y administrativos estandarizados	Consulta comunitaria Validación institucional Alineación con planes locales, nacionales y planes internacionales

Fuente: Elaboración propia

Priorización de proyectos

Priorización de proyectos: El objetivo de priorizar proyectos es desarrollar las estrategias necesarias y la implementación del proceso de planificación para la resiliencia ante inundaciones, mientras se identifican proyectos que guíen las acciones más intencionales, eficientes y sostenibles. La priorización de proyectos debe depender de lo siguiente:

- Las consecuencias de la inacción
- La respuesta decidida ante la amenaza versus lo que debería hacerse
- Las implicaciones sociales y ambientales de las decisiones.

Ika y Pinto (2022) advierten que un proyecto puede cumplir con las expectativas, pero puede tener consecuencias no deseadas en la sociedad, lo que resalta la importancia de una priorización basada en la sostenibilidad. Este proceso debe basarse en el análisis de las dimensiones de vulnerabilidad y los indicadores de vulnerabilidad social (Chan *et al.*, 2022).

La priorización de proyectos se basa en el análisis y caracterización de las dimensiones de vulnerabilidad y la situación actual mediante el uso de indicadores de vulnerabilidad social y los resultados del índice. Una vez realizada la priorización, se debe contratar a un gerente de proyecto para supervisar la eficacia en la programación, el presupuesto y la asignación de recursos, ya que la resiliencia ante inundaciones es un objetivo a largo plazo que requiere una transformación en el uso del suelo y el desarrollo de infraestructura. El resultado de este paso es la definición de estrategias de resiliencia ante inundaciones.

La ilustración siguiente es un ejemplo de un esquema para la priorización de proyectos en planeación estratégica ante inundaciones.



Ilustración 99 Propuesta para la priorización de la planeación estratégica de proyectos
Elaboración propia en base a Díaz-Delgado *et al.* (2009).

El Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024) menciona que el sistema de priorización se basa en la integración de insumos conceptuales y empíricos, utilizando criterios comparativos para evaluar sistemáticamente las alternativas de proyecto. Como se ilustra en la figura anterior, este enfoque permite a los responsables de la toma de decisiones evaluar múltiples opciones comparando alternativas y asignando puntuaciones dentro de una tabla estructurada de la siguiente manera:

Tabla 32. La priorización de los proyectos

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
2	Ligeramente más importante
3	Mucho más importante
4	Fuertemente más importante
5	Extremadamente más importante

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024)

Savi’c (2025) coincide en que, a pesar del control mediante infraestructura, las inundaciones seguirán ocurriendo y enfatiza que, a nivel mundial, la reducción del riesgo de inundación se ha vuelto cada vez más común en la gestión de inundaciones. Además, se afirma

que el enfoque basado en el riesgo para la gestión de inundaciones se ha centrado tradicionalmente en la identificación, evaluación y mitigación antes de que ocurran amenazas potenciales, confiando en el cálculo de probabilidades e impactos específicos de las inundaciones y en el acuerdo sobre un nivel aceptable de riesgo para posteriormente construir infraestructura que limite dicho riesgo. Savić (2025) también menciona que esto requiere un análisis de costo-beneficio.

Los planes tácticos para inundaciones costeras, basados en Díaz-Delgado *et al.* (2009) y respaldados por trabajo de campo, entrevistas, estudios de caso y análisis documental, proponen los siguientes planes tácticos para abordar las inundaciones urbanas en zonas costeras.

Tabla 33. Conjunto de planes tácticos por inundaciones en ciudades costeras

Prioridad	Planteamientos propuestos
1	Cartografía participativa para establecer el riesgo
2	Creación de un centro de datos (big data)
3	Actualización de la normatividad
4	Zonificación del riesgo
5	Adecuación del marco regulatorio (código de construcción y ordenanzas)
6	Mejor apoyo y coordinación institucional
7	Impulso al desarrollo tecnológico
8	Impulso a la investigación
9	Rehabilitación y conservación del ecosistema
10	Plan maestro de la ciudad y el drenaje
11	Impulsar la educación y cultura de concientización de inundaciones a la población local

Fuente: Elaboración propia basados en Díaz-Delgado *et al.* (2009)

Los planes tácticos que tendrían el mayor impacto a corto plazo en la mitigación de inundaciones en ciudades costeras están orientados a fortalecer la gobernanza urbana frente a inundaciones, los sistemas regulatorios y los sistemas de datos, mientras que las medidas de

mediano a largo plazo se consideran bajo esquemas de rehabilitación de ecosistemas y planificación maestra.

Perfiles de proyectos específicos

Perfiles específicos de proyectos (o fichas técnicas de proyectos): el objetivo del proyecto, la ubicación geográfica específica, el alcance, los actores involucrados y la población afectada. Cada perfil debe especificar los actores involucrados y la población que se verá afectada. A esto le siguen el costo estimado del proyecto y las posibles fuentes de financiamiento, ya sea que se financie con recursos de la comunidad, públicos, privados, internacionales o si se trata de financiamiento mixto.

Presentación y validación de resultados

La presentación y validación de resultados constituye el paso final en la programación de proyectos y se basa en la metodología presentada por el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024). Esta etapa garantiza que las iniciativas del proyecto sean legítimas y cuenten con el respaldo institucional necesario para asegurar la integración a largo plazo de la resiliencia ante inundaciones en los proyectos. Incluye la visión estratégica, los objetivos, las estrategias, los proyectos y las intervenciones, reconociendo a la comunidad como actor clave en la elaboración del plan. Asegura que se cumplan las expectativas y que los proyectos estén justificados y validados.

La consulta comunitaria implica involucrar a las comunidades locales para garantizar que las estrategias propuestas reflejen las necesidades locales, el conocimiento intergeneracional y las prioridades. Esto puede lograrse mediante la participación de la comunidad en el proceso de planificación a través de votaciones participativas y presupuestación en la priorización de proyectos estratégicos de mitigación de inundaciones (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2024). Involucrar a la comunidad fortalece la legitimidad social y ofrece un sentido de apropiación de las acciones de resiliencia ante inundaciones. Véase la [H12 Guía del plan de participación](#) en la sección de Anexos.

La validación institucional asegura el respaldo de las instituciones pertinentes y los órganos de gobernanza urbana para garantizar que todas las estrategias sean formalmente reconocidas y apoyadas para su implementación. En la presentación de la validación institucional ante la comunidad, el equipo técnico presentará y validará el proceso. El Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2024) propone que el equipo implemente una combinación de estrategias de socialización, consulta y participación, dependiendo de la escala del plan. Las actividades de socialización y consulta pueden llevarse a cabo de manera simultánea, lo que permite la presentación del plan propuesto junto con materiales contextuales y documentos de referencia. Este enfoque garantiza la transparencia, refuerza la continuidad institucional y facilita simultáneamente una participación más informada de los actores involucrados.

Todos los planes, programas, proyectos y estrategias deben alinearse con planes internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la Agenda 2030, así como con planes locales y nacionales. Esto garantiza la coherencia con las agendas de desarrollo más amplias, los marcos normativos y los compromisos globales en materia de resiliencia ante inundaciones. La incorporación de la participación comunitaria y la validación institucional en el proceso de operacionalización permite asegurar la rendición de cuentas y la inclusión, ya que la planificación técnica de proyectos puede transitar hacia un enfoque basado en la gobernanza urbana y proporcionar la base para la resiliencia urbana frente a inundaciones en ciudades costeras.

Una vez que los actores y sectores acordaron trabajar conjuntamente bajo el nuevo enfoque de planificación, la etapa de análisis produjo, mediante consenso entre todos los involucrados, un diagnóstico de las inundaciones expresado a través del grado de vulnerabilidad y evaluado mediante el uso de indicadores de Vulnerabilidad Social (SVI, por sus siglas en inglés) para su monitoreo.

Instrumentos de planeación

El segundo paso de la fase 3 corresponde a los instrumentos. Díaz-Delgado *et al.* (2009) señalan que los instrumentos constituyen otra forma de apoyo para alcanzar con éxito el objetivo de la visión compartida de resiliencia ante inundaciones y para implementar cada una de las acciones del plan estratégico. Uno de estos instrumentos es el desarrollo de acuerdos específicos de participación entre las instituciones responsables e involucradas. Dichos acuerdos deben

detallar las actividades concretas a realizar, los plazos de ejecución y los recursos que serán compartidos.

Retomando los aportes de Kryspin-Watson, (Coordinador) (2017) sobre la Planificación del Uso del Suelo para la Gestión del Riesgo de Inundaciones Urbanas, respaldado por el Banco Mundial / GFDRR, existen diversas herramientas que las ciudades costeras pueden utilizar para gestionar las inundaciones, cada una con distintos niveles de efectividad. Los planes espaciales constituyen una herramienta fundamental que orienta las decisiones de uso del suelo con base en evaluaciones de riesgo de inundación. Estos planes pueden elaborarse en distintos niveles de gobernanza urbana.

Históricamente, las ciudades costeras han recurrido a instrumentos normativos como la zonificación y los códigos de construcción para garantizar el cumplimiento; sin embargo, la aplicación efectiva sigue siendo un desafío persistente. En años recientes, se han explorado instrumentos económicos como el financiamiento basado en el suelo y enfoques basados en incentivos. La transformación del comportamiento comunitario mediante la comunicación del riesgo y la participación activa es esencial para fortalecer la reducción del riesgo de inundaciones en zonas urbanas costeras

Para que los esfuerzos de planificación sean viables y socialmente aceptados, deben estar respaldados por marcos inclusivos que integren diagnósticos de riesgo, aportes de todos los actores involucrados y mecanismos de implementación y seguimiento. En última instancia, se requiere una combinación coordinada de instrumentos de ordenamiento territorial para garantizar una implementación efectiva.

La siguiente ilustración muestra los instrumentos clave para fortalecer la resiliencia urbana costera ante inundaciones.

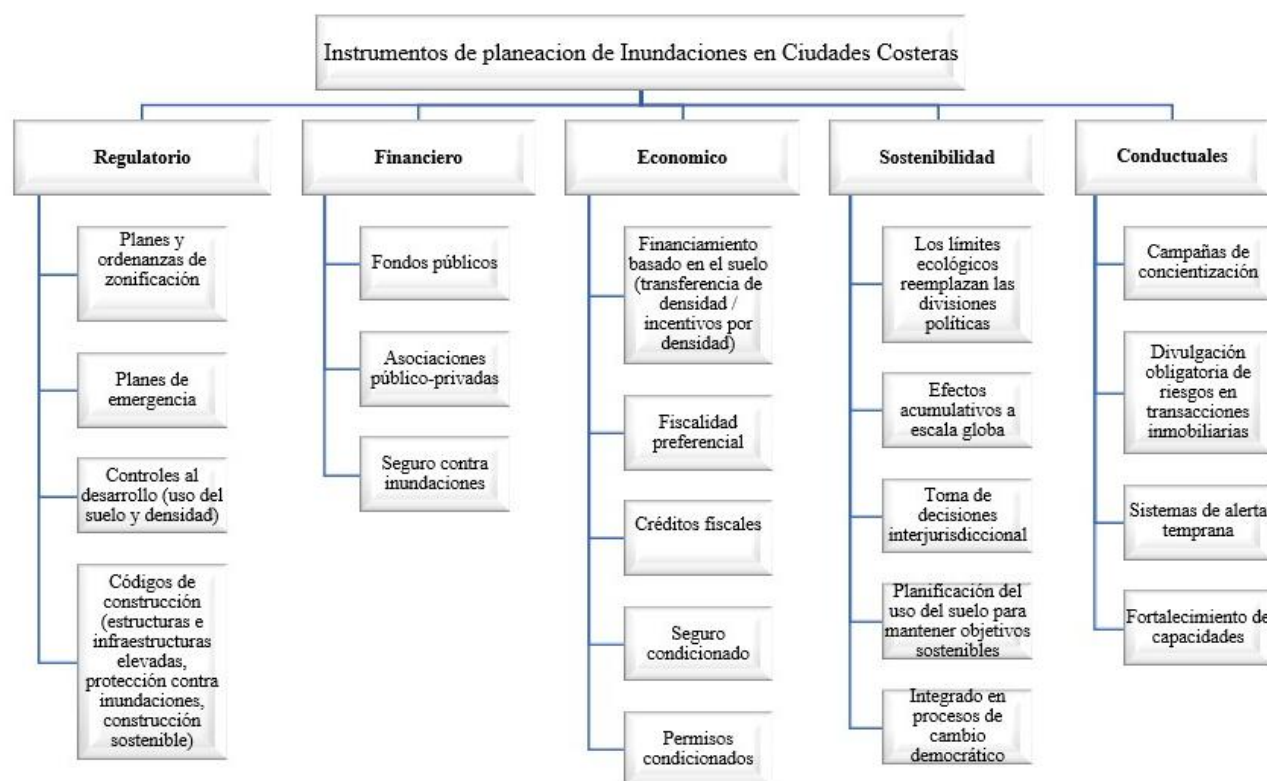


Ilustración 100 Instrumentos requeridos para resiliencia urbana costera ante inundaciones.

Fuente: Elaboración propia en base a Kryspin-Watson, J. (Coordinador) (2017)

Instrumento regulatorio

Los instrumentos regulatorios en ciudades expuestas al riesgo de inundación pueden manifestarse en regulaciones de zonificación, controles de desarrollo y códigos de construcción, con el fin de prevenir inundaciones crónicas al planificar y construir nuevos asentamientos. Esto, a su vez, contribuye a mitigar la vulnerabilidad existente en asentamientos urbanos consolidados. Kryspin-Watson (Coordinador) (2017) afirma que los países con sistemas avanzados de códigos de construcción han experimentado el 47% de los desastres globales, pero solo el 7% de las muertes por desastres; por lo tanto, las regulaciones basadas en el riesgo son fundamentales para mitigar los riesgos de inundación y han demostrado ser rentables. Kryspin-Watson (Coordinador) (2017) también señala que los instrumentos regulatorios son débiles en los países en desarrollo,

donde el financiamiento y la capacidad institucional suelen ser insuficientes, mientras que la tenencia y propiedad del suelo presentan conflictos.

Los planes y ordenanzas de zonificación delimitan áreas según el grado de exposición a inundaciones y se vinculan con usos del suelo permitidos por ser apropiados y seguros. La zonificación por riesgo de inundación puede prohibir completamente el desarrollo, limitar la densidad de construcción o restringir el desarrollo en zonas de alto riesgo para usos altamente vulnerables. Esta zonificación puede proteger reservas de suelo, permitir la retención de aguas pluviales y salvaguardar áreas ambientalmente sensibles. La zonificación por inundación puede estar definida por legislación nacional o por ordenanzas de gobiernos locales. (Ver línea de acción 3 en la fase 2).

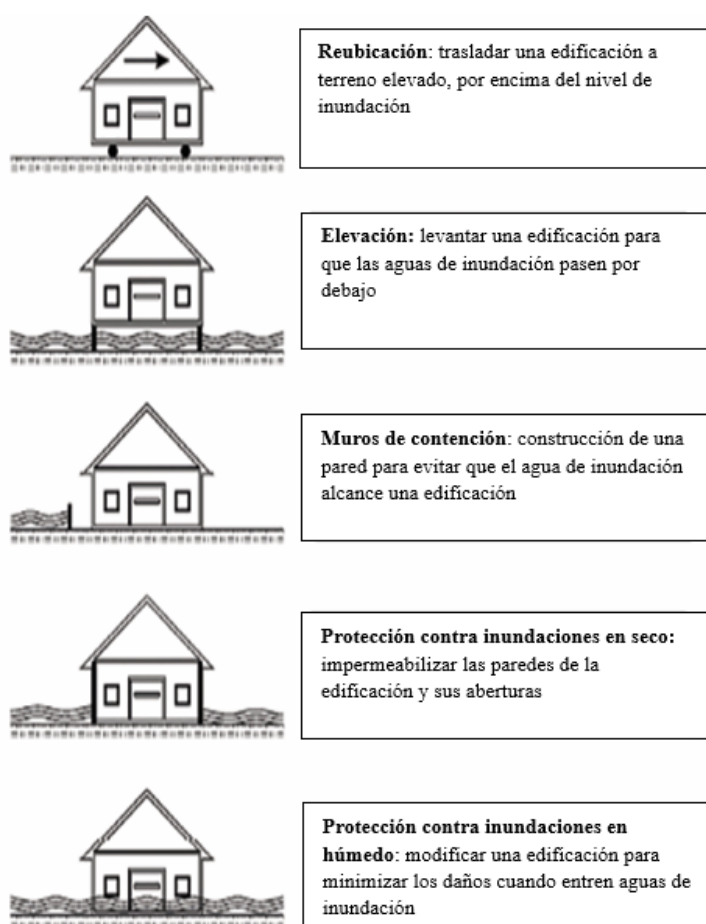
La zonificación de espacios abiertos en áreas ambientalmente sensibles se designa como reservas de suelo (bosques, humedales). Esta zonificación permite el almacenamiento de escorrentías y reduce el riesgo de inundación. Los ecosistemas costeros protegen las líneas de costa frente a marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar. Ejemplos incluyen manglares, marismas salinas, arrecifes de coral, entre otros. De manera similar, los ecosistemas ribereños mitigan inundaciones y ofrecen otros servicios como la reducción de la erosión del suelo y los deslizamientos. Los espacios abiertos se utilizan como una red de infraestructura verde. Los servicios ecosistémicos son más rentables que la infraestructura gris. Este enfoque se alinea con los principios establecidos en la línea de acción 3 de la fase 2 del modelo de planificación referido.

Los planes de emergencia deben integrarse en los planes espaciales, incluyendo la designación de salidas de emergencia elevadas como azoteas, junto con rutas de evacuación claramente mapeadas e instalaciones críticas ubicadas estratégicamente. Estos elementos deben incorporarse en el diseño, implementación y monitoreo de los planes de respuesta ante emergencias para proteger vidas durante un evento de inundación.

Los controles de desarrollo están diseñados para gestionar el riesgo de inundación en ciudades costeras (ver líneas de acción 3 y 4). Los patrones de desarrollo urbano costero deben diseñarse para integrar funciones de gestión del agua como almacenamiento, conducción y drenaje de aguas pluviales. Instrumentos como la recolección obligatoria de agua de lluvia, ordenanzas de gestión de aguas pluviales y requisitos de infraestructura gris actúan como herramientas de control del desarrollo para mitigar los impactos de las inundaciones. En particular, los controles de desarrollo pueden incluir: i) restricción del uso del suelo en zonas inundables, ii) establecimiento

de desarrollos condicionados con estructuras elevadas o resistentes a inundaciones, iii) retiros obligatorios respecto a zonas propensas a inundación, y iv) regulaciones sobre la cobertura de superficies impermeables. (Ver enfoque de resiliencia ante inundaciones).

Los códigos de construcción funcionan como instrumentos reguladores esenciales que establecen estándares mínimos de diseño para el desarrollo en zonas designadas como susceptibles



Protección contra inundaciones mediante buenas prácticas recomendadas en los códigos de construcción

Fuente: Traducido de Kryspin-Watson (2017)

a inundaciones. Estos estándares suelen abordar aspectos como los materiales de construcción, las configuraciones de acceso y los requisitos de nivel de piso para nuevas edificaciones. Para mitigar pérdidas por inundaciones y adaptarse a su ocurrencia, los códigos de construcción pueden requerir: (i) la elevación de edificaciones y vías, (ii) la rehabilitación obligatoria con medidas de protección contra inundaciones (ver línea de acción 4), (iii) la impermeabilización de infraestructura crítica, y (iv) la incorporación de planificación y diseño con redundancia para garantizar la continuidad operativa

durante un evento (ver línea de acción 3). La siguiente ilustración ofrece un enfoque estructurado para la reducción del riesgo de inundaciones.

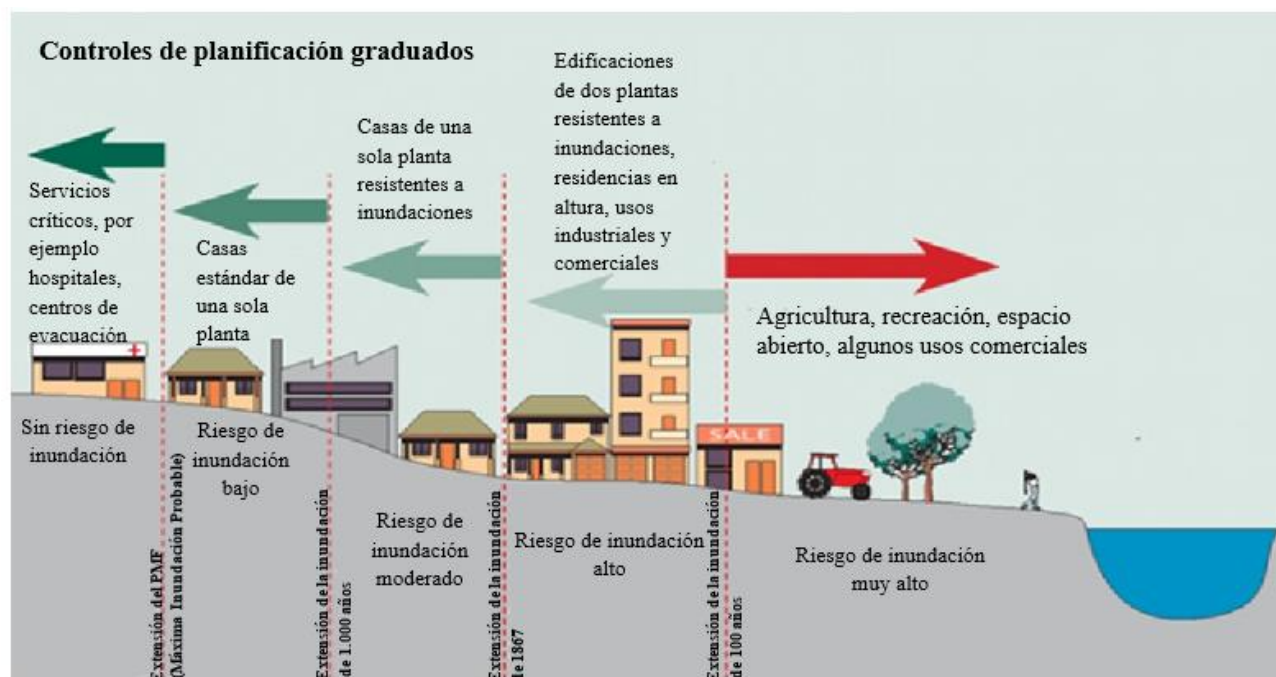


Ilustración 101 Controles graduales de planificación del uso del suelo para reducir el riesgo de inundaciones Fuente: Traducido de Bewsher *et al.* (2013)

El diagrama anterior ilustra un enfoque gradual para la planificación del uso del suelo basado en varios niveles de riesgo de inundación. Muestra los diferentes tipos de usos del suelo e infraestructura que deben ubicarse estratégicamente según el nivel de peligro por inundación, por ejemplo, áreas sin riesgo de inundación con servicios públicos críticos, así como edificaciones residenciales designadas, zonas comerciales y espacios abiertos ubicados estratégicamente en función de los niveles de riesgo. Esta ilustración respalda la planificación espacial informada por el riesgo al alinear los tipos de edificaciones y usos del suelo con la exposición a inundaciones.

Instrumentos financieros

Otro instrumento importante para lograr la resiliencia ante inundaciones en ciudades costeras es el instrumento financiero integrado en la planificación del uso del suelo, que incluye mecanismos como fondos públicos (asistencia de donantes, transferencias nacionales, bonos municipales, fondos de recuperación, reaseguro y ayuda por pérdidas vinculadas al impuesto predial), asociaciones público-privadas (modelos de cofinanciamiento para sistemas de drenaje, desarrollo urbano resiliente y sistemas de alerta temprana) y seguros contra inundaciones (a nivel

individual, local y nacional). Cuando se integran estratégicamente en los marcos de planificación territorial, los mapas de riesgo y los mandatos regulatorios, ayudan a movilizar recursos e incentivar inversiones resilientes.

Un municipio puede orientar el uso del suelo mediante decisiones de inversión en infraestructura, transporte y vivienda. Las asignaciones presupuestarias dedicadas a infraestructura de protección y los subsidios para la elevación y reubicación de edificaciones residenciales en zonas propensas a inundación también son útiles. Las inversiones públicas pueden hacer más atractivas otras áreas sin riesgo de inundación, desincentivando la ocupación en zonas de alto riesgo sin prohibir su desarrollo de manera absoluta. Los instrumentos y recursos financieros están en gran medida centralizados; por lo tanto, las autoridades locales pueden no tener la capacidad suficiente para obtener fondos que respondan a sus necesidades específicas.

Instrumentos económicos

Los instrumentos económicos son recompensas financieras, incentivos y sanciones diseñados para incentivar o influir en cambios de comportamiento entre empresas, hogares e individuos. Las autoridades urbanas costeras están utilizando cada vez más herramientas de incentivos económicos para apoyar la implementación de planes de uso del suelo. Estos mecanismos complementan las fuentes de financiamiento público y fomentan una mayor aceptación por parte de desarrolladores y comunidades locales de los planes de uso del suelo basados en el riesgo de inundación. Sin embargo, la efectividad de los instrumentos económicos depende del acceso a información de mercado y de la suposición de que los actores responderán racionalmente en términos económicos.

Existe una variedad de instrumentos económicos disponibles para ciudades costeras, incluyendo regímenes fiscales preferenciales, créditos fiscales, permisos condicionales y esquemas de seguros condicionales que pueden respaldar herramientas de financiamiento basadas en el suelo, como la transferencia de densidad o bonificaciones de densidad, particularmente relevantes para gestionar la forma y el alcance del crecimiento urbano en diversos contextos de gobernanza urbana y capacidades técnicas. Estos instrumentos se basan en mecanismos de captura de valor del suelo, reajuste parcelario (LR) y transferencia de derechos de desarrollo (TDR). Los gobiernos locales pueden fortalecer sus capacidades institucionales integrando LR y TDR con

instrumentos municipales complementarios y fortaleciendo los sistemas de administración del suelo capaces de atraer eficazmente al mercado inmobiliario. Estas mejoras permiten el uso estratégico de LR y TDR en la operacionalización de planes de uso del suelo que integran objetivos de reducción del riesgo de desastres.

Johnson (2007) propuso bonificaciones por cumplimiento que pueden mejorar la resiliencia ante inundaciones, agrupadas en las siguientes categorías:

- *Bonificaciones automáticas:* otorgadas a edificaciones residenciales y proyectos de desarrollo a pequeña escala ubicados dentro de zonas designadas.
- *Bonificaciones por uso específico:* dirigidas a desarrollos con fines determinados, como vivienda para ingresos medios o infraestructura comercial.
- *Bonificaciones por especificaciones de diseño:* como jardines en azoteas o techos ecológicos, ofrecidas para modificaciones que mejoran o se desvían de los diseños o componentes estándar.
- *Bonificaciones por espacios abiertos:* proporcionan incentivos como reducciones fiscales o aumento del coeficiente de ocupación del suelo (COS) por la inclusión de espacios públicos accesibles.
- *Bonificaciones basadas en porcentaje:* permiten que un porcentaje designado del costo de construcción se destine a servicios públicos, incluyendo instalaciones artísticas, fuentes de agua o fuentes comunitarias.

Instrumentos de sostenibilidad

Basada en las contribuciones de Mersal (2016), la planificación ecosistémica se utiliza como una herramienta sostenible para la gestión de inundaciones al alinear la planificación espacial con los límites naturales y las funciones ecológicas. Este enfoque ha sido reforzado por estudios recientes que enfatizan la integración de los servicios ecosistémicos, la resiliencia ecológica y las soluciones basadas en la naturaleza en la planificación espacial y la gestión del agua (Vollmer *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2023). La siguiente figura ilustra la interrelación entre ecología, sostenibilidad y diseño, destacando cómo estos tres conceptos se integran para orientar prácticas responsables y resilientes en la planificación y el desarrollo.

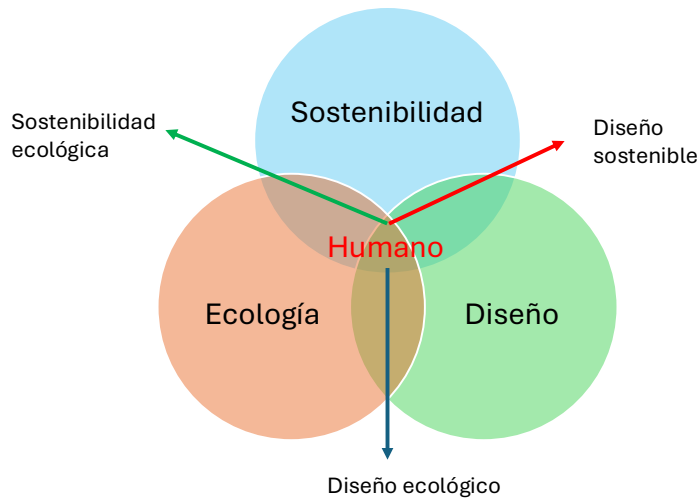


Ilustración 102. La relación entre ecología, sostenibilidad y diseño
Fuente: Traducido de Mersal (2016)

Los siguientes principios detallan las principales características de este enfoque. Los límites ecológicos que reflejan sus funciones sirven como base para las unidades de planificación en lugar de divisiones definidas políticamente. El proceso de diseño se alinea con la dinámica ecológica, respetando los límites de la disponibilidad de recursos y reconociendo el impacto humano. Se consideran los efectos acumulativos globales, incorporando perspectivas a largo plazo que son transfronterizas e intergeneracionales. Por lo tanto, se fomenta la toma de decisiones interjurisdiccionales, contrarrestando la planificación fragmentada y aislada. La consulta y la colaboración inclusivas deben facilitarse mediante la participación más amplia y transparente de las partes interesadas.

La planificación del uso del suelo debe mantener un equilibrio entre los objetivos ambientales, sociales y económicos, lo cual es respaldado por la cooperación multisectorial y mandatos institucionales sólidos. Se debe establecer un monitoreo continuo, retroalimentación y gestión adaptativa para seguir los impactos de los planos establecidos para las comunidades y los ecosistemas. Finalmente, la planificación ecosistémica debe integrarse con los procesos de cambio

democrático, fomentando la conciencia ambiental, la construcción comunitaria y el aprendizaje social.

Instrumentos de comportamiento

Los instrumentos de comportamiento desempeñan un papel fundamental en la política de uso del suelo al fomentar la coinversión entre actores públicos, privados y del sector no lucrativo, al tiempo que incentivan conductas responsables y desalientan aquellas prácticas riesgosas que aumentan la exposición a peligros de inundación. Cuando la política de uso del suelo distribuye y comparte el riesgo entre diversos actores urbanos, contribuye a institucionalizar la resiliencia al integrarla en la planificación y las políticas de múltiples sectores.

La comunicación efectiva del riesgo es esencial para lograr cambios de comportamiento. La concientización constituye la base para fomentar prácticas seguras de uso del suelo; por ello, todo plan integral debe incorporar una estrategia de comunicación adaptada a los contextos locales. Los instrumentos de comportamiento incluyen:

- (i) Campañas de sensibilización pública sobre zonas de riesgo de inundación y prácticas seguras. Se deben utilizar indicadores para informar y monitorear al público, así como para fomentar el consenso entre actores. (Ver enfoque de resiliencia adaptativa)
- (ii) Divulgación obligatoria en transacciones inmobiliarias. (Ver enfoque de resiliencia adaptativa)
- (iii) Sistemas de alerta y coordinación institucional para la gestión de emergencias por inundación. (Ver enfoque de resiliencia transformativa)
- (iv) Fortalecimiento de capacidades para la toma de decisiones informadas por el riesgo. (Ver enfoque de resiliencia adaptativa).

Fase 4. Implementación y evaluación

Implementación de medidas de reducción del riesgo de inundaciones

La fase de implementación se basa en las contribuciones de Díaz-Delgado *et al.* (2009). El objetivo es implementar una serie de acciones, planes, programas y proyectos consensuados para

la mitigación de inundaciones, adaptados a las ciudades costeras, mediante un enfoque coherente y estratégicamente escalonado a corto, mediano y largo plazo. El objetivo de implementación se puede lograr mediante esfuerzos coordinados con las partes interesadas para la implementación del plan estratégico de resiliencia ante inundaciones. Asimismo, se pueden establecer planes y programas de trabajo conjuntos, identificando los recursos y plazos necesarios para su ejecución.

Los resultados esperados incluyen mecanismos coordinados entre las partes interesadas y agendas de trabajo precisas con responsabilidades, recursos y plazos para la resiliencia ante inundaciones a corto, mediano y largo plazo.

Tabla 34 Implementación de medidas de reducción del riesgo de inundaciones con base en Díaz-Delgado et al. (2009).

Objetivo: Implementar medidas de reducción del riesgo de inundaciones	
Financiación: Banco Mundial, GIZ	
Costos estimados: en USD	
Cronogramas a corto, mediano y largo plazo	
Actor	Roles
Gobierno Nacional o Local	● Coordinación y liderazgo institucional ● Diseñar y aprobar marco normativo ● Canalizar y administrar la financiación internacional ● Establecer mecanismos de gobernanza urbana interinstitucional
Federal de Resiliencia Climática y Medio Ambiente	● Establecer criterios ambientales para la gestión de llanuras aluviales. ● Aborda problemas relacionados con la regulación del uso del suelo y las masas de agua.
Medio Ambiente del Estado	● Definición de la norma técnica para la mitigación de inundaciones. ● Coordina las acciones ambientales a nivel estatal.
Autoridad de Planificación y Desarrollo	● Integra el riesgo de inundaciones en la planificación urbana. ● Regula el uso del suelo en zonas propensas a inundaciones. ● Coordina con agencias de infraestructura y medio ambiente.
Desarrollo de Infraestructura	● Planifica y supervisa la ejecución de importantes obras de control de inundaciones.

	● Supervisa la infraestructura resiliente (carreteras, puentes y sistemas de drenaje). ● Adapta los proyectos de infraestructura al riesgo de inundaciones.
Agropecuaria y forestal	● Gestiona la cuenca hidrográfica y el sistema de riego. ● Aborda problemas de conservación del suelo y agroforestería en zonas propensas a inundaciones. ● Coordina estrategias de resiliencia rural ante inundaciones.
Medio Ambiente y Recursos Naturales	● Inspecciona el cumplimiento de las normas ambientales en materia de inundaciones. ● Verifica el cumplimiento de las restricciones de uso del suelo.
Comisión del Agua	● Diseña infraestructura de aguas pluviales y drenaje. ● Lidera obras públicas para el control de inundaciones. ● Opera y mantiene redes de drenaje. ● Debe coordinarse con el desarrollo de infraestructura.
Entidades de nivel local o municipal	● Responde a inundaciones costeras urbanas. ● Opera y mantiene los sistemas de drenaje locales.
Industria	● Implementar medidas de protección contra inundaciones. ● Gestionar la escorrentía y el drenaje de las zonas industriales.
Comisión Estatal del Agua	● Otorga permisos para el uso del agua en zonas inundables. ● Autoriza infraestructura hidráulica. ● Coordina acciones a nivel de cuenca.
OSC	● Monitorea el riesgo de inundaciones y las comunidades vulnerables. ● Apoya la financiación y la participación comunitaria.
Servicios de Salud	● Supervisa la salud pública durante inundaciones. ● Autoriza la infraestructura de saneamiento. ● Controla los brotes de enfermedades transmitidas por el agua.

Fuente: Elaboración propia basados en Díaz-Delgado *et al.* (2009)

- Duración: Corto plazo 0-2 años
- Duración: mediano plazo 2-5 años
- Duración: largo plazo + 5 años

Díaz-Delgado *et al.* (2009) aseguran que la implementación exitosa depende del nivel de compromiso establecido desde el inicio. Dentro del marco de planificación de inundaciones seguido en este modelo, la implementación dependerá de los problemas relacionados con inundaciones que se deban resolver, utilizando el enfoque participativo, interdisciplinario e interinstitucional adoptado.

Para iniciar esta etapa, debe existir un grupo de coordinación general que defina las acciones en la etapa del plan de resiliencia urbana costera frente a inundaciones. Las partes responsables y/o los actores involucrados deben ser identificados para la implementación por el grupo de coordinación. Paralelamente al grupo de coordinación, y con el apoyo del grupo facilitador, se deben evaluar las capacidades de cada institución o asociación participante (ver tabla anterior). Se recomienda desarrollar un perfil detallado de cada entidad involucrada para crear una caracterización institucional a partir de sectores como gobierno, académico, corporativo y social. Este proceso generará una base de datos integral de capacidades humanas, financieras y materiales.

Las intervenciones deben estar respaldadas por un marco de evaluación participativo que permita la identificación de errores, guíe la mejora continua de los planes y facilite resultados transparentes y lecciones aprendidas para todos los actores involucrados. Los participantes en el proceso contribuirán activamente al diseño, ejecución y monitoreo de la gestión urbana costera frente a inundaciones, constituyendo una experiencia de aprendizaje colectivo que enriquece la comprensión de la dinámica socioambiental y territorial de la ciudad costera.

La participación activa del grupo de coordinación general es crucial durante todo el proceso de planificación y debe ser constantemente respaldada por un equipo establecido de facilitadores. El grupo es responsable de guiar, supervisar y asegurar la coherencia de las intervenciones técnicas, institucionales y de comunicación que impulsan la implementación del programa de resiliencia urbana frente a inundaciones costeras.

Una vez que los roles y niveles de participación se hayan definido mediante consenso para cada acción estratégica seleccionada, el grupo de coordinación del proceso reconocido y el grupo facilitador deben llevar a cabo tantas reuniones inclusivas de actores como sea necesario para formular planes de trabajo conjuntos y desarrollar la implementación de cada acción estratégica. Estas agendas deben especificar los instrumentos y mecanismos de intervención (técnicos, institucionales, de comunicación) requeridos y adaptados a cada proyecto y programa seleccionado

del marco de planificación estratégica y articulación para la resiliencia urbana costera frente a inundaciones.

Por lo tanto, un espacio físico que funcione como sede es sumamente útil, ya que actúa como un punto focal para facilitar el intercambio de ideas, resguardar información relevante en un lugar central y organizar talleres. Idealmente, este espacio físico o sede debería estar ubicado en un lugar neutral y de acceso público, aunque preferiblemente en un espacio virtual, como un sitio web. La plataforma virtual debe ser gestionada por el grupo facilitador, que debería desarrollar un proyecto dedicado a delinear el modelo financiero y los servicios a ofrecer a los participantes de la red y al público local. En este sentido, es importante aprovechar los beneficios operativos y financieros en un esquema de trabajo tipo red-de-redes.

Como parte de la metodología de planificación en esta fase de implementación, se recomienda enfáticamente finalizar los planes de trabajo conjuntos identificando los recursos humanos, financieros y materiales necesarios para ejecutar las acciones estratégicas, considerando todas las actividades requeridas para la intervención (técnicas, institucionales y de comunicación).

Finalmente, se deben establecer los plazos para la ejecución, ya sean a corto plazo (0-2 años), mediano plazo (2-5 años) o largo plazo (más de 5 años).

Resumen de la etapa
de implementación
Díaz-Delgado *et al.*
(2009)

- Desarrollar la definición de cada proyecto y programa dentro de las estrategias seleccionadas.
- Identificar a los actores relevantes para cada acción.
- Elaborar un perfil de caracterización para cada actor.
- A través del consenso participativo, determinar los roles, funciones y niveles de participación para cada acción.
- Establecer planes de trabajo conjuntos que especifiquen las partes responsables y definan los recursos obligatorios, humanos, financieros y materiales.
- Definir cronogramas claros de ejecución para cada acción.
- Dentro de estas actividades de planificación, identificar las intervenciones requeridas para el desarrollo de la estrategia, incluyendo:
 - a. Intervenciones técnicas

b. Intervenciones de comunicación

c. Intervenciones institucionales

- Formalizar acuerdos específicos de participación entre todos los actores y partes involucradas.

Monitoreo y evaluación

Santos y Coad (2023) describen el monitoreo como la observación y la evaluación como la capacidad de emitir un juicio general sobre una actividad. Además, elaboraron la definición de monitoreo como el proceso de examinar continuamente el contexto de un programa durante su ejecución, así como la entrega de sus resultados a los beneficiarios previstos, con el fin de corregir de inmediato cualquier desviación de los objetivos operativos.

El monitoreo y la evaluación también se basan en las contribuciones de Díaz-Delgado *et al.* (2009). Tras la etapa de implementación, se requiere un monitoreo continuo para revisar el progreso, determinar si existen retrocesos o posibles conflictos que surjan durante el proceso. Por lo tanto, el monitoreo regular, transparente y estandarizado es fundamental y debe estar vinculado a un mecanismo de evaluación participativa para el proceso de planificación estratégica bajo un enfoque de resiliencia urbana costera ante inundaciones. El objetivo es detectar de manera eficiente efectos imprevistos, lo que reduce el riesgo de intensificar problemas no resueltos y ayuda a identificar su causa raíz.

Es fundamental enfatizar que el monitoreo no debe limitarse a los aspectos ecológicos o ambientales, sino que debe adherirse a los principios integradores y sistemáticos establecidos en el marco de gestión de inundaciones urbanas costeras. El monitoreo debe seguir el modelo de controlador-presión-estado-impacto-respuesta (DPSIR) (Kristensen, 2004), aplicado recientemente a la gestión ambiental por Yao *et al.* (2024). Esto garantizará una mejor alineación de los objetivos e intenciones del monitoreo y la evaluación, al mismo tiempo que facilitará su implementación.

Como en todas las etapas de la planificación estratégica participativa con un enfoque de resiliencia urbana costera ante inundaciones, cuanto más involucrada esté la población local y se sienta parte del proceso de resiliencia ante inundaciones, mayor será la conciencia, la apropiación y los resultados. La frecuencia del monitoreo varía según la naturaleza del programa o proyecto, y puede realizarse trimestralmente, semestralmente, anualmente o por ciclo fiscal, así como después

de eventos específicos, actualizaciones del sistema o desencadenantes estacionales y basados en eventos

Tabla 35 Posibles Indicadores clave de desempeño (KPI) para monitoreo

Dimensión	Objetivo	KPI
Territorial	Limitar la exposición mediante la regulación	# de permisos denegados en zonas de inundación % de cumplimiento
Ambiental	Uso de soluciones basadas en la naturaleza	Área restaurada (ha) % de reducción del caudal máximo
Social	Incrementar la capacidad adaptativa	% de hogares con plan
	Mejorar la preparación y alerta temprana	Tasa de alarma % que recibió la alerta
	Fortalecer la respuesta y recuperación	% que recibió ayuda Tiempo de restauración
Política	Mejorar la coordinación y claridad de roles	# de MOUs firmados # de actualizaciones a los planes Tiempo de respuesta en simulacros
Económica	Reducir la pérdida económica	Tiempo de recuperación % asegurado % del presupuesto asignado
Infraestructura	Reducir la exposición	# de infraestructuras resilientes # km de drenaje mejorado

Fuente: Elaboración propia

Un plan maestro también puede servir como un mecanismo de monitoreo y evaluación. Alshaikh *et al.* (2023) mencionan que la planificación urbana ha transformado las ciudades mediante un diseño espacial meticuloso, la aplicación de regulaciones de uso del suelo e incorporación de soluciones basadas en la naturaleza, y puede convertir los desafíos por inundaciones en catalizadores de resiliencia. Un plan maestro que incorpore estos elementos es una buena manera de visualizar los riesgos por inundaciones. Khadour *et al.* (2023) definen un plan maestro como un instrumento de planificación dinámica a largo plazo que establece un marco conceptual para guiar el crecimiento y desarrollo urbano futuro. Además, es una herramienta fundamental en la gobernanza urbana y desempeña un papel crítico en la conformación del futuro de las ciudades. Típicamente incluye análisis detallados, recomendaciones estratégicas y propuestas accionables respecto, entre otras cosas, a los patrones de uso del suelo (Khadour *et al.*, 2023).

El plan maestro debe alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los compromisos de la Agenda 2030 y el plan estratégico nacional del país, para garantizar su pertinencia y coherencia con el marco político más amplio. En el contexto de las ciudades costeras, un plan maestro puede funcionar como un mecanismo de construcción de resiliencia ante inundaciones y como un instrumento estratégico para integrar espacialmente la cartografía de riesgos de inundación, incluyendo proyecciones de aumento del nivel del mar, inundaciones pluviales y fluviales, y zonas de marejadas ciclónicas. Incorporar la visión estratégica de las zonas de riesgo mediante infraestructura azul, verde y gris puede operacionalizarse a través de la zonificación, códigos de construcción y ordenanzas. Adicionalmente, un plan maestro puede incorporar gobernanza urbana adaptativa frente a inundaciones, permitiendo la recalibración continua de estrategias para gestionar los fenómenos costeros.

En cuanto al monitoreo y la evaluación, un plan maestro para una ciudad costera permite el seguimiento espacial del uso del suelo, el incremento de la huella edificada y los impactos ambientales a lo largo del tiempo, lo que posibilita revisiones periódicas para garantizar la alineación con los marcos más amplios.

Transparencia y rendición de cuentas

Williams y Dupuy (2017) definen las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) como herramientas analíticas fundamentales para identificar y posiblemente mitigar el riesgo de impactos ambientales y sociales negativos que los proyectos pueden generar. Williams y Dupuy (2016) reconocen que, en la etapa de selección, los intereses de los funcionarios gubernamentales o de los promotores de proyectos pueden influir de manera desproporcionada en la decisión sobre si una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es necesaria. Además, mencionan que la legislación ambiental establecida tiende con frecuencia a ser ambigua, otorgando un poder discrecional excesivo y permitiendo una aplicación y ejecución inconsistente de la ley, especialmente dado el control exclusivo del Estado sobre los mecanismos legales. La transparencia, la rendición de cuentas y la participación pública son elementos fundamentales para contrarrestar posibles abusos y garantizar la integridad en el proceso de EIA (Williams y Dupuy, 2016).

Para abordar las discrepancias e incluso combatir la corrupción en las EIA, Williams y Dupuy (2016) proponen posibles soluciones, como exigir la certificación de expertos y el establecimiento de códigos de conducta, mecanismos que pueden fortalecerse al complementarse con la capacitación anticorrupción de dichos expertos. Asimismo, Williams y Dupuy (2016) recomiendan la publicación sistemática de los informes de EIA y toda la documentación de respaldo, incluidos los registros de consulta pública y la participación ciudadana.

Owusu *et al.* (2021) señalan que la corrupción generalizada, la deficiente gobernanza urbana y la codicia son los principales obstáculos para la prestación efectiva y la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura y los servicios urbanos esenciales. Además, la corrupción en las ciudades exacerba la vulnerabilidad y aumenta la exposición a eventos extremos de inundación. Owusu *et al.* (2021) explican que los proyectos pueden ser inflados para crear oportunidades de explotación; pueden proponerse sin que exista una necesidad real de ellos, mientras que las ciudades pueden funcionar como canales para redirigir recursos en beneficio de las élites poderosas, alejándolos de los sectores pobres y de clase media, ampliando finalmente la brecha de desigualdad. La rendición de cuentas y la imposición de sanciones son esenciales para combatir esta situación.

Los funcionarios públicos deben ser responsables y sancionados por violar las leyes municipales de planificación de la resiliencia urbana costera ante inundaciones. Los funcionarios locales no deben estar exentos de enjuiciamiento; no debe existir ninguna cláusula que los libere

de responsabilidad personal, y los ciudadanos deben poder exigir rendición de cuentas a través del juicio de amparo. En algunos países en desarrollo, la Ley General de Responsabilidades Administrativas, una ley federal, regula la responsabilidad de los servidores públicos, estableciendo obligaciones y sanciones por actos u omisiones. Asimismo, la Ley Estatal de Responsabilidades de los Servidores Públicos puede establecer la responsabilidad de los funcionarios a nivel estatal y se ha utilizado para imponer diversas sanciones.

Por el contrario, en varios países en desarrollo, las leyes de planificación urbana muestran debilidades en la rendición de cuentas y en la aplicación de sanciones para garantizar su cumplimiento. Sus leyes establecen que los Ministros, miembros de la Autoridad, el Director Ejecutivo y cualquier funcionario público bajo la autoridad de planificación no serán personalmente responsables ante ningún tribunal por cualquier acto realizado, omitido o por realizarse de buena fe en el ejercicio o presunto ejercicio de cualquier función. Esto no debe permitirse si se desea alcanzar la resiliencia ante inundaciones.

Toma de decisiones colaborativa y flexible en emergencias ante inundaciones

Este modelo, propone un enfoque colaborativo y flexible para la toma de decisiones ante emergencias por inundaciones. El enfoque colaborativo garantiza que las perspectivas de múltiples actores se integren en el proceso, mientras que la toma de decisiones flexible asegura que las decisiones colectivas elegidas puedan adaptarse rápidamente a las circunstancias cambiantes antes, durante y después de un evento.

En cuanto a la colaboración, Kapucu y Garayev (2011), en su trabajo *Collaborative decision-making in emergency and disaster management*, presentan los factores que afectan la toma de decisiones en emergencias e incluyen: la complejidad derivada de la severidad de la inundación; la participación de diversas organizaciones en las operaciones de respuesta; la incertidumbre debido a la información situacional limitada y un entorno caótico; la presión del tiempo motivada por la necesidad de tomar decisiones rápidas; el estrés ocasionado por la urgencia y la gravedad de las circunstancias; la necesidad de asumir riesgos en situaciones de alta relevancia; y la experiencia previa relacionada con eventos similares. Además, salvo la experiencia previa, todos los factores mencionados anteriormente podrían obstaculizar, e incluso debilitar, la capacidad de los gestores de emergencias para tomar decisiones oportunas y adecuadas.

Kapucu y Garayev (2011) reconocen que la naturaleza de los desastres suele ser incontrolable y con consecuencias importantes, afectando a grandes masas de personas y requiriendo la participación colaborativa de diversos sectores para lograr resultados exitosos. También mencionan que es crucial contar con un mecanismo integral que facilite y mejore el proceso de toma de decisiones a través de diversos ajustes y cambios estructurales, administrativos y de comportamiento.

En cuanto a la toma de decisiones flexible, Canter y Atkinson (2010) describen la gestión adaptativa (AM, por sus siglas en inglés) como una estrategia que fomenta la toma de decisiones flexible, permitiendo ajustes durante situaciones de incertidumbre a medida que surgen nuevos conocimientos sobre los resultados de las acciones de gestión. Ellos explican que, mediante un monitoreo sistemático, la AM mejora la comprensión científica y permite la refinación iterativa de políticas y operaciones. Es importante destacar que la AM no es un enfoque simplista de prueba y error, sino que se basa en aprender haciendo. En lugar de ser un objetivo final, la AM es una herramienta para mejorar la calidad de las decisiones, alcanzar objetivos ambientales, sociales y económicos, ampliar el conocimiento científico y reducir las tensiones entre los actores (Canter y Atkinson, 2010).

10. Discusión general: resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada ante inundaciones asociadas al cambio climático

El propósito de esta sección es analizar los principales hallazgos de esta investigación comparándolos con aportes y referencias de otros autores y estudios. En general, se aborda el análisis de la vulnerabilidad, la gobernanza urbana y la resiliencia frente a inundaciones en el contexto de Cozumel y St. George. Además, se retoman los resultados obtenidos sobre los elementos estructurales de la resiliencia, lo que permite identificar características específicas que, al ser contrastadas con estudios e investigaciones previas, revelan similitudes y diferencias en los enfoques. La evidencia empírica de los estudios de caso, así como la literatura internacional, destaca las particularidades de la región del Caribe en relación con las tendencias globales. Los hallazgos refuerzan la validez de una gobernanza urbana contextualizada para la gestión de inundaciones en entornos costeros, al tiempo que identifican vacíos de investigación en la planificación urbana frente a inundaciones. La tabla siguiente resume la discusión entre Cozumel y St. George.

Tabla 36 Resumen de la discusión general

Dimensión	Cozumel	St. George
<i>La vulnerabilidad</i>	Invasión de terrenos costeros y asentamientos informales a pesar de las leyes de zonificación de inundaciones vigentes. La autoconstrucción aumenta la exposición a inundaciones.	La planificación territorial inadecuada y la débil aplicación normativa generan exposición en zonas costeras bajas a pesar de leyes costeras vigentes.
	La aplicación ética en las prácticas empresariales y de planificación es débil. La implementación de las regulaciones depende en gran medida de la voluntad política.	Existen marcos normativos, pero, su aplicación es inconsistente. Los estándares éticos en la ejecución son poco sólidos y depende en gran medida de la voluntad política.

La Gobernanza Urbana

La influencia corporativa global debilita la capacidad de gobernanza local. Las grandes empresas exceden los límites regulatorios y anteponen sus intereses a la sostenibilidad.

Una dinámica similar, los intereses corporativos y privados suelen prevalecer sobre los objetivos de resiliencia ante inundaciones a largo plazo

Falta de normas de diseño, estándares de elevación y mantenimiento de los sistemas de drenaje. Existe duplicaciones de responsabilidades técnicas.

Falta de normas de diseño, estándares de elevación y mantenimiento de los sistemas de drenaje. Las responsabilidades técnicas están fragmentadas y existe una limitada capacidad profesional dentro de los ministerios.

La presunción legal de “buena fe” por parte de los municipios puede derivar en conflictos de interés y actos de corrupción entre funcionarios públicos. Existen sanciones que se aplican.

La ley de planeación territorial de “buena fe” exime a los ministro y funcionarios públicos de responsabilidad personal, lo que facilita oportunidades para conflictos de interés y corrupción.

SEMARNAT (entidad técnica) supervisa los asuntos ambientales y urbanos, pero la duplicación de responsabilidades genera ineficiencia. Los actores políticos tienen una influencia limitada por disposición legal.

Los actores políticos sin conocimientos técnicos se ven influenciados por las disposiciones legales y pueden revocar las decisiones de los ministerios y los funcionarios públicos técnicos.

Falta de procesos de toma de decisiones inclusivos e integrales. El conocimiento local y las prácticas intergeneracionales están subvalorados.

Una brecha similar falta de procesos de toma de decisiones inclusivos e integrales. El conocimiento local y las prácticas intergeneracionales están subvalorados.

La Resiliencia

Los planes de desarrollo municipal incluyen ejes estratégicos alineados con la Agenda 2030, abarcando aproximadamente cinco ODS por eje.

Existen esfuerzos por alinear las acciones con la Agenda 2030 y el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible (2020–2035), pero los entrevistados no pudieron identificar estrategias específicas ni avances relacionados con inundaciones.

En cuanto a la inspiración y aprendizaje a partir de modelos

Los entrevistados expresaron desilusión: “México no inspira; México entristece.” No se identificaron referencias a ejemplos exitosos (por ejemplo, Países Bajos).

En cuanto a la inspiración y aprendizaje a partir de modelos

Funcionarios admitieron que no ha estudiado modelos urbanos otro admitió que Ámsterdam o Londres, lo que limita la transferencia de prácticas internacionales de resiliencia.

Implicaciones para la resiliencia demuestran que la gobernanza urbana débil y la falta de inspiración externa obstaculizan el aprendizaje institucional y la capacidad adaptativa.

Implicaciones para la resiliencia demuestran que la ausencia de adaptación de modelos y la toma de decisiones fragmentada reducen la resiliencia ante inundaciones a largo

Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad ante inundaciones

En cuanto a la vulnerabilidad ante inundaciones, este estudio sostiene que las inundaciones urbanas en Cozumel y St. George's no se deben únicamente a la exposición a las condiciones ambientales se examina cómo las personas y comunidades se ven afectadas por las inundaciones urbanas, como resultado de factores sociales, económicos, políticos, y de infraestructura y se constató que todas estas desigualdades han contribuido. Respecto al análisis de gobernanza urbana, se presta especial atención a los marcos legales existentes, las instituciones locales y la naturaleza colaborativa de las relaciones entre actores clave para abordar las inundaciones costeras urbanas y se encontraron deficiencias en colaboraciones e implementaciones. En relación con la resiliencia frente a inundaciones urbanas, se encontró que ambos casos de estudio en esta investigación incorporan algunas medidas innovaciones tecnológicas y planificación de infraestructura azul, verde y gris.

La evidencia más significativa de vulnerabilidad a las inundaciones en Cozumel y St. George es resultado de la invasión de terrenos y los asentamientos informales en el territorio. En este sentido, los hallazgos se alinean con los presentados por Chan *et al.* (2022) en su trabajo sobre vulnerabilidad ante inundaciones utilizando sistemas de información geográfica, donde indican que el índice de vulnerabilidad ante inundaciones ha sido clasificado en dimensiones sociales, físicas, ambientales y económicas durante los últimos 30 años. Esta clasificación de vulnerabilidad física de Chan *et al.* (2022) corresponde a las dimensiones de vulnerabilidad identificadas en Cozumel y St. George, particularmente en relación con la invasión de terrenos y los asentamientos informales. El hecho de que esto esté presente en ambas ciudades demuestra que son factores críticos de riesgo de inundación urbana.

La autoconstrucción representa otra fuente de vulnerabilidad, se encontró que puede estar permitida en Cozumel; sin embargo, puede tener impactos graves en la vulnerabilidad ante

inundaciones, ya que a menudo no está regulada. Esto coincide con la investigación de McElvain (2023) sobre la autorrecuperación y los desastres cotidianos en las periferias de la Ciudad de México, donde se concluye que el suelo producido mediante autoconstrucción genera riesgos, especialmente en zonas de alta peligrosidad.

Los resultados muestran que en St. George la existencia de asentamientos informales no solo proviene de limitaciones institucionales y de la comunidad, también porque no existe un interés político por regularizar o erradicar la infraestructura en asentamientos informales, como lo demuestra su existencia continua. Ouma *et al.* (2024), en el informe sobre asentamientos informales, coinciden en que, en ciertos casos, los barrios informales son vitales para asegurar el éxito electoral de las élites urbanas, quienes ofrecen servicios parciales e incompletos para intentar ganar votos. Estas dinámicas políticas y informales impulsan la vulnerabilidad ante inundaciones.

De manera similar, respecto a las dimensiones de vulnerabilidad ante inundaciones en St. George, se identificó que en la costa se encuentran los sectores más vulnerables, donde hay infraestructura básica, negocios de todo tipo y asentamientos informales. Sin embargo, estos resultados difieren de los mencionados anteriormente por el Department of the Environment, Heritage and Local Government (2009) en relación con las directrices para las autoridades de planificación sobre la gestión del riesgo de inundaciones, donde se establece que “las autoridades de planificación garantizarán que no se permita el desarrollo en zonas de riesgo de inundación, particularmente en llanuras aluviales, excepto cuando no existan sitios alternativos adecuados disponibles en zonas de menor riesgo” Department of the Environment, Heritage and Local Government (2009, p. v). Esto también es aplicable a Cozumel, especialmente en zonas de inundación prominentes con desarrollos informales que se ven continuamente afectados por las inundaciones.

Por otro lado, Kundzewicz *et al.* (2019) relacionan la variación climática y la variabilidad de las características relacionadas con las inundaciones; sin embargo, la urbanización en ciudades costeras continúa en aumento. En el caso de las urbanizaciones, los resultados muestran que Cozumel y St. George siguen desarrollándose en zonas propensas a inundaciones pluviales y fluviales, al aumento del nivel del mar y a marejadas ciclónicas, lo que continúa exponiéndolos a las inundaciones.

La planificación urbana y la actividad humana son factores importantes que contribuyen a las inundaciones. Khodadad *et al.* (2023) correlacionan que las inundaciones urbanas están

altamente vinculadas con factores como el clima, la planificación urbana, las actividades humanas y los sistemas de drenaje, y constituyen inundaciones relacionadas con el clima que pueden ocurrir en cualquier entorno urbano. Lo que más destaca de las entrevistas realizadas en Cozumel y St. George, es que los factores inducidos por el ser humano, particularmente la planificación urbana, el diseño y mantenimiento del sistema de drenaje, agravan el impacto de las inundaciones. A pesar de estos riesgos, el crecimiento en ambas ciudades ha persistido junto con una planificación urbana inadecuada y una infraestructura mal mantenida, lo que demuestra el crecimiento continuo de los riesgos en las zonas vulnerables. Sin una acción decidida para mejorar la planificación urbana, el aumento de la exposición y los daños es inevitable.

Cuanto mayor es la población, mayor es la exposición de los habitantes y la infraestructura a las inundaciones. En el caso de Cozumel, la población aumentó de manera constante de 12,622 en 1970 a 88,626 en 2020 (PDUCP 2023; INEGI 2020b), mientras que en St. George, hubo un crecimiento sostenido de 29,369 en 1981 a 44,771 en 2021, aunque la ciudad ha experimentado una disminución de 2,107 habitantes en años recientes (GoG 2020; Now Grenada 2024). El aumento de inversiones en zonas costeras persiste incluyendo la recuperación de tierras del mar en St. George ha permitido la construcción del terminal de cruceros y algunos de los centros comerciales más destacados que se han erigido en St. George's en tiempos recientes. De hecho, la Autoridad Portuaria de Granada (2025) menciona que el Proyecto de Desarrollo de Melville Street es la mayor empresa conjunta público-privada de la isla y, hasta la fecha, el principal generador de ingresos.

La gobernanza urbana

Uso del suelo

En el caso del uso del suelo, la evidencia muestra que la existencia de marcos normativos no garantiza su cumplimiento. A pesar de que la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece disposiciones para el uso del suelo y la zonificación, mientras que la Ley Federal de la Zona Marítimo-Terrestre establece un retiro costero de 20 metros existe desarrollos en áreas sensibles. Los hallazgos de entrevistas en Cozumel revelan una marcada contradicción dentro del sector empresarial, pues aunque reconocen que la protección de los espacios naturales y ecosistemas es esencial debido a la protección que brindan frente a eventos

relacionados con inundaciones, sus prácticas reflejan otra realidad. Además, a pesar de contar con zonas de inundación designadas en Cozumel, el atlas de riesgo de Frausto *et al.* (2016) destaca el establecimiento continuo en áreas vulnerables a inundaciones. Este incumplimiento sistemático demuestra que los intereses económicos a menudo desplazan las consideraciones ambientales y de seguridad.

Del mismo modo, en St. George, los hallazgos de entrevistas revelan una inconsistencia por parte del sector empresarial en Morne Rouge y otras áreas, donde los negocios y hoteles incumplen frecuentemente las Regulaciones de Desarrollo Territorial SRO 13 de 1988, CAP.241A de la Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo – Legislación Subsidiaria que fue derogada y reemplazada por la Ley de Planificación Física y Control del Desarrollo, No. 23 de 2016. En dicha legislación se establece explícitamente que está prohibido el desarrollo a 165 pies (50 m) de la línea de pleamar o en terrenos a menos de 10 pies (3 m) sobre el nivel medio del mar. A pesar de estas restricciones legales, muchas empresas en la zona turística de St. George están en incumplimiento. Esto plantea serias preocupaciones sobre la aplicación de la normativa en el país y la conducta ética de las prácticas empresariales, para lograr los objetivos establecidos.

Liderazgo en la Sociedad Red

En el caso de Liderazgo en la Sociedad Red, UNDRR (2017a) menciona que los gobiernos locales deben liderar los esfuerzos de reducción de riesgos y construcción de resiliencia dentro de las ciudades, así como regular y monitorear el progreso, respaldado por la participación de múltiples partes interesadas. Contrario a lo planteado por UNDRR (2017a), los resultados sobre el uso del suelo en Cozumel y St. George plantea una cuestión más amplia sobre un fenómeno global: si la importancia, poder e influencia de las mega-corporaciones sobre el Estado-nación afecta la resiliencia frente a inundaciones. En ambos estudios de caso se constató que las autoridades a menudo ceden ante el interés económico en lugar de liderar y ejercer influencia.

Babic *et al.* (2017) mencionan una dependencia mutua entre corporaciones y Estados, ya que las corporaciones dependen de la provisión de seguridad y la aplicación de derechos de propiedad por parte del Estado, mientras que el Estado depende de las corporaciones para la generación de empleo y la recaudación fiscal. Sin embargo, puede existir fricción entre el poder corporativo y la soberanía estatal. Así mismo, refiere que el crecimiento y dominio general de los actores corporativos, y destacan que el alto movimiento de capital y la coordinación estratégica

entre élites transnacionales transforman las relaciones de poder globales, de modo que los Estados ya no son los únicos actores relevantes dentro del sistema. Además, las empresas son casi siempre el agente principal de gobernanza urbana dentro de sus redes y no dependen necesariamente de otras instituciones sociales o actores para su legitimidad (Babic *et al.*, 2017).

De este modo, en Cozumel y St. George, la gobernanza urbana frente a inundaciones puede verse debilitada cuando las grandes corporaciones sobrepasan la capacidad regulatoria del gobierno y erosionan la gobernanza urbana. Las corporaciones pueden ejercer influencia política y económica sobre las políticas públicas. Pueden utilizar su poder para influir en los responsables de políticas y tecnócratas, priorizando sus intereses corporativos por encima de la resiliencia frente a inundaciones. Los resultados de entrevistas confirman esta dinámica, particularmente en el caso de St. George, donde representantes empresariales reconocieron la necesidad de una aplicación más estricta de las regulaciones relacionadas con la resiliencia frente a inundaciones en sus entornos.

Las empresas en Cozumel y St. George suelen estar ubicadas en zonas ambientalmente sensibles como manglares y humedales, que pueden haber sido comprometidas por el desarrollo corporativo. Las observaciones realizadas durante el trabajo de campo ilustran aún más este patrón, considerando que ambas economías dependen fuertemente del turismo, y que los hoteles suelen requerir extensas zonas costeras para infraestructura y actividades recreativas.

Leyes de responsabilizados y sancionados de funcionarios públicos

En Cozumel, los funcionarios públicos pueden ser responsabilizados y sancionados por incumplir las leyes municipales de planificación. Los funcionarios locales no están exentos de ser procesados, ya que no existe ninguna cláusula que los libere de responsabilidad personal; los ciudadanos pueden exigir rendición de cuentas a través del juicio de amparo. En la actualidad se dispone de la Ley General de Responsabilidades Administrativas, que es una ley federal, regula la responsabilidad de los servidores públicos, estableciendo obligaciones y sanciones por actos y omisiones. Así mismo, la Ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos del Estado de Quintana Roo, que se aplica a Cozumel a nivel municipal, establece la responsabilidad estatal de los funcionarios públicos y ha sido utilizada para establecer diversas sanciones, como lo reporta Lira (2020) en Quinta Fuerza. Sin embargo, la existencia de estos instrumentos jurídicos no siempre garantiza su aplicación y rendición de cuentas, ya que la voluntad política y la capacidad

ciudadana para exigir su cumplimiento son igualmente importantes en cuestiones relativas al uso del suelo y la gestión de inundaciones.

En contraste, en St. George existe la Ley de Prevención de la Corrupción y la Ley de Integridad en la Vida Pública de 2013 y Capítulo 252A Ley de Prevención de La Corrupción sin embargo hay evidencia de que la aplicación es débil y la implementación es inconsistente. Adicionalmente, la Physical Planning and Development Control Act, Ley No. 23 (2016), establece que “el Ministro, los miembros de la Autoridad, el Director Ejecutivo, cualquier funcionario público empleado por la Autoridad, o cualquier persona que actúe en nombre de la Autoridad, no será personalmente responsable ante ningún tribunal por cualquier acto realizado, omitido o por realizarse de buena fe en el ejercicio o supuesto ejercicio de cualquier función conferida por esta Ley”. Esta cláusula de *buena fe* es ambigua y protege a los funcionarios de litigios, además de limitar la impugnación de sus decisiones. Esto representa una grave preocupación para la rendición de cuentas y la gobernanza urbana, ya que puede agravar los impactos de las inundaciones, especialmente en las comunidades vulnerables.

Por otro lado, en Cozumel, las disposiciones para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) están contempladas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), sección V, Evaluación del Impacto Ambiental, artículos 28 y 29, que establece que las autoridades locales pueden otorgar permisos para desarrollos en zonas ambientalmente sensibles porque el marco legal asume que los municipios actuarán de buena fe. No obstante, dicha pretensión puede generar conflictos de interés y corrupción entre funcionarios públicos, mediante el pago de sobornos para obtener permisos de construcción en zonas no aptas, autorizado desarrollos turísticos y hoteleros en zonas propensas a inundaciones que son altamente vulnerables, como lo demuestra Frausto *et al.* (2016) en el atlas de riesgo y los resultados del índice de vulnerabilidad social realizado en esta tesis.

Para el caso de St. George acerca de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), existe un desafío central: la falta de mecanismos de rendición de cuentas para el Ministro y el personal de la Autoridad de Planificación y Desarrollo crea oportunidades para conflictos de interés y corrupción entre funcionarios públicos, lo que puede manifestarse en el pago de sobornos para obtener permisos de construcción en zonas no aptas. Este problema ha sido observado en River Road y particularmente en Morne Rouge. Aunque pueden existir beneficios económicos a corto

plazo que se priorizan sobre las consecuencias ambientales a largo plazo, estas pueden derivar en inundaciones, agravando la pérdida de vidas y bienes.

La influencia política en asuntos técnicos ser al prejudicial a la gobernanza urbana respecto a su exposición a las inundaciones. En Cozumel, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que es una agencia técnica, tiene el mandato sobre asuntos urbanos y ambientales. Aunque los actores políticos pueden tener influencia en temas relacionados con inundaciones, están limitados por la Ley General de Responsabilidades Administrativas y la Ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos del Estado de Quintana Roo. Esta legislación limita la injerencia política y establece la responsabilidad personal por cualquier acto ilícito. En contraste, en el caso de St. George, la autoridad del ministro, quien puede no contar con las credenciales técnicas de los funcionarios públicos, puede revocar decisiones tomadas por personal técnico u otros ministerios según la Ley No. 23 (2016) de la Planificación Física y control del Desarrollo. Esta concentración de poder discrecional puede contribuir a inconsistencias en las políticas y puede incluso contradecir estrategias y programas de resiliencia frente a inundaciones sin responsabilidad personal por mala conducta.

Los casos de Cozumel y St. George demuestra cómo la gobernanza urbana para la gestión de inundaciones se articula a través de instrumentos formales de planificación, organismos estatutarios y funcionarios públicos mediante instituciones establecidas. En el caso mexicano, los resultados muestran la estructura y las políticas existentes para abordar las inundaciones. Estructuralmente, el Ayuntamiento de Cozumel lidera departamentos como CAPA, Planeación y Ecología, Obras Públicas, entre otros. Mientras que el Plan Estatal de Desarrollo 2023–2027, el Plan de Desarrollo Urbano, el Plan Municipal de Contingencia por Ciclones Tropicales 2021–2024 y el Atlas de peligros y/o riesgos del municipio de Cozumel, Quintana Roo 2016 establecen medidas de prevención, mitigación y estrategias para enfrentar las inundaciones. Estos planes sólidos, instituciones y mandatos técnicos demuestran que la isla posee la capacidad para influir en las decisiones de uso del suelo orientadas a la resiliencia frente a inundaciones.

En St. George, NaDMA coordina la gestión de desastres, pero el mandato para la resiliencia frente a inundaciones está fragmentado entre el Ministerio de Desarrollo de Infraestructura, el Ministerio de Resiliencia Climática y Medio Ambiente, la Autoridad de Planificación y Desarrollo, la División de Uso del Suelo del Ministerio de Agricultura, entre otros. Esta fragmentación puede obstaculizar que las iniciativas de resiliencia frente a inundaciones adopten un enfoque coordinado

y uniforme, lo que a su vez debilita la capacidad de respuesta ante las inundaciones. El marco de gobernanza de Granada para la gestión de inundaciones está estructurado en torno a una serie de planes nacionales e instrumentos regulatorios. El Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada 2020–2035, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2017–2021, el Plan Nacional de Desarrollo Físico (NPDP) 2003–2021, los Reglamentos de Desarrollo del Suelo de 1988 y el Atlas de Riesgos del Cambio Climático de CARIBSAVE 2012 establecen medidas de prevención, mitigación y estrategias para abordar las inundaciones. Los resultados muestran que muchos de estos planes se elaboran con una asistencia externa sustancial. La regulación no se actualiza, al igual que el atlas de riesgos, lo que refleja la falta de capacidad técnica local y una vulnerabilidad estructural frente a la dependencia externa en la planificación. Por lo tanto, existe la posibilidad de que los intereses locales sean pasados por alto debido a esta capacidad limitada.

La gobernanza urbana frente a inundaciones no es suficiente para abordar los riesgos de inundación. Motrović *et al.* (2019) vinculan la ética ambiental con la ética de las inundaciones y sitúan la gobernanza urbana de inundaciones como dominio sobre la naturaleza, administración de la misma, asociación con ella y participación en ella. Motrović *et al.* (2019) reconocen que las decisiones humanas han conducido a una urbanización caótica, deforestación y degradación del suelo, lo que puede configurar la vulnerabilidad en algunas regiones. Todas las personas tienen la responsabilidad ética de informarse sobre sus riesgos de inundación. En última instancia, la gestión del riesgo de inundaciones es una obligación ética no solamente técnica y administrativa, Motrović *et al.* (2019) afirman que “los organismos estatutarios deben gestionar los riesgos, y quienes viven con riesgos de inundación deben conformarse con lo que otros decidan”. Esto confirma la necesidad de colaboración participativa entre todos los actores y la obligación ética de informarse sobre sus riesgos de inundación que puede salvar vidas y propiedades.

Resiliencia ante inundaciones

Participación comunitaria

Involucrar a la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con las inundaciones puede fomentar una resolución de problemas más sólida y decisiones más equitativas. Mambele *et al.* (2022) señalan que, para reducir la vulnerabilidad ante inundaciones a nivel local, el conocimiento local es fundamental, ya que contribuye al desarrollo de estrategias de mitigación y

afrontamiento adecuadas que surgen desde la propia comunidad, basándose en saberes arraigados e intergeneracionales. Además, Rafinzar *et al.* (2025) señalan que, para lograr el máximo impacto de las estrategias de reducción del riesgo de inundaciones, se debe poner un fuerte énfasis en los métodos impulsados por la comunidad, y los enfoques deben ser participativos, inclusivos y holísticos.

Al respecto en Cozumel, hallazgos de las entrevistas sugieren una participación comunitaria limitada en la toma de decisiones, ya que un funcionario gubernamental explicó que hay muy contadas veces que cuestionan la sociedad para saber qué les parece. Esto indica que las consultas públicas son poco frecuentes y que las perspectivas de la población afectada rara vez se incorporan formalmente en el proceso de toma de decisiones. Esto perjudica la planificación resiliente frente a inundaciones en Cozumel, ya que se pierde la oportunidad de generar apropiación pública, confianza y sentido de pertenencia, en las iniciativas de proyectos urbanos sin la participación de la comunidad.

Por el contrario, en St. George un funcionario gubernamental, señaló que definitivamente intentan tener algún tipo de consulta con las partes interesadas cuando elaboran proyectos. Además, se aclaró que durante la implementación de proyectos suelen llevarse a cabo interacciones a menor escala y en contextos más informales, ya que los contratistas son abordados por los residentes en el lugar de trabajo y reciben comentarios o recomendaciones. Sin embargo, Suphattanakul (2018) plantea que el concepto de participación pública se basa en que las personas afectadas por las inundaciones tienen el derecho de participar en el proceso de toma de decisiones. Sin la participación comunitaria, se pueden perder oportunidades para preservar y transmitir el conocimiento intergeneracional, como se evidencia en River Road, donde las inundaciones recurrentes continúan a pesar de muchas décadas de experiencia vivida. Escuchar informalmente a los residentes durante la implementación no equivale a una toma de decisiones genuina; es una forma de participación pasiva que socava el conocimiento local.

El interés general de las instituciones

En otro sentido, el interés general de las instituciones, es fundamental para reducir la vulnerabilidad frente a inundaciones. Agrawal (2008) coincide y afirma que las instituciones locales influyen en la adaptación y los resultados climáticos ante las inundaciones; además, pueden

aumentar la vulnerabilidad y reducir la capacidad adaptativa. En el caso de Cozumel, los resultados de entrevistas indican que existe interés en mitigar los impactos de las inundaciones. Aunque existen zonas de inundación designadas y retiros de construcción de 20 metros establecidos por la Ley Federal de la Zona Marítimo-Terrestre, administrada por SEMARNAT, hay una falta de regulación en cuanto a normas de diseño, especificaciones de materiales y requisitos de elevación en zonas inundables. No dar seguimiento a regulaciones adecuadas después de establecer zonas de inundación socava el propósito de la creación de estas áreas, lo que conduce a medidas meramente simbólicas en lugar de preventivas para combatir las inundaciones. Los resultados muestran que estas brechas regulatorias fomentan el aumento del desarrollo en zonas costeras de alto riesgo propensas a inundaciones.

En St. George, a diferencia de Cozumel, no existen zonas de inundación oficialmente designadas. Sin embargo, los Reglamentos de Desarrollo del Suelo SRO 13 de 1988 establecen un retiro de 50 metros desde la línea de pleamar en zonas costeras. No obstante, al igual que en el caso mexicano, estas regulaciones no contemplan normas de diseño, especificaciones de materiales ni requisitos de elevación en áreas que se inundan con frecuencia, como River Road y Tanteen, St. George's demostrando brechas regulatorias similares y una legislación simbólica sin una regulación adecuada que podría afectar las medidas de adaptación.

La articulación de políticas

La articulación de políticas es crítica para mitigar los impactos de las inundaciones. Sin embargo, los resultados evidencian una falta de articulación, lo que revela un patrón persistente en estas islas caribeñas. ACNUDH (2023) subraya la importancia de la articulación de políticas en ciudades costeras. En ambos estudios de caso existe una ausencia de regulaciones claramente articuladas que aborden: normas de materiales de construcción resistentes; zonas de amortiguamiento para drenajes (ríos y barrancos en el caso de St. George); la Elevación Base de Inundación (EBI) de toda infraestructura e instalaciones eléctricas (Wang 2018; FEMA 2017); el aumento de superficies permeables (Halecki y Młyński, 2025); el mantenimiento estandarizado de sistemas de drenaje; y la incorporación de infraestructura verde (Código Anotado de las Islas Vírgenes, 2024) para reducir la escorrentía en los códigos de construcción y ordenanzas. Estas medidas son ampliamente reconocidas como herramientas eficaces para fortalecer la resiliencia,

por lo que su ausencia, evidencia vacíos críticos de política que agravan la vulnerabilidad frente a inundaciones urbanas costeras en ambos contextos.

Relación entre los actores

El mapa de actores en Cozumel revela que tiene una red más extensa y densa, con conexiones más fuertes entre los actores. Las instituciones municipales y estatales desempeñan un papel más sólido en la resiliencia frente a inundaciones. Si bien existe una estructura de gobernanza urbana más compacta, con mayor potencial de coordinación. Sin embargo, esta misma densidad presenta el desafío de duplicación de responsabilidades entre distintos niveles de gobierno y prioridades en competencia.

En contraste con St. George, el mapa de actores presenta un conjunto de relaciones más pequeño y menos compacto. Basándose en las contribuciones de Bull (2003), las instituciones pueden aumentar la vulnerabilidad frente a inundaciones debido a la fragmentación y la gestión inadecuada. Los resultados evidencian que la responsabilidad de gestionar las inundaciones urbanas está dividida entre varias instituciones. Las funciones de coordinación, infraestructura pública, control del desarrollo, zonificación y uso del suelo están fragmentadas entre distintos departamentos gubernamentales y organismos estatutarios. Bull (2003) menciona que cada institución tiende a centrarse en cumplir su propio mandato, a menudo sin considerar las consecuencias más amplias para la coordinación interinstitucional o para una gobernanza urbana integrada del riesgo de inundaciones. Además, Rasmussen *et al.*, (2020) afirmaron que los desafíos ocurren debido a estructuras de gobernanza urbana fragmentadas o descentralizadas. Las relaciones institucionales fragmentadas en St. George dificulta el desarrollo de una estrategia unificada de mitigación de inundaciones y el fortalecimiento de la resiliencia frente a la amenaza.

Conocimiento de funcionarios públicos de su función ante inundaciones

Es vital tener una comprensión sólida del contexto urbano y de qué modelos externos pueden ser utilizados para informar la resiliencia frente a inundaciones, ya que muchos casos internacionales no comparten dimensiones similares a las que se encuentran en los territorios caribeños. Existe un riesgo de incompatibilidad e ineficacia al aplicar estos modelos. Respecto al conocimiento de la *Agenda 2030* y los modelos que inspiran la gestión de inundaciones, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible garantiza que las estrategias en materia de ciudades, bienestar

social, patrimonio y medio ambiente se incorporen en la implementación de proyectos, planes y programas. En cuanto a los modelos que inspiran la gestión de inundaciones, es evidente que ninguna ciudad presenta condiciones similares, y si no se conocen o no están contextualizados en cada caso en particular, simplemente pueden no ser viables.

Las entrevistas para el caso de Cozumel revelaron niveles variados de conocimiento entre los funcionarios públicos sobre la integración de estrategias locales con la Agenda 2030. Un funcionario explicó que para alinear con la Agenda 2030, nosotros para alinear nuestra Agenda 2030, cada administración trabaja con su plan de desarrollo municipal y cada plan tiene ejes y tiene lineamientos; cada eje abarca alrededor de cinco objetivos de la Agenda 2030 y cada lineamiento a su vez varía. Sobre los modelos urbanos que guían la gestión de inundaciones, el mismo funcionario señaló que hasta el momento no tienen un modelo a seguir, no tanto por la ubicación, sino porque Cozumel es la isla más grande y cuenta con distintos tipos de playas, por lo que ningún modelo se ajusta al contexto de Cozumel.

Otro funcionario enfatizó que, aunque se han propuesto muchas estrategias bajo la Agenda 2030, su implementación ha sido limitada. Declaró que están orientadas principalmente a la protección ambiental y al desarrollo sostenible; sin embargo, en la práctica no se han concretado como deberían. El mismo funcionario explicó que existen muchas estrategias, pero que falta apoyo y unión. Señaló que es necesario sumar esfuerzos para poder llevarlas a cabo.

Al preguntarle específicamente sobre modelos internacionales de ciudades que inspiren para la gestión de inundaciones, este funcionario mencionó que realmente no conoce ningún ejemplo y que no puede decir que México lo inspire; de hecho, México lo entristece porque siempre está sufriendo los impactos de las inundaciones. Además, señaló que en este momento no hay ejemplos, ni de Holanda ni de otros países. No contar con un modelo para la resiliencia urbana frente a inundaciones puede implicar una falta de dirección estratégica, lo cual puede obstaculizar la toma de decisiones a largo plazo.

En caso de St. George, las entrevistas revelaron que algunos funcionarios públicos no estaban plenamente conscientes de la conexión entre las estrategias locales y los marcos de planificación más amplios, como la Agenda 2030 o el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de Granada 2020–2035. Un funcionario admitió que no podía comentar sobre las estrategias implementadas para cumplir con estos planes, reconociendo que no había estudiado el modelo urbano que guía la gestión de inundaciones. Esta declaración pone de manifiesto una falta de

conciencia y una brecha crítica de gobernanza que puede agravar la vulnerabilidad institucional y el conocimiento insuficiente, lo cual puede comprometer la capacidad de St. George para responder ante inundaciones.

Otro funcionario señaló que, aunque se hacen esfuerzos para alinearse con los criterios de la Agenda 2030, no podía recordar las estrategias específicas relacionadas con las inundaciones en el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible 2020–2035. No obstante, enfatizó que el plan integra temas transversales como género, discapacidad y cambio climático. Al preguntarle sobre modelos urbanos que inspiran el enfoque de Granada para la gestión de inundaciones, el mismo funcionario hizo referencia a ejemplos europeos, fuera del contexto caribeño, afirmando que Ámsterdam de los Países Bajos y Londres, ambos tienen características distintas de la isla. Con base en los hallazgos, se revela la necesidad de un modelo de resiliencia frente a inundaciones, que considere un enfoque adaptado a las realidades de las ciudades costeras del Caribe, donde el riesgo compuesto de inundaciones ha intensificado la vulnerabilidad y desafiado los marcos existentes de gobernanza urbana. El riesgo de St. George al implementar estrategias que son incompatibles con las condiciones ambientales, institucionales o socioeconómicas locales al considerar modelos que no son similares en contexto, lo cual puede conducir a medidas ineficaces o insostenibles e incluso a un ciclo de costos.

Modelo de resiliencia ante inundaciones

El modelo propuesto está estructurado en cuatro fases, cuyo propósito es ofrecer una herramienta adaptable a ciudades pequeñas de países en desarrollo ubicados en la región tropical ecuatorial, donde la vulnerabilidad social, la capacidad de gobernanza urbana y los tipos y la calidad de la infraestructura, ya sea azul, verde o gris, determinan los niveles de resiliencia. Este tipo de análisis permite comprender las desigualdades en la resiliencia frente a inundaciones. Actualmente, no existen otros marcos que consoliden de manera integral un modelo de resiliencia ante inundaciones urbanas que incorporen la gobernanza urbana y que puedan aplicarse en el contexto de ciudades costeras en pequeñas islas del Caribe.

El marco de la investigación integra un análisis comparativo de los elementos estructurales de la resiliencia ante inundaciones, incorporando índices de vulnerabilidad social (IVS), análisis de redes de gobernanza urbana, capacidades institucionales (recursos humanos, habilidades,

recursos materiales y prioridades), así como dimensiones ambientales, territoriales, infraestructurales, económicas y políticas, además de la participación comunitaria.

El resultado esperado del modelo es identificar la efectividad de los actores, especialmente las instituciones responsables de la gestión de inundaciones, revelando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Asimismo, demuestra las brechas existentes, la duplicación de responsabilidades y la naturaleza fragmentada de la planificación y gestión de inundaciones urbanas. Bull (2003) señala que estas responsabilidades suelen estar divididas entre múltiples entidades que actúan de manera aislada, sin considerar las consecuencias más amplias para otras instituciones. El modelo también evidencia que las legislaciones territoriales con frecuencia obstaculizan la resiliencia ante inundaciones y las oportunidades perdidas de incorporar conocimientos intergeneracionales en la adaptación.

Contribuciones similares de otras propuestas respaldan los fundamentos de este modelo. El Índice de Vulnerabilidad Social se ha utilizado ampliamente para cuantificar la vulnerabilidad social en diferentes contextos territoriales (Cutter *et al.*, 2003; Tascón-González *et al.*, 2020; Török, 2018; Lixin *et al.*, 2025), ofreciendo precedentes metodológicos para la integración de indicadores sociodemográficos en las evaluaciones de resiliencia. Asimismo, SEDATU (2016) propuso una tipología de actores de la gobernanza urbana que se ha aplicado al análisis de inundaciones en ciudades costeras, fundamentando la dimensión de gobernanza incorporada en este modelo. Desde la perspectiva técnica, el Consejo Internacional de Códigos (2021) proporciona las normas estructurales para la construcción resistente a inundaciones dentro del Código Internacional de Edificación, lo cual se alinea con la dimensión infraestructural aplicada en el modelo. Además, Kryspin-Watson (2017) identificó instrumentos clave necesarios para la resiliencia urbana costera ante inundaciones, contribuyendo a la orientación práctica de este marco. Truong (1999) demostró la eficacia de los sistemas de vetiver para la estabilización de riberas en Malasia, Filipinas y Australia, ofreciendo evidencia para integrar la infraestructura azul-verde dentro de las estrategias recomendadas.

Finalmente, la implementación de una Red de Sensores Inalámbricos, como la propuesta de Castillo-Effen *et al.* (2004) en Venezuela, resulta especialmente útil en ciudades montañosas afectadas por riesgos de deslizamientos, ya que permite monitorear el entorno y seguir la evolución del desastre en tiempo real. Esta red se compone de nodos hidrológicos, meteorológicos y de deslizamientos, los cuales recopilan información continua para alertar oportunamente a las

autoridades y mejorar la gestión del riesgo. A partir de esta información, es indispensable articular sistemas de alerta temprana que activen protocolos de evacuación para la recolección y movilización de personas hacia zonas seguras.

Conclusiones

Las inundaciones asociadas a la variación climática, constituyen uno de los desafíos más apremiantes que enfrentan las ciudades costeras, particularmente las situadas en la región tropical ecuatorial y en islas del mar Caribe. En muchas de estas ciudades costeras, la población suele estar ubicada en zonas de alto riesgo, lo que provoca afectaciones directas o indirectas por inundaciones pluviales y fluviales, así como el aumento del nivel del mar debido a marejadas ciclónicas.

En particular para las ciudades caribeñas, la expansión urbana no planificada, la infraestructura de drenaje insuficiente con escaso mantenimiento y la disposición inadecuada de residuos sólidos, han exacerbado los riesgos de inundaciones. Esta situación se agrava debido a los problemas estructurales y ambientales, que se relacionan con los altos niveles de vulnerabilidad social, la limitada capacidad institucional y la fragmentación de responsabilidades institucionales en la gestión de inundaciones, pues las agencias gubernamentales suelen caracterizarse por ser reactivas y con recursos insuficientes, enfocándose en respuestas a corto plazo.

Las iniciativas implementadas están desconectadas de la planificación del uso del suelo y del desarrollo costero, lo que resulta en algunos casos, en proyectos costosos que no abordan las causas fundamentales de la vulnerabilidad ante las inundaciones. La infraestructura se daña y se ve sobrepasada, cuando los eventos de inundación superan las especificaciones de diseño, generando un ciclo de costos con efectos negativos. Además en numerosas ocasiones, las zonas urbanas costeras dependen de la actividad turística, que es altamente sensible a las condiciones climáticas y las inundaciones.

Sin embargo, a pesar de la relevancia de esta problemática, las soluciones internacionales que se han planteado para la gestión de inundaciones, han sido formuladas en gran medida con enfoques técnicos y eurocéntricos, priorizando el contexto de países de Europa, América del Norte, Asia y Australia, como la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), el Desarrollo de Bajo Impacto (LID), el modelo de “ciudad esponja”, el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD) y la infraestructura verde como alternativa de solución. No obstante, sus alcances y efectividad, no siempre corresponden a la realidad de países caribeños y de pequeñas ciudades costeras que dependen en gran medida del turismo, con limitados recursos financieros y humanos, y donde se prioriza la atención a la pobreza por encima de la gestión de inundaciones.

De esta forma, las ciudades costeras de los países en desarrollo tienden a ser excluidas, y se necesita un nuevo enfoque que les permita enfrentar de forma integral los riesgos de inundación.

Este enfoque requiere adaptación a las realidades socioeconómicas y espaciales locales, adoptando una nueva visión para abordar las inundaciones y proponiendo un modelo acorde a los contextos específicos del Caribe.

La investigación retoma como casos de estudio, dos ciudades costeras insulares de países en desarrollo en el Caribe: San Miguel de Cozumel, México y St. George, Granada. Ambos casos representan contextos urbanos de pequeñas islas, que están geográficamente expuestas a eventos meteorológicos e hidrológicos asociados a la variación climática, como huracanes, tormentas y depresiones tropicales, que provocan inundaciones por escorrentías excesivas, marejadas ciclónicas y aumento del nivel del mar.

San Miguel de Cozumel es una isla ubicada en el mar Caribe, caracterizada por un terreno prácticamente plano, con una rápida urbanización e incluso el desarrollo urbano no planificado en colonias como Emiliano Zapata y la 10 de Abril. Aunque México cuenta con un amplio marco nacional para la gestión de desastres, su implementación en Cozumel sigue siendo inconsistente. Del mismo modo, St. George es la capital de Granada, ubicada al sur del Caribe y enfrenta constantes inundaciones costeras y fluviales del río St. John's, que se desborda periódicamente durante eventos de lluvia intensa.

En este contexto, la investigación tuvo como objetivo principal, analizar la vulnerabilidad, gobernanza urbana y resiliencia por inundaciones asociadas a la variación climática en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada, con la finalidad de formular un modelo de resiliencia para la gobernanza urbana de ciudades costeras, basado en la coordinación de los actores sociales y la capacidad institucional.

Para alcanzar dicho objetivo, se retomaron distintos aportes teóricos, conceptuales y metodológicos relacionados con vulnerabilidad, resiliencia y gobernanza urbana, con el propósito de formular un marco de análisis propio sobre la vulnerabilidad y resiliencia por inundaciones para ambos casos de estudio. Además se analizó la incidencia de las dimensiones territoriales, ambientales, sociales, políticas, económicas y de infraestructura ante inundaciones asociadas a la variación climática en Cozumel y St. George, lo que permitió identificar los factores que contribuyen a la vulnerabilidad ante inundaciones y que obstaculizan la resiliencia en contextos caribeños.

Así mismo, se utilizaron indicadores sociales, económicos, espaciales y demográficos con el fin de determinar el nivel de exposición, susceptibilidad y el grado de vulnerabilidad a

inundaciones en las ciudades de estudio. Para ello se identificaron las AGEBS y localidades más vulnerables en ambos casos, junto con sus poblaciones correspondientes.

Del mismo modo, se analizó el estado de la gobernanza urbana frente a inundaciones, identificando la coordinación entre actores y la capacidad institucional para la gestión del riesgo. A tal efecto se llevó a cabo una revisión documental y trabajo de campo mediante la observación y la aplicación de entrevistas semiestructuradas a informantes clave, logrando identificar las fortalezas y debilidades de las instituciones en ambos estudios de caso, así como su efectividad en la mitigación de inundaciones.

Los elementos estructurales de la resiliencia urbana ante inundaciones, fueron analizados considerando el interés general de las instituciones, la participación comunitaria, el liderazgo en la sociedad red, la articulación de políticas y la gestión en la sociedad red. De esta forma, se identificaron la participación institucional y comunitaria, así como su contribución a la resiliencia frente a inundaciones en ambos contextos.

A partir de los resultados obtenidos, se delinearon propuestas para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones, basadas en los enfoques de resiliencia: adaptación, prevención, restauración y recuperación, transformación, resistencia y reconstrucción. Estas propuestas se orientaron a mejorar la planificación urbana integrada, la gobernanza urbana, la participación comunitaria, la innovación y tecnología para la generación de pronósticos y sistemas de alerta temprana, además de la incorporación de infraestructura azul, verde y gris.

Finalmente la investigación posibilitó la formulación de un Modelo de resiliencia para ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática, a partir de la coordinación de actores y la capacidad institucional en la formulación de planos, programas y proyectos para la adaptación a los problemas territoriales. Este modelo sintetizó los hallazgos empíricos en un marco práctico, que puede replicarse en otras ciudades costeras.

La metodología aplicada permitió construir el modelo de resiliencia ante inundaciones como culminación de las fases de análisis de vulnerabilidad, la construcción del índice de vulnerabilidad social y el análisis de la red de gobernanza urbana. También facilitó el análisis de los elementos estructurales de la resiliencia y la formulación de propuestas de resiliencia. La metodología se basó en estudios e investigaciones previas, lo que permitió identificar patrones y brechas a partir de las similitudes y diferencias en torno a las inundaciones costeras.

Los instrumentos cualitativos y cuantitativos empleados en esta investigación, fueron apropiados para alcanzar los objetivos del estudio, pues posibilitaron un análisis integral de la dinámica institucional relacionada con la resiliencia ante inundaciones. En conjunto, estos instrumentos generaron sólida evidencia empírica, que fundamentó las intervenciones propuestas y respaldó el desarrollo del modelo de resiliencia ante inundaciones.

Aún así, se presentaron algunas limitaciones durante el desarrollo de la investigación. Los datos necesarios para la construcción del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) de Cozumel, fueron fácilmente accesibles a través de fuentes de datos abiertas, como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Estas instituciones proporcionaron tanto datos censales como archivos *shapefiles* correspondientes a las AGEB, lo que facilitó un proceso de recopilación de datos fluido y eficiente.

Por el contrario, obtener los datos censales de Granada resultó más complejo y prolongado. El proceso se extendió desde el 1 de octubre de 2024 hasta finales de enero de 2025, debido a la limitada accesibilidad de los datos y la reticencia institucional a compartir información. Los datos censales en Granada no están disponibles públicamente en línea, y los funcionarios públicos inicialmente se mostraron reacios a divulgarlos. Solo tras la intervención de funcionarios de alto nivel, se logró acceder a la información correspondiente al año 2011, en lugar de los datos del censo pendiente de 2021. Además, los conjuntos de datos iniciales recibidos estaban incompletos, y se presentaron retrasos a la solicitud de información adicional. Finalmente casi cuatro meses después de la solicitud inicial, y tras una correspondencia formal enviada desde una dirección de correo electrónico institucional, fue posible obtener el conjunto de datos completo.

En contraste, aunque la obtención de los archivos *shapefile* del Ministerio de Agricultura de Granada se proporcionó adecuadamente, la información no correspondía a los datos censales disponibles, lo que requirió la creación digital de nuevos *shapefiles* para garantizar la coherencia espacial y permitir la finalización del proceso de análisis.

En Cozumel, la realización de entrevistas con actores clave fue más accesible, debido a la sólida relación que mantiene la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, con funcionarios gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y el sector empresarial, facilitada a través de reuniones programadas e interacciones constantes. Como resultado, los actores se mostraron en general receptivos y dispuestos a participar en las entrevistas.

En cambio, para el caso de Granada, mientras algunos actores fueron cooperativos, otros se mostraron reacios a proporcionar información o evitaron las entrevistas por completo. Cabe destacar que, en el momento del trabajo de campo, la Autoridad de Planificación y Desarrollo tenía un director ejecutivo interino, y se dificultó la realización de una entrevista formal, por lo que la información requerida se obtuvo a partir de la experiencia laboral previa en dicha institución.

Por otro lado, como principales hallazgos de la investigación, destaca el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), que sirve como un indicador clave para comprender la vulnerabilidad social y orientar los esfuerzos de reducción del riesgo de inundaciones, planificación y recuperación. La investigación revela que las inundaciones tienen impactos desproporcionados entre las poblaciones, lo que destaca la necesidad de analizar cómo diversos grupos socioeconómicos y demográficos, experimentan y se recuperan de tales eventos. En Cozumel y St. George, los resultados indican que las poblaciones, la infraestructura crítica (incluidos edificios y carreteras) y los ecosistemas, presentan una vulnerabilidad significativa ante las inundaciones, lo que acentúa la naturaleza interconectada de las dimensiones sociales, infraestructurales, ambientales y económicas del riesgo.

Las propuestas formuladas en la investigación, para fortalecer la resiliencia de Cozumel y St. George ante inundaciones, están basadas en los enfoques de la resiliencia. La *prevención* de inundaciones implica el uso de leyes de zonificación municipal, para exigir la elevación obligatoria de los edificios ubicados en zonas de riesgo moderado y alto de inundación entre 1.5 y 3 metros por encima de la Elevación Base de Inundación (BFE, por sus siglas en inglés). En las zonas de inundación se permiten espacios verdes, sistemas de drenaje e infraestructura de gestión del agua, mientras que en las zonas de bajo riesgo se puede autorizar infraestructura crítica como hospitales o viviendas.

En cuanto a las regulaciones, el código de construcción debe cumplir con los requisitos de retiro costero establecidos en cada país, e incorporar normas de construcción que consideren altura, materiales y estructura en las zonas propensas a inundaciones. También se recomienda la observancia de zonas de amortiguamiento para ríos, barrancos y drenajes, junto con mecanismos de monitoreo y sanción en casos de incumplimiento, tanto para desarrolladores como para funcionarios públicos, como parte de un enfoque preventivo para el control de la densidad constructiva en zonas de inundación.

En materia de uso de suelo, se recomienda orientar la densidad de edificación fuera de las zonas de amortiguamiento costero. Por lo tanto, los nuevos desarrollos o renovaciones mayores que no cumplan con los estándares de altura, materiales o diseño, o que utilicen materiales impermeables, deben ser rechazados. Se debe fomentar el uso de materiales permeables como adoquines de pasto, bloques modulares y concreto poroso. Además, se recomienda la instalación de dos franjas paralelas de pavimento permeable (300 - 600 mm) y el uso de sistemas modulares permeables en estacionamientos de hoteles, plazas y corredores peatonales como medidas de uso de suelo.

El enfoque de *resistencia* complementa el enfoque preventivo, al promover la elevación de edificios, garantizando que las estructuras planas a nivel del suelo se eliminen gradualmente, particularmente en zonas de inundación. Para fomentar el cumplimiento, deben proporcionarse bonificaciones por incentivos en diversas formas, incluidas automáticas, por uso específico, por especificaciones de diseño, por espacios abiertos y con base en porcentajes. La elevación de las instalaciones eléctricas también debe ser obligatoria, permitiendo sólo dispositivos eléctricos adecuados para ubicaciones húmedas, por debajo del nivel de protección reglamentario contra inundaciones.

A nivel institucional, el departamento de obras públicas debe garantizar la elevación de carreteras y puentes por encima de la Elevación Base de Inundación, para que estén diseñados para preservar la integridad estructural bajo condiciones de inundación. Además, debe considerarse la integración de diseños de calles permeables, dentro de los planes maestros urbanos, para aplicarse en futuros desarrollos.

Respecto al enfoque de *adaptación*, incluye diversas recomendaciones como fortalecer la gestión de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), la vegetación y los ecosistemas forestales mediante talleres y foros dirigidos a la ciudadanía, al tiempo de proporcionar financiamiento para iniciativas de conservación y determinar el porcentaje de conservación natural necesario para garantizar una resiliencia óptima. También se enfatiza la innovación técnica, incluyendo modelos tridimensionales del terreno e hidrodinámicos, herramientas de pronóstico basadas en inteligencia artificial de código abierto y sistemas de datos capaces de generar predicciones precisas y oportunas. Estas predicciones deben difundirse a través de campañas de divulgación en redes sociales, para garantizar una amplia diseminación y el intercambio de información entre los actores sociales.

Otra recomendación adaptativa clave es la educación, que implica involucrar a la comunidad en la elaboración de mapas de riesgo de inundación, señales de alerta temprana y medidas de preparación, que deben estar acompañadas de ejercicios prácticos y la realización de simulacros de evacuación en escuelas y comunidades. Además, se debe fomentar el desarrollo de capacidades técnicas entre los jóvenes locales, mediante la capacitación y contratación de ingenieros costeros, u otras carreras profesionales y técnicas relacionadas con las inundaciones.

El enfoque de *transformación* de la resiliencia ante inundaciones, enfatiza la importancia de contar con seguros contra inundaciones, tanto para los residentes como para las empresas. Además, considera la inversión en un sistema de alerta temprana que realice notificaciones en tiempo real directamente a los teléfonos móviles. Para garantizar una cobertura más amplia, deben instalarse sistemas de megafonía en terminales de transporte, edificios públicos y zonas turísticas, complementados con sirenas y altavoces en las calles. Los mensajes deben transmitirse en español e inglés para llegar eficazmente a residentes y visitantes.

También deben implementarse planes de respuesta de emergencia que instruyan a los habitantes y turistas, a refugiarse en pisos superiores, áticos o techos durante eventos de inundación, a ser conscientes del peligro de caminar en aguas de inundación y a evitar conducir en áreas anegadas. Un plan específico de emergencia por inundación, debe mapear claramente las áreas de alto riesgo, designar zonas seguras y rutas de evacuación, al tiempo de establecer la obligatoriedad de protocolos internos de respuesta ante inundaciones, por parte de hoteles y operadores turísticos, que estén alineados con las directrices municipales.

Por otro lado, el enfoque de *restauración y recuperación* enfatiza el mantenimiento sistemático de los sistemas de drenaje, especialmente antes y durante la temporada de huracanes, con la colaboración de empresas y OSC, para apoyar la limpieza rutinaria, el monitoreo y los trabajos menores de mantenimiento. Esta responsabilidad compartida con las autoridades, puede formalizarse mediante acuerdos o asociaciones locales, para garantizar la rendición de cuentas y reducir la dependencia excesiva de los recursos públicos. Además, se deben promover la creación de sistemas de captación de agua pluvial en los techos de hoteles, escuelas y edificios municipales. Asimismo, los códigos de construcción deben requerir la instalación de cisternas en los desarrollos residenciales y comerciales, para mejorar el almacenamiento de agua durante el proceso de recuperación y restauración.

El enfoque de *reconstrucción* enfatiza el liderazgo de las autoridades, para garantizar la participación, coordinación y rendición de cuentas entre todos los actores sociales involucrados. Todas las actividades de reconstrucción deben cumplir con códigos y ordenanzas de construcción actualizados, diseñados para fortalecer la resiliencia ante inundaciones. Además, la reconstrucción también debe implicar la restauración de la infraestructura ambiental y de las áreas marinas protegidas.

Las recomendaciones específicas para Cozumel bajo el enfoque de *transformación*, consideran mejorar la protección financiera, mediante un acceso más amplio a mecanismos de aseguramiento patrimonial y de vida a nivel internacional y regional. Así mismo, debe fortalecerse la planificación de respuesta ante emergencias, incluyendo una campaña de concienciación pública, que debe alertar a la población sobre el riesgo por el aumento del nivel del agua. Así mismo, las recomendaciones para St. George bajo el enfoque de *adaptación*, incluyen la capacitación del personal de NaDMA y de la Oficina Meteorológica de Granada, para el análisis de macrodatos y pronósticos mediante inteligencia artificial, así como la eliminación de barreras para el acceso a datos públicos disponibles para la elaboración de mapas de riesgo.

Dentro del enfoque de *prevención*, se debe garantizar el cumplimiento del marco jurídico y de planeación, incluyendo la determinación de un sistema de zonificación escalonado. Así mismo para la *transformación*, deben priorizarse explícitamente dentro del Plan Nacional de Desarrollo Sostenible, las atribuciones y colaboración interinstitucional para alcanzar los objetivos planteados. La Autoridad de Planificación y Desarrollo (PDA), debe tener la responsabilidad legal de regular el uso del suelo, en lugar del Ministerio de Agricultura, y debe establecerse un Departamento de Protección Civil, que coordine las actividades de prevención, respuesta y recuperación ante las inundaciones costeras.

En cuanto a *restauración y recuperación*, debe desarrollarse un Plan Maestro Integral de Drenaje, para dirigir las aguas pluviales lejos de los arrecifes de coral y las playas, evitando la contaminación por fertilizantes y pesticidas. Además, se debe fomentar la restauración de llanuras aluviales y áreas costeras, mediante la reubicación estratégica de infraestructura crítica en zonas más elevadas.

Por otro lado, respecto a la formulación del Modelo de resiliencia para ciudades costeras ante inundaciones asociadas a la variación climática, se establecieron de cuatro fases interrelacionadas. *La fase 1* caracterización y diagnóstico, implica analizar las dimensiones de

vulnerabilidad ante inundaciones en factores territoriales, ambientales, sociales, políticos, económicos y de infraestructura, destacando la importancia de la cartografía participativa y la comprensión del riesgo de inundación. También se debe estimar el Índice de vulnerabilidad social de ciudades costeras ante inundaciones, para facilitar una comprensión más clara de la exposición. Así mismo, este proceso conlleva la identificación y el mapeo de actores, para la conformación de una red de gobernanza urbana frente a las inundaciones.

La fase 2 desarrollo de planificación estratégica, consiste en determinar escenarios y formular una visión estratégica compartida. Los diversos enfoques de resiliencia se integran en rutas de desarrollo estratégico, respaldadas por el establecimiento de líneas de acción concretas para conducir la planificación y la toma de decisiones. *La fase 3* operacionalización, materializa el plan estratégico en programas y proyectos accionables, que se deben priorizar según la urgencia y el impacto que generan. Los instrumentos empleados incluyen herramientas regulatorias, financieras, económicas, sostenibles y de comportamiento, para garantizar una implementación efectiva.

La fase 4 implementación y evaluación, se centra en la ejecución, el monitoreo y la gestión adaptativa. En primer lugar, se definen objetivos claros, financiamiento, costos, cronogramas y responsabilidades de los actores. En segundo lugar, el monitoreo y la evaluación se basan en indicadores clave de desempeño guiados por un plan maestro integral. En tercer lugar, se fomenta la transparencia y la rendición de cuentas mediante la participación pública, los programas de capacitación en códigos de conducta y las sanciones por incumplimiento por parte de desarrolladores y funcionarios públicos. Por último, se enfatiza en la toma de decisiones colaborativa y flexible, para mejorar la capacidad de respuesta y coordinación durante emergencias por inundaciones.

Los resultados obtenidos en la investigación, indican que la vulnerabilidad a las inundaciones asociadas a la variación climática, depende de diversos factores interrelacionados e interdependientes. En tanto que las regulaciones, normas legales, políticas públicas y las instituciones que las implementan, tienen limitados resultados en contextos específicos de las ciudades costeras del Caribe, revelando que las causas que originan el problema son en gran parte institucionales, legales y técnicas.

En el caso de Cozumel, México y St. George Granada, las inundaciones se han vuelto una problemática cada vez más recurrente, sobre todo en las últimas cuatro décadas, derivado de la

fragmentación institucional y la ausencia de un plan maestro adaptado, que defina claramente las responsabilidades de los actores, y oriente la acción coordinada frente a las inundaciones. Por lo tanto, los hallazgos confirmaron la hipótesis, demostrando una clara relación entre la vulnerabilidad a las inundaciones y las prácticas institucionales, las cuales siguen obstaculizando la resiliencia urbana costera ante las inundaciones en las economías en desarrollo.

A partir de lo anterior, se afirma que se cumplieron los objetivos establecidos, al tiempo de comprobar la hipótesis planteada, demostrando que es posible formular un modelo de resiliencia ante inundaciones asociadas a la variación climática, para consolidar la gobernanza de las ciudades costeras. Los resultados plantean que el modelo podría fortalecer la coordinación institucional para la formulación de planos, programas y proyectos, que permita una mejor adaptación a los problemas ambientales. Por lo tanto, se validó el supuesto establecido, proporcionando una herramienta de planificación orientada a la resiliencia a las inundaciones.

La agenda de investigación pendiente, se orienta al perfeccionamiento de los modelos de resiliencia ante inundaciones urbanas desde una perspectiva de planificación urbana. Además, se puede desarrollar una métrica y un índice estandarizados para medir la efectividad de la resiliencia. Así mismo, se puede ampliar la investigación hacia otros tipos de amenazas como deslizamientos, huracanes, sequías, islas de calor urbano y la gestión de residuos sólidos, en el contexto de las ciudades costeras situadas en la región tropical ecuatorial.

Con respecto a las temáticas de investigación para los casos de Cozumel y St. George, podría analizarse los impactos socioeconómicos y ambientales de la implementación de las propuestas para fortalecer la resiliencia ante inundaciones, así como las interacciones entre la infraestructura turística, las áreas de conservación y la gestión del riesgo por inundación. Adicionalmente es posible llevar a cabo, una evaluación de la capacidad institucional y la efectividad de la coordinación en la implementación de las propuestas, la valoración de la cartografía participativa para el análisis de riesgos, y el pronóstico asistido por inteligencia artificial, para hacer frente a las inundaciones asociadas a la variación climática.

Referencias

- Abegaz R., Xu J., Wang F. Huang J. (2024) Impact of flooding events on buried infrastructures: a review *Sec. Geotechnical Engineering Volume 10 - 2024* <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1357741>
- Abid S.K, Sulaiman N., Wei C. S. Nazir U. (2021) Flood vulnerability and resilience: Exploring the factors that influence flooding in Sarawak IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 802 (2021) 012059 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/802/1/012059>
- Acuña C., Álvarez X., Bezak N., Zupanc V. (2024) Modelling the impact land use change on flood risk: Umia (Spain) and Voglajna (Slovenia) case studies Ecological Engineering 200 (2024) 107185 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107185>
- Adimula, R. A., & Abdusalam, O. A. (2024). Leadership roles in mitigating flood-induced displacement in Patigi Kwara State, Nigeria. *Open Journal of Leadership*, 13, 464–487. <https://doi.org/10.4236/ojl.2024.134025>
- Adobati F. and Garda E.(2020) Soil releasing as key to rethink water spaces in urban planning *City, Territory and Architecture* volume 7, Article number: 9 <https://doi.org/10.1186/s40410-020-00117-8>
- AHC (2025). Asociación de Hoteles de Cozumel. <https://islacozumelresorts.com/es/nosotros/>
- Agrawal, A. (2008). The Role of Local Institutions in Adaptation to Climate Change. Supported by the Social Development Department, The World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/69ccd6cd-9b4f-5292-ae50-a04d93f7ce2a/download>
- Agonafir C., Lakhankar T., Khanbilvardi R., Krakauer N., Radell D., Devineni N., (2023) A review of recent advances in urban flood research *Water Security Volume 19*, 100141 <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2023.100141>
- Almheiri, A., Montenegro, J. F., Ewane, E. B., & Mohan, M. (2024). Climate change hazards and the resilience of coastal cities in the Gulf Cooperation Council countries: A systematic review. *City and Environment Interactions*, 24, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100177>

- Alshaikh, R., Adnan, S., & Alkinani, A. (2023). A review on urban planning and its role in managing flood risks. *Urban Planning and Construction*, 1, 1–8. <https://doi.org/10.55121/upc.v1i1.104>
- Álvarez E. D. (2023) ¿Qué hay detrás de las inundaciones en aumento? La combinación de la lluvia con las actividades humanas aumenta el riesgo de un desastre. Ciencia UNAM-DGDC <https://ciencia.unam.mx/leer/1408/-que-hay-detras-de-las-inundaciones-en-aumento->
- Angelakis, A. N., Rocca, N., Paranychianakis, N. V., & Zheng, X. Y. (2023). Evolution of floods: From ancient times to the present times (ca. 7600 BC to the present) and the future. *Land*, 12(6), 1211. <https://www.mdpi.com/2337232> <https://doi.org/10.3390/land12061211>
- Arnfield A. J. Last Updated: May 16, (2023) • Köppen-Geiger-Pohl climate classification Fact-checked by The Editors of Encyclopaedia Britannica <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification/World-distribution-of-major-climatic-types>
- Arosio M., Martina M. L. V., Creaco E. and Figueiredo R. (2020) Indirect Impact Assessment of Pluvial Flooding in Urban Areas Using a Graph-Based Approach: The Mexico City Case Study <https://doi.org/10.3390/w12061753>
- Asiedu J. B. (2020) Reviewing the Argument About Floods in Urban Areas: A Look at the Causes. Theoretical and empirical research in urban management, vol. 15, No. 1 (February 2020), pp. 24-41 (18 pages) <https://www.jstor.org/stable/26868293>
- Autoridad del SECIHTI. (2025). Problemática – Ecohidrología para la sustentabilidad y gobernanza del agua y cuencas para el bien común (Pronaces Agua). SECIHTI. <https://secihtl.mx/pronaces/pronaces-agua/ecohidrologia-para-la-sustentabilidad-y-gobernanza-del-agua-y-cuencas-para-el-bien-comun/problematika-pronaces-agua/>
- Autoridad municipal de Cozumel. (2024). Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Cozumel (POEL Cozumel). H. Ayuntamiento de Cozumel. https://cloud.cozumel.gob.mx/ftp/views/ayuntamiento_cozumel/ecologia/Primer%20Trimestre%202024/ART%2093%20FRI%20K/2024/POEL_Cozumel.pdf
- Awah L., Belle J., Nyam S. and Orimoloye I.(2024) A Systematic Analysis of Systems Approach and Flood Risk Management Research: Trends, Gaps, and Opportunities *International Journal of Disaster Risk Science* (2024) 15:45–57 <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00544-y>

- Ayuntamiento de Cozumel (2020) Informe de evaluación específica del desempeño al programa presupuestario e009- programa de atención de los grupos en situación de vulnerabilidad. Ayuntamiento de Cozumel, Quintana Roo Ejercicio Fiscal 2020 <https://documentos.cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/07132353/PP09-.pdf>
- Ayuntamiento de Cozumel (2024) Plan Municipal de Desarrollo 2024-2027 <https://cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2025/01/Plan-Municipal-de-Desarrollo-2024-2027-290125.pdf> Plan-Municipal-de-Desarrollo-2024-2027-290125.pdf
- Ayuntamiento de Cozumel. (2024b) Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población: Consulta pública. <https://cozumel.gob.mx/wp-content/themes/isla-cozumel-v2/files/desurb/PDUCP-COZUMEL.pdf>
- Babic, M., Fichtner, J., & Heemskerk, E. M. (2017). States versus corporations: Rethinking the power of business in international politics. *The International Spectator*, 52(4), 20–43. <https://doi.org/10.1080/03932729.2017.1389151>
- Babinger, F. (2012). El turismo ante el reto de peligros naturales recurrentes: una visión desde Cancún [Tourism facing the challenge of recurring natural hazards: A view from Cancún]. *Investigaciones Geográficas*, (78), Ciudad de México. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000200007
- Beck, U. (1992). Risk society: Towards a new modernity (M. Ritter, Trans.). SAGE Publications.
- Balasbaneh, A. T., Marsono, A. K. B., & Gohari, A. (2019). Sustainable materials selection based on flood damage assessment for a building using LCA and LCC. *Journal of Cleaner Production*, 222, 844–855. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.005>
- Balk, D., Montgomery, M.R., McGranahan, G., Kim, K., Mara, V., Todd, M., Buettner, T., Dorelien, A., (2009). Mapping Urban Settlements and the Risks of Climate Change in Africa, Asia and South America, in Population Dynamics and Climate Change. International Institute for Environment and Development, pp. 80-103. <https://www.iied.org/g02650>
- Belize Tourism Board. (2023). Emergency plan template manual [PDF]. <https://www.belize tourismboard.org/wp-content/uploads/2023/03/EMERGENCY-PLAN-TEMPLATE-MANUAL-INFORMATION-FINAL-VERSION.pdf>

- Beretta, M., Deichmann, D., Frederiksen, L., & Stam, D. (2025). Do you see what I see? How expertise and a decision-maker role influence the recognition and selection of novel ideas. *Research Policy*, 54(1), 105139. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2024.105139>
- Beunen, R., Patterson, J., & Van Assche, K. (2017). Governing for resilience: The role of institutional work. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.04.010>
- Bewsher, D., Grech, P., & Yeo, S. (2013, May). Hawkesbury's flood risk management plan: 15 years in the making. Paper presented at the Floodplain Management Association National Conference, Sydney, Australia. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/308691577>
- Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R. S., Schipper, E. L. F., & Sinh, B. T. (2012). Determinants of risk: Exposure and vulnerability. En C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, & K. L. Ebi (Eds.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation (SREX)* (pp. 65–108). Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap2_FINAL-1.pdf
- Bojórquez-Tapia L. A., Janssen M. A., Eakin H., Baeza A., Serrano-Candela F., Gómez Priego P., Miquelajauregui Y. (2019) Spatially-explicit simulation of two-way coupling of complex socio environmental systems: Socio-hydrological risk and decision making in Mexico City *Socio-Environmental Systems Modelling*, vol. 1, 16129, 2019, doi:10.18174/sesmo.2019a16129
- Bonanno, G.A. (2004). Loss, trauma, and human resilience: Have we underestimated the human capacity to thrive after extremely adverse events? *American Psychologist*, 59(1), 20–28 <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.20>
- Borgatti, S., Everett M. and Freeman L. (2002). *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Havard, MA: Analytic Technologies
- Bottazzia P., Winkler M.S., Hope C.I. (2019) Flood governance for resilience in cities: the historical politics transformations in the suburbs of Dakar <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.013>
- Boyce P. (2023) The Consequences of the Industrial Revolution <https://boycewire.com/the-consequences-of-the-industrial-revolution/>

- Brody S., Lee Y., Kothuis B. (2022) Coastal Flood Risk Reduction: The Netherlands and the U.S. UPPER Texas Coast p 78-79 Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-02449-7>
- Boose E.R., Foster D.R., Plotkin A.B. & Hall B. (2003) Geographical and Historical Variation in Hurricanes Across the Yucatán Peninsula Chapter 3 https://harvardforest.fas.harvard.edu/publications/pdfs/Boose_Chapter_2003.pdf
- Bull, A. (Ed.). (2003). Traffic congestion: The problem and how to deal with it. Cuadernos de la CEPAL, 87. Santiago, Chile: United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Bullen, J., & Miles, A. (2024). Exploring local perspectives on flood risk: A participatory GIS approach for bridging the gap between modelled and perceived flood risk zones. *Applied Geography*, 163, 103176. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103176>
- Bukvic A and Harrald J., (2019) Rural versus urban perspective on coastal flooding: The insights from the US Mid-Atlantic communities *Clim. Risk Manag.*, 23 (2019), pp. 7-18 <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.10.004>
- Burnstein E and Rogin A. (2022) State Flood Resilience and Adaptation Planning: Challenges and opportunities <https://www.urban.org/research/publication/state-flood-resilience-and-adaptation-planning-challenges-and-opportunities>
- Cámara de Diputados. (2012). Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo (SAPI-ISS-42-12). https://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/voces/sia/spi/SAPI-ISS-42-12_qroo.pdf
- Camelo J., Mayo T. and Gutmann E. (2020) Projected Climate Change Impacts on Hurricane Storm Surge Inundation in the Coastal United States *Front. Built Environ Sec. Wind Engineering and Science Volume 6* <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.588049>
- Campbell, C. (2018, September 3). Citizens concerned about development encroaching onto Grand Anse Beach. *NOW Grenada*. <https://nowgrenada.com/2018/09/citizens-concerned-about-development-encroaching-onto-grand-anse-beach/>
- Canter, L. W., & Atkinson, S. F. (2010). Adaptive management with integrated decision making: An emerging tool for cumulative effects management. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(4), 287–297. <https://doi.org/10.3152/146155110X12838715793002>

- Caribbean Biodiversity Fund (2025) Ministry of Climate Resilience, The Environment & Renewable Energy, Grenada <https://caribbeanbiodiversityfund.org/partner/ministry-of-climate-resilience-the-environment-renewable-energy-grenada/>
- CAPA (2025) Misión, Visión y Filosofía <https://capa.qroo.gob.mx/index.php/mision-vision-y-filosofia/>
- Caribbean Community (CARICOM). (2025). Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF). CARICOM. <https://caricom.org/institutions/caribbean-catastrophe-risk-insurance-facility-ccrif>
- Castillo-Effen, M., Quintela, D. H., Jordan, R., Westhoff, W., & Moreno, W. A. (2004, November 3–5). Wireless sensor networks for flash-flood alerting. In Proceedings of the Fifth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems (pp. 1–6). IEEE. Dominican Republic. <https://people.csail.mit.edu/ebasha/honduras/01393370.pdf>
- CDEMA (2015) Caribbean Disaster Emergency Management Agency. Maps for Grenada <https://www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/country-data/countrydocs-gnd/maps-gnd>
- Cenapred (1999) Centro Nacional de Prevención de Desastres 15320, Mexico, D. F. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/148.pdf>
- CENAPRED (2025) Organización para la prevención de desastres en México http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/7/1/images/lamina_exp_cenapred.pdf Microsoft PowerPoint - Láminas logo SEGOB.ppt
- CEOPROC (2025) Marco Jurídico <https://coeproc.qroo.gob.mx/marco-juridico/>
- CEPAL (2025) Physical Planning Unit of Grenada <https://observatorioplanificacion.cepal.org/en/institutions/physical-planning-unit-grenada>
- Chakraborty, R., Ali, T., Atabay, S., Roy, P., & Pande, C. B. (2025). Impact of climate change scenario on sea level rise and future coastal flooding in major coastal cities of India. Scientific Reports, 15, Article 28689 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13394-5>
- Chan S. W., Abid S. K, Sulaiman N., Nazir U., Azam K. A (2022) systematic review of the flood vulnerability using geographic information system <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09075>

- Charles. T (2024) TAMCC Participates in NaDMA's Caribe Wave 24 Tsunami Exercise
<https://www.tamcc.edu.gd/2024/03/28/tamcc-participates-in-nadmas-caribe-wave-24-tsunami-exercise/>
- Chen, H., Liu, Y., Hu, L., & Zhang, C. (2023). Constructing a flood-adaptive ecological security pattern from the perspective of ecological resilience: A case study of the main urban area in Wuhan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 385.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20010385>
- Chirico, P. G. (2004). An evaluation of SRTM, ASTER, and contour based DEMs in the Caribbean Region. In Proceedings of the 2nd URISA Caribbean GIS Conference (pp. 209–219). URISA – The Association for GIS Professionals.
https://www.researchgate.net/publication/273771037_An_Evaluation_of_ASTER_SRTM_and_Contour-based_DEMs_in_the_Caribbean_Region
- CIRC (2024) La Cruz Roja Mexicana y el Comité Internacional de la Cruz Roja firman Acuerdo Marco de Asociación para fortalecer la respuesta humanitaria
<https://www.icrc.org/es/document/mexico-la-cruz-roja-mexicana-y-el-comite-internacional-de-la-cruz-roja-firman-acuerdo-marco>
- Clements B. W. and Casani J.P. (2016) Floods Disasters and Public Health (Second Edition) Planning and Response Pages 267-289 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801980-1.00011-8>
- Climate Central. (2024). Sea level rise and coastal flood risk map
https://coastal.climatecentral.org/map/12/-0.1282/51.5075/?theme=warming&map_type=multicentury_slr_comparison&temperature_unit=C&warming_comparison=%5B%222.0%22%2C%20%224.0%22%5D
- Climate Council (2022) Everything you need to know about floods and climate change
<https://www.climatecouncil.org.au/resources/climate-change-floods/>
- Climate Resilience Portal (2019) *Solid Waste* <https://climateresilience.gov.gd/solid-waste/>
- Cocozza C., Di Iaconi C., Murgolo S., Traversa A., De Mastro F., De Sanctis M., Guido Altieri V., Cacace C., Brunetti G., Mascolo G., (2023) Use of constructed wetlands to prevent overloading of wastewater treatment plants
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137126>

- Collalti D. (2024) The Economic Dynamics After a Flood: Evidence from Satellite Data *Environmental and Resource Economics* (2024) 87:2401–2428
<https://doi.org/10.1007/s10640-024-00887-6>
- Commission for Environmental Cooperation. (2021). Understanding the comprehensive economic impacts of floods in Canada, Mexico, and the United States.
<https://cec.org/files/documents/publications/11878-cec-policy-brief-flood-costing-understanding-comprehensive-economic-impact-en.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (2012) Agenda del Agua 2030 Avances y logros 2012 Comisión Nacional del Agua SGP-10-12.
<https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-10-12baja.pdf>
- CONABIO Gobierno de Mexico (2024) Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica https://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/PY63CampecheIsladelCarmen/PY_63_Isla_del_Carmen_Caracterizacion.pdf
- Conagua (2017) Humedales, refugios de vida Los humedales son ecosistemas determinantes para la conservación de la biodiversidad, porque allí se desarrollan flora y fauna típicas de la región. Recordemos su importancia en el #DíaMundialDeLaVidaSilvestre.
<https://www.gob.mx/conagua/articulos/humedales-refugios-de-vida?idiom=es>
- Congreso del Estado de Quintana Roo. (2025). Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Quintana Roo (L267-XVIII-20250819-L18-20250817-131).
<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L267-XVIII-20250819-L1820250817131.pdf>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- COPARMEX Cozumel (2025) COPARMEX Cozumel <https://bekaab.org/places/coparmex-cozumel/>
- Costanzaa R, Andersona S. J., Suttona P., Mulderc K., Mulderd O., Kubiszewskia I., Wange X, Liuf X., Perez-Maqueog O., Martinez M.L., Jarvisi D., Dee G.(2021) The global value of coastal wetlands for storm protection p.9 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102328>

- Cowhitt T., Greany T., Downey C. (2023) Storytelling With Networks: Realizing the Explanatory Potential of Network Diagrams Through the Integration of Qualitative Data *International Journal of Qualitative Methods* <https://doi.org/10.1177/16094069231189369>
- Coyaba Beach Resort (2025) History <https://www.coyaba.com/history/>
- Cruz Roja Mexicana Delegación Estatal Quintana Roo(2025) Conócenos Quintana Roo <https://cruzrojacancun.org/SumateYConocenos>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Danhassan S.,Ahmed Abubakar A., Zangina A.,Ahmad A., Hazaea S., Ishak M. & Zhang J. (2023) Flood Policy and Governance: A Pathway for Policy Coherence in Nigeria *Sustainability*, 15(3), 2392; <https://doi.org/10.3390/su15032392> ANC
- Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, el área denominada “Arrecifes de Cozumel”. (1996, 19 de julio). *Diario Oficial de la Federación*. <https://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/Arrecifescozumel.pdf>
- De Goër de Herve M. (2022) Fair strategies to tackle unfair risks? Justice considerations within flood risk management *International Journal of Disaster Risk Reduction Volume 69*, 102745 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102745>
- Department of the Environment, Heritage and Local Government. (2009). The planning system and flood risk management: Guidelines for planning authorities. *Office of Public Works*. <https://www.opr.ie/wp-content/uploads/2019/08/2009-Planning-System-Flood-Risk-Mgmt-1.pdf>
- Dharmarathne G., Waduge A.O., Bogahawaththa M., Rathnayake U. and Meddage D.P.P. (2024) Adapting cities to the surge: A comprehensive review of climate-induced urban flooding *Results in Engineering Volume 22, June 2024*, 102123 <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102123>
- Díaz O., Zavala J., Douillet P., Ruiz A., Fichez R., Grenz C. And Denis L. (2019) Changes in the flooding area due to storm emerges under climate change in an extensive wetland area in the southern Gulf of Mexico *Atmósfera* 33(2), 105-121 (2020) <https://doi.org/10.20937/ATM.52702>
- Díaz-Delgado, C., Esteller, M. V., Velasco-Chilpa, A., Martínez-Vilchis, J., Arriaga-Jordán, C. M., Vilchis-Francés, A., Manzano-Solís, L. R., Colín-Mercado, M., Miranda-Juárez, S., Uribe-

- Caballero, M. L. W., & Peña-Hinojosa, A. (2009). Guía de planeación estratégica participativa para la gestión integrada de recursos hídricos de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago: *Capítulo Estado de México*. Comisión Nacional del Agua. https://www.researchgate.net/publication/277405521_Guia_de_Planeacion_Estrategica_Participativa_para_la_Gestion_Integrada_de_Recursos_Hidricos_de_la_Cuenca_Lerma-Chapala-Santiago_Capitulo_Estado_de_Mexico
- Díez Bermejo, A., Hernández Aja, A., & Sanz Fernández, A. (2022). Resiliencia urbana: discurso e institucionalización de un concepto. *Ciudades*, 25, 1–18. <https://doi.org/10.24197/ciudades.25.2022.1-18>
- Dirección Municipal de Protección Civil en Cozumel (2025) Gobierno del estado de quintana roo secretaria de gobierno coordinación estatal de protección civil refugios y albergues zona urbana cozumel http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/699/2/images/COZUMEL_PC.pdf
- Doberstein B., Fitzgibbons J., Mitchell C. (2019) Protect, accommodate, retreat or avoid (PARA): Canadian community options for flood disaster risk reduction and flood resilience <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-018-3529-z>
- Dogru, T., Marchio, E. A., Bulut, U., & Suess, C. (2019). Climate change: Vulnerability and resilience of tourism and the entire economy. *Tourism Management*, 72, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.12.010>
- Doocy S., Daniels A., Murray S., and Kirsch T.D. (2013) The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review <https://doi.org/10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a>
- Dulawan J.M.T., Imamura Y., Amaguchi H., and Ohara M.(2024) Social Drivers of Flood Vulnerability: Understanding Household Perspectives and Persistence of Living in Flood Zones of Metro Manila, Philippines *Water* 2024, 16(6),799 <https://doi.org/10.3390/w16060799>
- Duphil, M., Lefèvre, J., Jullien, S., Roger, J., Dumas, P., Le Gendre, R., Aucan, J., Vendé-Leclerc, M., Bénébig, M., & Menkes, C. (2025). The role of barrier reef protection to storm surge during tropical cyclones in a narrow lagoon, New Caledonia, south west Pacific. *Continental Shelf Research*, 294, 105540. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2025.105540>

- Eldho T. I., Zope P. E., Kulkarni A.T. (2018) Chapter 12 - Urban Flood Management in Coastal Regions Using Numerical Simulation and Geographic Information System Integrating Disaster Science and Management Global Case Studies in Mitigation and Recovery Pages 205-219 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812056-9.00012-9>
- Elliott, R. M., Adkins, E. R., Culligan, P. J., & Palmer, M. I. (2018). Stormwater infiltration capacity of street tree pits: Quantifying the influence of different design and management strategies in New York City. *Ecological Engineering*, 111, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.003>
- Ellis K. Grondin N 2023 UNDRR hurricane forecast: Get ready for a busy Pacific storm season, quieter Atlantic than recent years thanks to El Niño <https://www.preventionweb.net/news/2023-hurricane-forecast-get-ready-busy-pacific-storm-season-quieter-atlantic-recent-years>
- Ermagun A., Smith V., & Janatabadi F. (2024) High urban flood risk and no shelter access disproportionately impacts vulnerable communities in the USA <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01165-x>
- European Environment Agency (2024) Urbanisation <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/urbanisation>
- Euro Press Turismo (2022) Meliá Hotels ha sido certificada como empresa socialmente responsable en México <https://www.europapress.es/turismo/hoteles/noticia-melia-hotels-sido-certificada-empresa-socialmente-responsable-mexico-20220606120330.html>
- Ervin, P. and Gayoso de Ervin, L. and Canavire Bacarreza, G.(2024) The Flood Exposure and Poverty Nexus in Small Island Developing States: An Examination of Inland Flooding in Grenada.
SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4693237> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4693237>
- Federal Emergency Management Agency. (2017). Protecting building utility systems from flood damage: Principles and practices for the design and construction of flood resistant building utility systems (FEMA P-348, 2nd ed.). *U.S. Department of Homeland Security*. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_p-348_protecting_building_utility_systems_from_flood_damage_2017.pdf
- Federal Emergency Management Agency. (2025). After a disaster, make your home resistant to flood, wind damage (Fact Sheet No. DR-4861-WV FS-016). *U.S. Department of Homeland*

- Security*. <https://www.fema.gov/fact-sheet/after-disaster-make-your-home-resistant-flood-wind-damage>
- Fatemi N Md., Seth Asare Okyere, Stephen Kofi Diko, Kita M, Shimoda M., Matsubara S. (2020) Physical Vulnerability and Local Responses to Flood Damage in Peri-Urban Areas of Dhaka, Bangladesh <https://doi.org/10.3390/su12103957>
- Flores A., Giordano L. and Ruggerioa C. (2020) A basin-level analysis of flood risk in urban and periurban areas: A case study in the metropolitan region of Buenos Aires, Argentina *Journal Heliyon* 6 e04517 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04517>
- Flores R.M. (2014) Coal and Coalbed Gas fueling the future <https://doi.org/10.1016/C2011-0-06861-8>
- FAO (1998) Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries. FAO Guidelines. Environment and Natural Resource Service: International Congress on Human Development Madrid <http://www.reduniversitaria.es/ficheros/Mila%20Freire%28i%29.pdf>
- FAO (2021) Grenada National Water and Sewerage Authority Act, 1984 (Cap. 208). <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC150820/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). Climate variability and change: Adaptation to drought in Bangladesh – A resource book and training guide. *FAO*. <https://www.fao.org/4/a1247e/a1247e02.pdf>
- Fontes de Meira L. and Phillips W. (2019) “An economic analysis of flooding in the Caribbean: the case of Jamaica and Trinidad and Tobago”, Studies and Perspectives series-ECLAC subregional headquarters for the Caribbean, No. 78 (LC/TS.2019/55-LC/CAR/TS.2019/1), Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. (2025). ACCIÓN: Comunidades sostenibles para la acción climática en la Península de Yucatán. FMCN. <https://www.fmcn.org/es/proyectos/accion>
- Frausto O. Ihl T. y López (2016) Atlas de Riesgos de la Isla de Cozumel, México <https://10.22403/UQROOMX/TYPNE2016/04>
- Frausto - Martinez O., Olivares O.C., Rodríguez– Castillo F. (2021) Karst in the City: Urban Space Planning of Cozumel City, Mexico *Tropical and Subtropical Agroecosystems* Vol 24, No 1 (2021) <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3588>

- Frausto-Martínez, O., Zapi-Salazar, N. A., & Colin-Olivares, O. (2018). Identification of karst forms using LiDAR technology: Cozumel Island, Mexico. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79196>
- Gao M., Zongmin Wang Z., and Yang H. (2022) Review of Urban Flood Resilience: Insights from Scientometric and Systematic Analysis <https://doi.org/10.3390/ijerph19148837>
- García Cousin K. (2013) Relación entre el poder político y el poder económico en la obra: El Príncipe de Nicolás Maquiavelo Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados. p. 185
- Genovese, E., & Thaler, T. (2020). The benefits of flood mitigation strategies: Effectiveness of integrated protection measures. *AIMS Geosciences*, 6(4), 459–472. <https://doi.org/10.3934/geosci.2020025>
- Geopolipedia (2023) Why Doesn't Mexico Have Large Coastal Cities Feb 9, 2023 <https://www.youtube.com/watch?v=dOy-v4EA3yo>
- GFDRR (2024) River Flood <https://www.thinkhazard.org/en/report/20811-mexico-quintana-roo-cozumel/FL>
- Giroto C., Piadeh F., Bkhtiari V., Behzadian K., Chen A, Campos L, Zolgharni M. (2024) A critical review of digital technology innovations for early warning of water-related disease outbreaks associated with climatic hazards *International Journal of Disaster Risk Reduction Volume 100, January 2024, 104151* <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104151>
- Global Water Partnership & World Meteorological Organization. (2008). The role of land-use planning in flood management: A tool for integrated flood management (APFM Technical Document No. 12). World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/idurl/4/37069>
- Gobierno del Estado de México. (2024). Coordinación General de Protección Civil y Gestión Integral del Riesgo. <https://cgproteccioncivil.edomex.gob.mx> Acerca de la Coordinación General de Protección Civil y Gestión Integral del Riesgo | Coordinación General de Protección Civil y Gestión Integral del Riesgo
- Gobierno de México. (2025, October 24). Gobierno de México: FONDEN era ineficiente, costoso, burocrático, opaco, corrupto y no garantizaba apoyo ante desastres naturales

<https://www.gob.mx/presidencia/prensa/gobierno-de-mexico-fonden-era-ineficiente-costoso-burocratico-opaco-corrupto-y-no-garantizaba-apoyo-ante-desastres-naturales>

Gobierno del Estado de Quintana Roo y CAPA (2011) Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo, Programa de desarrollo institucional de infraestructura hidráulica y sanitaria 2011-2016
https://archivo.transparencia.qroo.gob.mx/SIWQROO/Transparencia/Documentos/71_16836_1.pdf

Gobierno del Estado de Quintana Roo y CAPA (2024). Comisión de agua potable y alcantarillado del Estado de Quintana Roo. Coordinación de Planeación, Municipios atendidos por la CAPA ejercicio 2024 Programa Anual de Obras y Acciones
<https://www.capa.gob.mx/doctos/planeacion/Programa%20anual%20de%20obras%20y%20acc/2024/PROGRAMA%20ANUAL%20DE%20OBRAS%20Y%20ACCIONES%2024.pdf>

Gomez-Villeras, R.S.; Tejeda-Martinez, A.; Count Alvarez, BC; Kings Head, M.; Roses-Acevedo, J.L.; Rose Vargas, M.I.; Galan Castro, E.A. Potential Sea Level Rise Impacts in Acapulco Diamond, Mexico. *Climate* 2022, 10, 45. <https://doi.org/10.3390/cli10030045>

Government of Grenada (2022) Annual Debt Report 2022
https://www.finance.gd/docs/2023/2022_ANNUAL_DEBT_REPORT.pdf

Government of Grenada. (1946). Slum Clearance and Housing Act (Cap. 306). (Originally enacted 18 March 1946; amended by Act No. 36 of 1966; formerly Chapter No. 278 of 1958).
<https://grenadaparlament.gd/wp-content/uploads/2021/08/Cap306-SLUM-CLEARANCE-AND-HOUSING-ACT.pdf>

Government of Grenada. (1979). Beach Protection Act (Cap. 29). Act No. 67 of 1979, enacted 24 August 1979. <https://grenadaparlament.gd/wp-content/uploads/2021/08/Cap29-BEACH-PROTECTION-ACT.pdf>

Government of Grenada. (2016). Physical Planning and Development Control Act (Act No. 23 of 2016). <https://www.laws.gov.gd/index.php/acts/1351-2016>

Government of Grenada, Ministry of Finance. (2003). National physical development plan: Grenada, Carriacou, Petite Martinique [Mixed document]. Physical Planning Unit. St. Georges: Caribbean Network for Urban and Land Management.

- Government of Grenada. (2017). National Climate Change Adaptation Plan (NAP) for Grenada, Carriacou and Petite Martinique 2017–2021. Ministry of Climate Resilience, the Environment, Forestry, Fisheries, Disaster Management and Information. <https://caribbeanprotectedareasgateway.org/grenada-national-adaptation-plan-2017>
- Government of Grenada (2020) Compendium on Environmental Statistics. Central Statistical Office Ministry of Finance, Planning, Economic Development and Physical Development <https://stats.gov.gd/wp-content/uploads/2021/04/Compendium-2020-Final.pdf>
- Government of Grenada (2019) The Economic Effects of Climate Change in Grenada A brief from the Integrated Climate Change Adaptation (ICCAS) Programme Grenadian-German Pilot Programme <https://climateresilience.gov.gd/wp-content/uploads/2025/03/The-Economic-Effects-of-Climate-Change-in-Grenada.pdf>
- Government of Grenada (2024) About Grenada <https://www.gov.gd/grenada>
- Government of Grenada (2023) The Economy <https://www.gov.gd/economy>
- Government of Grenada (2025) Government Ministries <https://opm.gov.jm/your-government/government-ministries/>
- Gobierno de México (2018) Comisión Nacional del Agua. Historia de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/historia-de-la-comision-nacional-del-agua-conagua>
- Government of Mexico (2023a) Overview of the Mexican Economy <https://embamex.sre.gob.mx/filipinas/index.php/negocios-y-comercio/overviewmexicaneconomy#:~:text=It%20has%20a%20Gross%20Domestic,in%20the%20World%20Export%20Ranking.>
- Government of Mexico (2017) Recibe Isla Cozumel certificado del Programa MAB-UNESCO, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, <https://www.gob.mx/conanp/prensa/recibe-isla-cozumel-certificado-del-programa-mab-unesco>
- Gobierno de México (2017b) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *PROFEPA*, 25 años de poner la ley al servicio de la naturaleza. Retrieved from <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/profepa-25-anos-de-poner-la-ley-al-servicio-de-la-naturaleza>

- Gobierno de México (2024) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La titular de la SEMARNAT presenta a su equipo de trabajo. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/la-titular-de-la-semarnat-presenta-a-su-equipo-de-trabajo>
- Government of Quintana Roo. (2023). Plan Estatal de Desarrollo 2023–2027. Secretaría de Finanzas y Planeación. https://sefiplan.qroo.gob.mx/sistemas/imco/IIPE/subidos/1704731843_2_2024.pdf
- Grenada Central Statistical Office. (2021). Selected tourism indicators, 2000 to 2020. Government of Grenada. <https://stats.gov.gd/subjects/tourism-and-travel/selected-tourism-indicators-2000-to-2020/>
- Grenada Development Bank. (2025). GDB implements 2% loan financing for climate adaptation in buildings. <https://grenadadevelopmentbank.com/loan-financing-climate-adaptation.html>
- Grenada Ports Authority (2025). Cruise terminus. <https://www.grenadaports.com/index.php/port-services/cruise-terminus>
- Grenada Red Cross (2020) Who We Are Grenada Red Cross Society <https://grenadaredcross.gd/>
- Grenada Tourism Authority (2025) Getting Around <https://www.puregrenada.com/plan-your-trip/getting-around/>
- Grupo Modelo (2022) Conoce la Historia del Grupo Modelo México <https://www.grupomodelo.com/quienes-somos/nuestra-historia>
- Guajardo Soto G. (2023) ¿Qué es la infraestructura? Orígenes, giros y continuidades del concepto ARA (Santiago) no. 114 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962023000200004>
- Gudivada V.N., Rao D. L. and Gudivada A.R., (2018) Chapter 11 - Information Retrieval: Concepts, Models, and Systems, Handbook of Statistics, Elsevier, Volume 38, 2018, Pages 331-401, <https://doi.org/10.1016/bs.host.2018.07.009>.
- Grand Park Royal Cozumel (2025) Grand Park Royal Cozumel <https://www.parkroyalcozumel.com>
- GSWMA (2025) Grenada Solid Waste Management Authority <https://www.gswma.com/inside-gswma/about/>
- Griffith-Charles, C., & Alam, M. (2015,). Legislation and planning in Grenada. Caribbean Disaster Emergency Management Agency.

- <https://www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/country-data/countrydocs-gnd/grenada-legislation>
- Guarneri, M., & Ramalho, T. (2023). The role of urban planning in achieving sustainable development goals: Leaving no place and no agenda behind. BASE – Basel Agency for Sustainable Energy. <https://energy-base.org/news/the-role-of-urban-planning-in-achieving-sustainable-development-goals-leaving-no-place-and-no-agenda-behind/>
- Gurrea-Nozaleda, A., Hernando Cobeña, J. A., Aparicio Martín, M., Arrazola Herreros, J. F., & Magdaleno Payán, G. (2021). El camino a la adaptación frente al riesgo de inundación: La promoción de ayudas [The path to adaptation to flood risk: Proactive measures/]. Sub-directorate General for Water Conservation and Risk Management, Directorate General for Water, Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge. <https://consorsegurosdigital.com/almacen/pdf/the-path-to-adaptation-to-flood-risk-proactive-measures.pdf>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/c/multivariate-data-analysis-8e-hair/>
- Halecki, W., & Młyński, D. (2025). Urban flood dilemmas: How European cities' growth shapes flood risk and resilience strategies? *Journal of Environmental Management*, 374, 124161. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124161>
- Hall, J., Meadowcroft I., Sayers, P. & Bramley, M.(2003) Integrated Journal Flood Risk Management in England and Wales *Natural Hazards Review* Vol. 4 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2003\)4:3\(126\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(126))
- Hamadeh N., Van Rompaey C.& Metreau E.(2023) Clasificación de los países elaborada por el Grupo Banco Mundial según los niveles de ingreso para el año fiscal 24 (1 de julio de 2023- 30 de junio de 2024)
- Ha-Mim, N. M., Hossain, Z., Islam, T., & Rahaman, K. R. (2024). Evaluating resilience of coastal communities upon integrating PRISMA protocol, composite resilience index and analytical hierarchy process. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101, 104256. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104256>
- Hamlet, A. F., & Lettenmaier, D. P. (2007). Effects of 20th century warming and climate variability on flood risk in the western U.S. *Water Resources Research*, 43(6), W06427. <https://doi.org/10.1029/2006WR005099>

- Hart M. T. (2016) Urban Systems and Urbanization in World History
<https://doi.org/10.4324/9781315629377-10>
- Hejazi, M. I., & Markus, M. (2009). Impacts of urbanization and climate variability on floods in northeastern Illinois. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(6), 606–616.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000020](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000020)
- Heldsinger N., MacKinnon J., and Peddle S. (2018) A Community Guide to Flood Risk Communication, Promoting Personal Preparedness Book https://uwaterloo.ca/partners-for-action/sites/default/files/uploads/files/community_guide_to_flood_communication.pdf
- Henry, J. (2005). Tropical And Equatorial Climates. In: Oliver, J.E. (eds) *Encyclopedia of World Climatology*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht .
https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_212
- Hernandez-Flores G., Gutierrez-Aguirre M.A., Cervantes-Martinez A. and Ana Elizabeth Marin-Celestino A. E. (2021) Historical analysis of a karst aquifer: recharge, water extraction, and consumption dynamics on a tourist island (Cozumel, Mexico). *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* Volume 57 <https://doi.org/10.1051/limn/2021013>
- Hinojos S., McPhillips L., Stempel P., Caitlin Grady C. (2023) Social and environmental vulnerability to flooding: Investigating cross-scale hypotheses
<https://www.sciencedirect.com/journal/applied-geography>
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103017>
- Hotel Melia Cozumel (2025) Meliá Cozumel - All Inclusive
<https://www.melia.com/es/hoteles/mexico/cozumel/melia-cozumel>
- Houston D., Ball T., Werritty A., & R. Black A.R. (2021) Social Influences on Flood Preparedness and Mitigation Measures Adopted by People Living with Flood Risk *Water* 2021, 13(21), 2972; <https://doi.org/10.3390/w13212972>
- Hunter J (2019) Flood Management for the 21st Century Flooding in the North Natural Assets North: Flooding in The North, pp. 9-15 (7 pages)
<https://www.jstor.org/stable/resrep21890.5>
- Hussein K., Alkaabi K., Ghebreyesus D., Liaqat M. & Sharif H. (2020) Land use/land cover change along the Eastern Coast of the UAE and its impact on flooding risk, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11:1, 112-130, DOI: 10.1080/19475705.2019.1707718

- IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). Amenazas – inundación Gobierno de Colombia <https://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>
- IFRC (2023) Inundaciones <https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/ques-desastre/inundaciones>
- IFRC (2022) La IFRC y el WWF piden una acción global para proteger la naturaleza con el fin de salvar vidas y hacer frente a la crisis climática 01/06/2022 | Nota de prensa <https://www.ifrc.org/es/press-release/ifrc-y-el-wwf-piden-una-accion-global-para-proteger-naturaleza-con-el-fin-salva>
- Ika L., & Pinto, J. (2022). The “re-meaning” of project success: Updating and recalibrating for a modern project management. *International Journal of Project Management*, 40(10), 101437. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.08.001>
- Ijjasz-Vasquez, E. J., & Valenzuela, A. (2024) Educate to adapt: The interconnected paths of learning and climate. Global Center on Adaptation. <https://gca.org/educate-to-adapt-the-interconnected-paths-of-learning-and-climate>
- IMF (2016) small states’ resilience to natural disasters and climate change role for the IMF. IMF Policy Paper http://www.imf.org/external/pp/ppindex.aspx__110416.pdf
- INEGI. (2015). Conociendo México. Quinta edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825218591.pdf
- INEGI (2020a) Producto Interno Bruto per cápita https://cuentame.inegi.org.mx/explora/economia/pib_per_capita/
- INEGI (2020b) Censo de Población y Vivienda 2020 <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Quintanarroense de la Juventud. (2023). Plan Estatal de Desarrollo 2023–2027. Gobierno del Estado de Quintana Roo. <https://juventud.qroo.gob.mx/plan-estatal-de-desarrollo-2023-2027/#:~:text=El%20Plan%20Estatal%20de%20Desarrollo,el%20Desarrollo%20de%20Quintana%20Roo>

- International Code Council. (2021). Appendix G: Flood-resistant construction (2021 International Building Code). <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2021P2/appendix-g-flood-resistant-construction>
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2022). From grey to green infrastructure: What are the opportunities and challenges of using green and grey infrastructure to increase flood resilience? https://preparecenter.org/wp-content/uploads/2022/06/Flood-resilience_NbS_final.pdf
- IPCC (2021) Sixth Assessment Report Working Group 1: The Physical Science Basis <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-3/>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H. Lee & J. Romero (Eds.)]. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Ishiwatari M. (2019) Flood risk governance: Establishing collaborative mechanism for integrated approach *Journal Progress in Disaster Science* <http://dx.doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100014>
- Ishiwatari M.& Akhilesh Surjan A. (2019) Good enough today is not enough tomorrow: Challenges of increasing investments in disaster risk reduction and climate change adaptation <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100007>
- Itsukushima, R., Ohtsuki, K., & Sato, T. (2024). Significance of land use as a flood control measure: Unveiling the historical and contemporary strategies in the unique case of Kofu basin alluvial fan, Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104578. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104578>
- Jackson, P. (2007). From Stockholm to Kyoto: A brief history of climate change. *UN Chronicle*. <https://www.un.org/en/chronicle/article/stockholm-kyoto-brief-history-climate-change>
- Jafarzadeh, H., Mahdianpari, M., Gill, E. W., Brisco, B. y Mohammadimanesh, F. (2022). Herramientas de teledetección y aprendizaje automático para el monitoreo de humedales: un metaanálisis de tres décadas de investigación. *Remote Sensing*, 14(23), 6104. <https://doi.org/10.3390/rs14236104>

- Jáuregui E. (2003) Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362003000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Jayaraju N., Sreenivasulu G., and Madakka M. (2023) Coasts, Estuaries and lakes: implication for sustainable development p.26
- Jetten, V. (2016). Grenada national flood hazard map: Methodology and validation report (Draft version). Faculty of Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), University of Twente. <https://www.cdema.org/virtuallibrary/images/GREFloodReport.pdf>
- Jevrejeva S., Jackson L., Grinsted A., Lincke D. and B Marzeion B. Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5°C and 2°C Environ. Res. Lett. 13(2018) 074014
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacc76>
- Jiru, E. B., & Wari, B. N. (2019). Review: Role of Vetiver grass (*Vetiver zizanioides* L.) for soil and water conservation in Ethiopia. *International Journal of Agricultural Economics*, 4(3), 87–93. <https://doi.org/10.11648/j.ijae.20190403.11>
- Jones, L. Eliade, M. & Adams, C. (2005). Encyclopedia of Religion. United States: Macmillan Reference USA. <https://search.worldcat.org/title/56057973>
- Johnson Gardner, LLC. (2007, November). Evaluation of entitlement bonus and transfer programs: Portland's Central City – Report on findings. Prepared for the City of Portland Bureau of Planning.
- Joint SDG Fund (2025) Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.
<https://jointsdgfund.org/es/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities>
- Joo H., Choi W., Jeon C. (2024) Selection of representative indicators for flood risk assessment using marginal entropy and mutual information *Journal of Flood Risk Management Volume 17, Issue 2 e12976* <https://doi.org/10.1111/jfr3.12976>
- Just J., Costa D., Portugal P., 3ORCID and Vasques F. (2024) Flood-Resilient Smart Cities: A Data-Driven Risk Assessment Approach Based on Geographical Risks and Emergency Response Infrastructure *Smart Cities* 2024, 7(1), 662-679; <https://doi.org/10.3390/smartcities7010027>

- Justine, Y. E. D., & Seenath, A. (2025). Vegetative nature-based solutions for coastal flood risk management: Benefits, challenges, and uncertainties. *Ocean & Coastal Management*, 261, 107520. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107520>
- Kabala C. (2018) Rendzina (rędzina) – Soil of the Year 2018 in Poland. Introduction to origin, classification and land use of rendzinas *Soil Science Annual* 69(2):63-74 69(2):63-74 DOI:10.2478/ssa-2018-0007
- Kapucu, N., & Garayev, V. (2011). Collaborative decision-making in emergency and disaster management. *International Journal of Public Administration*, 34(6), 366–375. <https://doi.org/10.1080/01900692.2011.561477>
- Kawasakia A. & Shimomurab N 2024) Accelerated widening of economic disparity due to recurrent floods *International Journal of Disaster Risk Reduction* Volume 102, 104273 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104273>
- Keenleyside, K. A., Dudley, N., Cairns, S., Hall, C. M., & Stolton, S. (Eds.). (2014). *Restauración ecológica para áreas protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas*. UICN. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAG-018-Es.pdf>
- Khodadad M. Aguilar-Barajas I. and . Khan A. Z. (2023) Green Infrastructure for Urban Flood Resilience: A Review of Recent Literature on Bibliometrics, Methodologies, and Typologies *Water* 2023, 15(3), 523; <https://doi.org/10.3390/w15030523>
- Khadour, N., Fekete, A., & Sárospataki, M. (2023). The role of the master plan in city development: Latakia master plan in an international context. *Land*, 12(8), 1634. <https://doi.org/10.3390/land12081634>
- Kim M., and Fernandez R. (2023) What Makes Weak Ties Strong? *Annual Review of Sociology* Vol. 49:177-193 <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-030921-034152>
- Kirezci, E., Young, I.R., Ranasinghe, R. Muis S., Nicholls R. Lincke D. & Hinkel J. (2020). Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st Century. *Sci Rep* 10, 11629 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67736-6>
- Kristensen, P. (2004). The DPSIR framework. Paper presented at the Workshop on a Comprehensive/Detailed Assessment of the Vulnerability of Water Resources to Environmental Change in Africa Using River Basin Approach, UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya. European Environment Agency.

- Kryspin-Watson, J. (Lead). (2017, April). Land use planning for urban flood risk management (S. Dharmavaram, Z. Stanton-Geddes, & B. Chia, Eds.; Knowledge Note, Urban Floods Community of Practice). World Bank / GFDRR. <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/UFCOPKnowledgeNoteMay.pdf>
- Kuang, D., & Liao, K.-H. (2022). How does flood resistance affect learning from flood experiences? A study of two communities in Central China. *Climatic Change*, 173(1–2), 6. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03401-3>
- Kundzewicz, Z. W., Szwed, M., & Pińskwar, I. (2019). *Climate variability and floods—A global review*. *Water*, 11(7), 1399. <https://doi.org/10.3390/w11071399>
- Kundzewicz Z and Pińskwar I.(2022) Are Pluvial and Fluvial Floods on the Rise? <https://doi.org/10.3390/w14172612>
- Lallemant D.,Hamel P., Balbi M., Lim T. N. ,Schmitt R. and Win S.(2021) Nature-based solutions for flood risk reduction: A probabilistic modeling framework One Earth Volume 4, Issue 9, Pages 1310-1321 <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.010>
- Lamers A., Sunitha S., Sharma M., Berg R., Galvez J.M., Yu Z., Kriat T., Cardos S., Grant D., Moron L. A.(2023) Forecasting tropical cyclone rainfall and flooding hazards and impacts *Tropical Cyclone Research and Review Volume 12, Issue 2, June 2023, Pages 100-112* <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2023.06.005>
- Lancis (2023) Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad Universidad Autónoma del Estado de Mexico 18 de Noviembre 2023 at 3.00pm visita personal
- Lara-Pulido J. A., Mojica A., Bruner A, Guevara-Sanginés A., Simon C., Vásquez-Lavin F., González-Baca C., y Infanzón M.J. (2021) A Business Case for Marine Protected Areas: Economic Valuation of the Reef Attributes of Cozumel Island Sustainability 13, 4307. <https://doi.org/10.3390/su13084307>
- Lee S.,Paavola J. & Dessai S (2022) Towards a deeper understanding of barriers to national climate change adaptation policy: A systematic review <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100414>
- Lee S., Dodge J., and Chen G. (2022)The cost of social vulnerability: an integrative conceptual framework and model for assessing financial risks in natural disaster management Nat Hazards (Dordr). 2022; 114(1): 691–712. doi: 10.1007/s11069-022-05408-6

- Leiss, W., Wynne, B., & Lash, S. (1995). Risk society: Towards a new modernity [Review of the book Risk society: Towards a new modernity, by U. Beck]. *Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie*, 20(4), 551–555. <https://doi.org/10.2307/3341155>
- Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo. (2025). Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado 20 de agosto de 2025. <https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L190-XVIII-20250820-L1820250820136-ley-acciones.pdf>
- Ley Agraria. (1992). Diario Oficial de la Federación; última reforma 1 de abril de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAgra.pdf>
- Ley de Aguas Nacionales. (1992). Diario Oficial de la Federación; última reforma 08 de mayo de 2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf> diputados.gob.mx+1
- Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo. (2011, última reforma 22 de marzo de 2011) https://archivo.transparencia.qroo.gob.mx/SIWQROO/Transparencia/Documentos/72_13450_1.pdf
- Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. (2025, 20 de agosto). <https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L22-XVIII-20250820-L1820250820136-Ley-de-Equilibrio-Ecol%C3%B3gico.pdf>
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas del Estado de Quintana Roo. (2025). Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado 8 de mayo de 2025. <https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L31-XVIII-20250508-L1820250508118.pdf>
- Ley de Vivienda. (2006). Diario Oficial de la Federación; última reforma 14 de junio de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv.pdf>
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. (2013). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf>
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. (1972). Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Ley_Federal_sobre_Monumentos_y_Zonas_Arqueologicos_Artisticos_e_Historicos.pdf

- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (2016). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU.pdf>
- Ley General de Bienes Nacionales. (2004). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGBN.pdf>
- Ley General de Cambio Climático (LGCC). (2012). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. (2018). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (1988). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Ley de los Municipios del Estado de Quintana Roo. (2025). Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado 20 de marzo de 2025. <https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L38-XVIII-20250320-L1720250320108-Ley-de-los-Municipios-mod.pdf>
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo. (2025). Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado 25 de noviembre de 2025. <https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L33-XVIII-20251125-L1820251125154-Ley-organica-de-la-admon-publica.pdf>
- Li X., Fu D., Nielsen-Gammon J, Gangrade S., Kao S., Chang P., Hernández M., Voisin N., Zhang Z. and Gao H.(2023) Impacts of climate change on future hurricane induced rainfall and flooding in a coastal watershed: A case study on Hurricane Harvey. *Journal of Hydrology Volume 616 128774* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128774>
- Lira, A. (2020). Acusados de desviar 1.3 millones de pesos, vinculan a dos exfuncionarios de Cozumel. Quinta Fuerza. <https://quintafuerza.mx/quintana-roo/por-desviar-1-3-millones-de-pesos-vinculan-a-dos-funcionarios-de-cozumel>
- Lockhart, J. A. R., & Wiseman, A. J. (2023). Crop husbandry including grassland (10th ed.). Woodhead Publishing.
- López (2019) Evaluación del paisaje de la isla de Cozumel a través de indicadores eco-estético y las preferencias. Tesis de Doctorado. Universidad de Quintana Roo. México

- Lourenço J., Sellick T., Hasan A. & Pilesjö P. (2023) Flood risk assessment under population growth and urban land use change in Matola, Mozambique, *African Geographical Review*, 42:5, 539-559, DOI: 10.1080/19376812.2022.2076133
- Lundgren M. Strandh V. (2022) Navigating a double burden – Floods and social vulnerability in local communities in rural Mozambique *ScienceDirect Journal International Journal of Disaster Risk Reduction* <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103023>
- Maddaloni F. and Sabini L. (2022) Very important, yet very neglected: Where do local communities stand when examining social sustainability in major construction projects? *International Journal of Project Management Volume 40, Issue 7, Pages 778-797* <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.08.007>
- Manzoor Z., Ehsan M., Khan M., Manzoor A., Akhter M., Sohail M., Hussain A., Ahsan Shafi A., Abu-Alam T. and Abioui M. (2022) Floods and flood management and its socio-economic impact on Pakistan: A review of the empirical literature *Front. Environ. Sci., Sec. Environmental Economics and Management* <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1021862>
- Marín E. , Hernández V., Ojeda M., Romero E. and Ivanova A. (2021) Perceptions and Consequences of Socioenvironmental Vulnerability Due to Tropical Cyclones in Los Cabos, Mexico Elvia Aida Marín-Monroy, Victor Hernández-Trejo, Miguel Angel Ojeda-Ruiz de la Peña, Eleonora Romero-Vadillo and Antonina Ivanova-Boncheva *Sustainability* 2021, 13(12), 6787; <https://doi.org/10.3390/su13126787>
- McClymont, K., Beevers, L., Bedinger, M., & Walker, G. (2024). Creating transformational change in flood resilience strategies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 11(3), e1722. <https://doi.org/10.1002/wat2.1722>
- McElvain, B. (2023). Autorecovery and everyday disaster in Mexico City's peripheries. *Environment and Planning D: Society and Space*, 41(2), 261–278. <http://dx.doi.org/10.1177/02637758231161613>
- McGranahan *et al.* (2007), G., Balk, D. & Anderson, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environ. Urban.* 19, 17–37. https://doi.org/10.1177/0956247807076960?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26medium%3Darticle

- McGrath H. y Gohl P. (2022) Accessing the Impact of Meteorological Variables on Machine Learning Flood Susceptibility Mapping *Remote Sens.* 2022, 14(7), 1656; <https://doi.org/10.3390/rs14071656>
- Membele, G. M., Naidu, M., & Mutanga, O. (2022). Using local and indigenous knowledge in selecting indicators for mapping flood vulnerability in informal settlement contexts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71, 102836. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102836>
- Mendoza-González G., Luisa Martínez M., , Guevara R, Pérez-Maqueo O., Garza-Lagler M. C., y Howard A.(2018) Towards a Sustainable Sun, Sea, and Sand Tourism: The Value of Ocean View and Proximity to the Coast <https://doi.org/10.3390/su10041012>
- Mersal, A. (2016). Sustainable urban futures: Environmental planning and infrastructure management in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.005>
- México Previene (2020) CDMX en Riesgo Desastres naturales y resiliencia <https://ac.org/wp-content/uploads/2020/09/DesastresyResiliencia.pdf>
- Michael P. Byrne M. P., Pendergrass A. G. · Anita D. Rapp A. D., Wodzicki ·K.R. (2018) Response of the Intertropical Convergence Zone to Climate Change: Location, Width, and Strength *Current Climate Change Reports (2018)* 4:355–370 <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0110-5>
- Miller K. M. (2022)-Disentangling tourism impacts on small-scale fishing pressure Marine Policy Volume 137, March 2022, 104960 <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104960>
- Miranda F., Franco A. B., Rezende O.,B. F. da Costa B., Najjar M., Haddad A. N., and Míguez M.(2023) A GIS-Based Index of Physical Susceptibility to Flooding as a Tool for Flood Risk Management <https://doi.org/10.3390/land12071408>
- Mitrović, V. L., O’Mathúna, D. P., & Nola, I. A. (2019). Ethics and floods: A systematic review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 13(4), 817–828. <https://doi.org/10.1017/dmp.2018.154>
- MOID (2023) Ministry of Infrastructure Development, Public Utilities, Energy, Transport and Implementation (Grenada) <https://www.developmentaid.org/organizations/view/144110/ministry-of-infrastructure-development-public-utilities-energy-transport-and-implementation-grenada>

- Ministry of Environment MoE (2019) Ministry of Climate Resilience, The Environment & Renewable Energy <https://climateresilience.gov.gd/ministry/>
- Ministry of Finance, Grenada. (2025). Report on the use of CCRIF payout. Government of Grenada.
https://www.finance.gd/docs/2025/REPORT_ON_THE_USE_OF_CCRIF_PAYOUT.pdf
- Monckeberg, E., & Gómez, S. (2025). Exploring the potential of coastal cities to address climate change towards an inclusive, equitable and politically engaged orientation. *Anthropocene Coasts*, 8, 33. <https://doi.org/10.1007/s44218-025-00099-5>
- Morin, E. (1996). A new way of thinking. *The UNESCO Courier*, 49(9), 10–14. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109443>
- Munawar H., Hammad A. and Waller S. (2022) Remote Sensing Methods for Flood Prediction: A Review *Sensors* 2022, 22(3), 960; <https://doi.org/10.3390/s22030960>
- Nachtergaele F. O. (2017) World Reference Base for Soil Resources Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10496-8>
- National Disaster Management Agency (NaDMA) (2024) About – National Disaster Management Agency (NaDMA) <https://www.nadma.gd/about/>
- National Geographic (2023) The History of Cities <https://education.nationalgeographic.org/resource/history-cities/>
- National Plan Secretariat. (2019). National Sustainable Development Plan 2020-2035: Grenada [PDF]. *Ministry of Finance, Planning, Economic, and Physical Development*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/GRANADA-NSDP20202035.pdf>
- NAWASA (2025a). About. <https://nawasagrenadablog.wordpress.com/about/>
- NAWASA (2025b). History. <https://www.nawasa.gd/about-us/history>
- NAWASA (2025c). Nawasa's Five Year Strategic Plan. <https://www.nawasa.gd/about-us/nawasa-five-year-strategic-plan>
- New York City Planning Commission. (2021, May 12). Chapter 4 – Special regulations applying in flood zones. The City of New York. <https://zr.planning.nyc.gov/sites/default/files/article/62/chapters/Chapter%204.pdf>

- Nimako-Boateng, A., Ayeke, E., & Asempa, F. (2024). Designing resilient coastal cities: A case study of climate-compatible urban development in Keta, Ghana. *International Journal of Developing Country Studies*, 6(4), 15–34. <https://doi.org/10.47941/ijdc.2393>
- Njogu H. (2021) Effects of floods on infrastructure users in Kenya *Journal of flood risk management Wiley, Chatered institution of Water and Environmental Management* <https://doi.org/10.1111/jfr3.12746>
- Nobre, G. G., Jongman, B., Aerts, J., & Ward, P. J. (2017). The role of climate variability in extreme floods in Europe. *Environmental Research Letters*, 12(8), 084012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7c22>
- NOAA (2023a) National Oceanic and Atmosphere Administration <https://www.weather.gov/jetstream/tc> Climate change: a threat to human wellbeing and health of the planet. Taking action now can secure our future
- NOAA (2023b) National Severe Storms Laboratory Weather 101- Floods <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods>
- Now Grenada (2024) Latest population count by Central Statistical Office <https://nowgrenada.com/2024/08/central-statistical-office-publishes-latest-population-count-by-parish/>
- Now Grenada (2023a) Terrence Smith is Nawasa's Acting General Manager <https://nowgrenada.com/2023/11/terrence-smith-is-nawasas-acting-general-manager/>
- Now Grenada (2023b) Planning and Development Authority replaces Physical Planning Unit <https://nowgrenada.com/2023/05/planning-and-development-authority-replaces-physical-planning-unit/>
- Now Grenada (2019) TAMCC helps strengthen local resilience through capacity building <https://nowgrenada.com/2019/06/tamcc-helps-strengthen-local-resilience-through-capacity-building/>
- NOW Grenada. (2025). Planning and Development Authority launches training initiative. *NOW Grenada*. <https://nowgrenada.com/2025/11/planning-and-development-authority-launches-training-initiative/>
- Nugraheni I.L. and Suyatna A. (2020) Community Participation in Flood Disaster Mitigation Oriented on The Preparedness: A Literature Review *Journal of Physics: Conference Series*1467 012028 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012028>

- Nuissl, H., & Siedentop, S. (2021). Urbanisation and land use change. In T. Weith, T. Barkmann, N. Gaasch, S. Rogga, C. Strauß, & J. Zscheischler (Eds.), *Sustainable land management in a European context* (Human-Environment Interactions, Vol. 8, pp. 75–99). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_5
- OAS Statutory Instruments 1973 No. 2155 Grenada, The Grenada Constitution Order 1973 https://www.oas.org/dil/grenada_constitution_order_1973.pdf
- Obiero, J. P. O., & Onyando, J. O. (2013). Climate. *Developments in Earth Surface Processes*, 16, 39-50. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-59559-1.00005-0>
- OCHA (2025) Grenada Red Cross Society <https://reliefweb.int/organization/grenada-red-cross-society>
- OEA (1993) Manuel Sobre el Manejo de peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado Capítulo 8. Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/ch13.htm>
- OECD (2024) Infrastructure for a Climate-Resilient Future: Making infrastructure climate resilient in developing countries https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/04/infrastructure-for-a-climate-resilient-future_c6c0dc64/a74a45b0-en.pdf
- OECS Media Release (2023) Grenada Takes a Decisive Step Towards Waste Through Recycling <https://pressroom.oecs.int/grenada-takes-a-decisive-step-towards-waste-through-recycling>
- Oficina Central de Estadística de Granada (2021) Home Central Statistical Office (CSO) website of Grenada <https://stats.gov.gd/>
- Olcina Cantos J. (2023) Prevención de Riesgos: Cambio Climático, Sequías e Inundaciones Panel científico-técnico de seguimiento de la política del agua <https://fnca.eu/images/documentos/politica/informes/anexo.pdf>
- Olivier T. (2019) How Do Institutions Address Collective Action Problems? Bridging and Bonding in Institutional Design *Political Research Quarterly* 2019, Vol. 72(1) 162 –176 <https://doi.org/10.1177/1065912918784199>
- Olokeogun, O.S., Ayanlade, A. & Popoola, O.O. (2020). Assessment of riparian zone dynamics and its flood-related implications in Eleyele area of Ibadan, Nigeria. *Environ Syst Res* 9, 6 <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00167-4>

- Orden Jurídico Nacional (2016). Por el que se crea la Universidad del Caribe como un organismo descentralizado del poder ejecutivo del Estado de Quintana Roo, de interés público y social, con personalidad jurídica y patrimonio propios, sectorizado a la Secretaría de Educación y Cultura del Estado.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUINTANA%20ROO/Decretos/QROODEC16.pdf>DECRETO
- Ouma, S., Beltrame, D. C., Mitlin, D., & Chitekwe-Biti, B. (2024). Informal settlements: Domain report (ACRC Working Paper 2024-09). African Cities Research Consortium, The University of Manchester. https://www.african-cities.org/wp-content/uploads/2024/02/ACRC_Working-Paper-9_February-2024.pdf
- Owusu, E. K., Chan, A. P. C., & Wang, T. (2021). Tackling corruption in urban infrastructure procurement: Dynamic evaluation of the critical constructs and the anti-corruption measures. *Cities*, 119, Article 103379. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103379>
- OXFAM Mexico (2022) Conócenos https://oxfam_mexico.org/conocenos-2-2/
- Palafox-Muñoz A. and Rubí-González F. (2020) The Challenges of Cruise Tourism in Cozumel, Mexico <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.20118>
- Panigrahi M & Sharma A (2024) Flood Vulnerability Mapping and Resilience in Urban Setting: A Review of Conceptual Frameworks and Assessment Methods *Flood risk management pp 235–270* https://doi.org/10.1007/978-981-97-2688-2_11
- Pathak A., van Beynen P., Akiwumi F. and Lindeman K. (2021) Impacts of climate change on the tourism sector of a Small Island Developing State: A case study for the Bahamas *Journal of Environmental Development* 37 100556 <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100556>
- Paul B.K. (2020) Natural Hazards and Disasters (2 Volumes): From avalanches and climate change to water spouts and wildfires Volume 1: Natural Hazards and Aid Organizations <https://www.amazon.com/Natural-Hazards-Disasters-volumes-Avalanches-ebook/dp/B0CDG9Z7G7>
- Parli R., Fischer M. & Lieberherr E. (2021) Information exchange networks among actors for the implementation of SDGs *Environmental Sustainability* 3 100049 <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100049>

- Parliament of Grenada. (1984). Forest, Soil and Water Conservation Act (Cap. 116). <https://grenadaparlament.gd/wp-content/uploads/2021/08/Cap116-FOREST-SOIL-AND-WATER-CONSERVATION-ACT.pdf> Grenada Parliament+1
- Parliament of Grenada. (1946). Slum Clearance and Housing Act (Cap. 306). <https://grenadaparlament.gd/wp-content/uploads/2021/08/Cap306-SLUM-CLEARANCE-AND-HOUSING-ACT.pdf>
- Pelling, M. (2003). The vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience. London: Earthscan Publications. <https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/12383/1/136.pdf> 136.pdf
- Peters, E. J., & Smith, T. P. (2001). Impact of sea-level rise on Grenada's southwest peninsula. In Grenada Country Conference Pre-Prints (published ca. 2001). The University of the West Indies. <https://global.uwi.edu/sites/default/files/bnccde/grenada/conference/papers/Peters&Smith.htm> (UWI Global Campus, SSRN)
- Petrișor, A.-I., Hamma, W., Nguyen, H. D., Randazzo, G., Muzirafuti, A., Stan, M.-I., Tran, V. T., Aștefănoaiei, R., Bui, Q.-T., Vintilă, D.-F., Truong, Q. H., Lixăndroiu, C., Țenea, D.-D., Sîrodoev, I., & Ianoș, I. (2020). Degradation of coastlines under the pressure of urbanization and tourism: Evidence on the change of land systems from Europe, Asia, and Africa. *Land*, 9(8), 275. <https://doi.org/10.3390/land9080275>
- Physical Planning and Development Control Act No. 23 of 2016, Grenada Parliament, Physical Copy p 769
- PMD (2024) Cozumel Ayuntamiento 2024-2029 Plan Municipal de Desarrollo <https://cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2024/12/Plan-Municipal-de-Desarrollo-de-Cozumel-2024-2027.pdf>
- Posen P., Beraud C., Jones C., Tyllianakis E., Joseph-Witzig A. Aria St. Louis A. (2023) Vulnerability of Coastal Infrastructure and Communities to Extreme Storms and Rising Sea Levels: An Improved Model for Grenada and Its Dependencies *Land* 2023, 12 (7), 1418; <https://doi.org/10.3390/land12071418>
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cozumel, Quintana Roo. (2006). Última versión disponible. <https://cozumel.gob.mx/wp-content/themes/isla-cozumel-v2/files/desurb/PDUCP-COZUMEL.pdf>

- Pratomo R., Jetten V., and Alkema D. (2016) A comparison of flash flood response at two different watersheds in Grenada, Caribbean Islands *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 29 01200 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/29/1/012004>
- Protección Civil Cozumel. (2024). Plan municipal de contingencia por ciclones tropicales 2021–2024. H. Ayuntamiento de Cozumel. <https://cozumel.gob.mx/wp-content/uploads/2025/02/ART93-FR-P-2024.pdf>
- Rafinzar, R., Marpaung, Z. S., Khairunnisa, T., Adventy, M. I. Y., & Permatasari, I. (2025). Community participation and policy effectiveness in urban flood mitigation: Evidence from Palembang City, Indonesia. *Indonesian Governance Journal (Kajian Politik – Pemerintahan)*, 8(1). <https://doi.org/10.24905/igj.v8i1.147>
- Raikes J., Henstra D. & Thistkethwaite J. (2023) Public Attitudes Toward Policy Instruments for Flood Risk Management *Environmental Management* (2023) 72:1050–1060 <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01848-3>
- Rasmussen D. J., Kopp R. E., Shwom R. & Oppenheimer M. (2020) The Political Complexity of Coastal Flood Risk Reduction: Lessons for Climate Adaptation Public Works in the U.S. *Earth's Future*, 9, e2020EF001575. <https://doi.org/10.1029/2020EF001575>
- Real Value Supermarket IGA (2025) About Us <http://shop.realvalueiga.com/aboutuss#:~:text=To%20pursue%20aggressively%20sales%20in,the%20pride%20of%20Real%20Value.>
- Rebally, A., Valeo, C., He, J., & Saidi, S. (2021). Flood Impact Assessments on Transportation Networks: A Review of Methods and Associated Temporal and Spatial Scales. In *Frontiers in Sustainable Cities* (Vol. 3). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.732181>
- Reglamento del Sistema Municipal de Protección Civil del Municipio de Cozumel. (1998) <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUINTANA%20ROO/Municipios/Cozumel/COZReg3.pdf>
- Reimann L., Vafeidis A. and Honsek L. (2023) Population development as a driver of coastal risk: Current trends and future pathways *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, Volume 1, 2023, e14 <https://doi.org/10.1017/cft.2023.3>
- Relief web (2013) Cruz Roja Mexicana, Zurich y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja anuncian alianza estratégica para proteger comunidades

- con riesgo de inundación <https://reliefweb.int/report/mexico/cruz-roja-mexicana-zurich-y-la-federaci%C3%B3n-internacional-de-sociedades-de-la-cruz-roja>
- Rentschler J., Avner P., Su R., Stéphane Hallegatte S. (2022a) Rapid urban growth in flood zones: Global trends in exposure since 1985 <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06468-9>
- Rentschler, J., Salhab, M. & Jafino, B.A.(2022b) Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nat Commun* 13, 3527 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>
- Reyes-Gonzalez J. A., Agneessens F. & Esteve M (2023) Shaping influence in governance networks: The role of motivations and information exchange *PublicAdmin.*2024;102:601–625. <https://doi.org/10.1111/padm.12942>
- Reynoso H., Pathirage C. and Proverbios D (2024) Navigating Flood Resilience: Challenges, Solutions, and Lessons Learnt from the Dominican Republic *Water* 2024, 16, 382. <https://doi.org/10.3390/w16030382>
- Rigolot, C. (2020). Transdisciplinarity as a discipline and a way of being: Complementarities and creative tensions. *Humanities and Social Sciences Communications*, 7, Article 100. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-00598-5>
- Ritchie, H., Rosado, P., & Samborska, V. (2024). Climate Change. Our World in Data. Data adapted from the Copernicus Climate Change Service (ERA5). Retrieved from <https://archive.ourworldindata.org/20250909-093708/grapher/average-precipitation-per-year.html> (archived September 9, 2025).
- Rotary (2025) Protecting the Environment <https://www.rotart.org/en/our-cases/protecting-environment>
- Rözer V., Mehryar S., and Surminski S. (2022) From managing risk to increasing resilience: a review on the development of urban flood resilience, its assessment and the implications for decision making <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca8bc>
- Ruiz J. D, Euán J. I, and Rivera V. H. (2019) Vulnerability of Coastal Resort Cities to Mean Sea Level Rise in the Mexican Caribbean *Coastal Management* 2019, VOL. 47, NO. 1, 23–43 <https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1525260>
- Sakamoto A. Nishiya K., Guo X., Sugimoto A., Nagasaki W., and Doi K. (2022) Mitigating Impacts of Climate Change Induced Sea Level Rise by Infrastructure Development: Case of the Maldives “Mitigating Impacts of Climate Change Induced Sea Level Rise by

- Infrastructure Development: Case of the Maldives,” J. Disaster Res., Vol.17 No.3, pp. 327-334, 2022. <https://doi.org/10.20965/jdr.2022.p0327> Fuji Technology Press LTD.
- Sánchez L.M. Medina L.A. (2021) Gobernanza multinivel en la integración del consorcio de innovación y transferencia tecnológica de Aguascalientes para el sector automotriz
Multilevel governance in the integration of the automotive innovation and technology transfer consortia of Aguascalientes, Mexico
<https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79608>
- Sánchez R. (2021). Desarrollo Sostenible y Migración. Caso de estudio: El Programa de Trabajadores Agrícolas Temporales (PTAT) en la microrregión centro-sur de la región Atlacomulco, Estado de México, 2019-2020. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México
- Sánchez J. (2024) Cómo influye el hombre en el deterioro del medio ambiente *Ecología Verde*
<https://www.ecologiaverde.com/como-influye-el-hombre-en-el-deterioro-del-medio-ambiente-1521.html>
- Santos, A. M., & Coad, A. (2023). Monitoring and evaluation of transformative innovation policy: Suggestions for improvement. *Socio-Economic Planning Sciences*, 90, 101714.
<https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101714>
- Savić, D. (2025). Urban flood risk and resilience: How can we protect our cities from flooding? *Hydrology*, 12(4), 78. <https://doi.org/10.3390/hydrology12040078>
- Sanz A., & Díez B. (2020), “Resiliencia funcional como cambio de paradigma”, en Hernández Aja, Agustín; Sánchez-Toscano Gonzalo & Sanz Fernández Ana –eds.– Resiliencia funcional de las áreas urbanas. El caso del Área Urbana de Madrid, Madrid, Instituto Juan de Herrera, pp. 49-53.<http://oa.upm.es/63377/>
- Sanz L. (2003), “Análisis de redes sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes”, *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, núm. 7, pp. 21-29.
https://www.researchgate.net/publication/260184831_Analisis_de_redes_sociales_O_como_representar_las_estructuras_sociales_subyacentes
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2016). *Guía de resiliencia urbana*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/guia-de-resiliencia-urbana-2016>

- Secretaría de Gobernación. (2016). Fideicomiso Fondo de Desastres Naturales (Fonden). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/segob/documentos/fideicomiso-fondo-de-desastres-naturales-fonden>
- Secretaria de Relaciones Exteriores Mexico Embajada de Mexico en Filipinas (2023) Overview of the Mexican Economy <https://embamex.sre.gob.mx/filipinas/index.php/comunicados-2016/125-citas-consulares-mexitel>
- Secretaria de Relaciones Exteriores Embajada de México en Reino Unido (2023) The Economy https://embamex.sre.gob.mx/reinounido/images/stories/PDF/Meet_Mexico/12_meetmexico-theeconomy.pdf
- Secretaría de Turismo. (2023). Results of tourism activity: December 2023 [PDF]. Unidad de Información y Seguimiento. [https://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2023-12\(EN\).pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2023-12(EN).pdf)
- Seguros Monterrey New York Life (2025) Integridad y Cumplimiento <https://www.mnynl.com.mx/conocenos/normatividad/linea-de-integridad.aspx>
- SEMA (2025) Mensaje del Secretario de Ecología y Medio Ambiente <https://qroo.gob.mx/sema/acerca-de-nosotros/>
- SEMANART (2025) Medio Ambiente Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales <https://www.gob.mx/semarnat>
- Semeraro T., Scarano A., Buccolieri R., Santino A., and Aarrevaara E. (2021) Planning urban green spaces: an ecological perspective on human benefits <https://doi.org/10.3390/land10020105>
- Serra-Llobet A., Jähnig S.C., Geist J., Kondolf G. M. Damm C. Scholz M. Lund J. Opperman J.J. Yarnell S. M., Pawley A., Shader E., Cain J., Zingraff-Hamed A. Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management from California and Germany (2022) <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>
- SGU (2024a) St. George's University, An Accredited Caribbean Medical School <https://www.sgu.edu/>
- SGU (2024b) SGU Students Aid in Grenada's Relief Efforts Following Hurricane Beryl <https://www.sgu.edu/news-and-events/sgu-students-aid-in-grenadas-relief-efforts-following-hurricane-beryl/>

- Shah A., Ullah A., Mudimu G., Khan K., Xu C. (2023) Reconnoitering NGOs strategies to strengthen disaster risk communication (DRC) in Pakistan: A conventional content analysis approach *Heliyon* e17928 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17928>
- Sharma S. N. and Ayuba D. (2024) Nature Based Solutions to Prevent Urban Flooding SN - 978-93-92585-34-0 <https://doi.org/10.5281/zenodo.10651295>
- Sholihah Q., Kuncoro W., Wahyuni S., Puni Suwandi S. P., Feditasari E. D. (2020) The analysis of the causes of flood disasters and their impacts in the perspective of environmental law *Earth Environ. Sci.* 437 012056 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012056>
- Simpson, M. C., Mercer Clarke, C. S. L., Clarke, J. D., Scott, D., & Clarke, A. J. (2012). Coastal setbacks in Latin America and the Caribbean: A study of emerging issues and trends that inform guidelines for coastal planning and development (IDB Technical Note No. 476). *Inter-American Development Bank*. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Coastal-Setbacks-in-Latin-America-and-the-Caribbean-A-Study-of-Emerging-Issues-and-Trends-that-Inform-Guidelines-for-Coastal-Planning-and-Development.pdf>
- Singh P., Amekudzi A., Woodall B., Joshi S. (2021) Lessons from case studies of flood resilience: Institutions and built systems <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100297> p 2
- Sipahi, M., Sipahi, S., & Tutkun, M. (2025). Research trends on resilient coastal cities. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2555543>
- Slany A. (2020) Multiple disasters and debt sustainability in Small Island Developing States United Nations Conference on Trade and Development UNCTAD Research Paper No. 55 UNCTAD/SER.RP/2020/14 https://unctad.org/system/files/official-document/ser-rp-2020d14_en.pdf
- Smith, R. (2025). Stronger than the storm: How the Caribbean is rebuilding with nature after hurricanes like Beryl. *Caribbean Biodiversity Fund*. <https://caribbeanbiodiversityfund.org/news/stronger-than-the-storm-how-the-caribbean-is-rebuilding-with-nature-after-hurricanes-like-beryl/>
- Sohn W., Kim J.H., Li M.H., Robert D. Brown R. D., Jaber F.H. (2020) How does increasing impervious surfaces affect urban flooding in response to climate variability? *Ecological Indicators Volume 118*, 106774 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106774>

- Song, Y., Medda, F., & Wang, M. (2024). The value of resilience bond in financing flood resilient infrastructures: A case study of Towyn. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 14(4), 889–912. <https://doi.org/10.1080/20430795.2024.2366200>
- Spice Island Beach Resort (2025) Stay up to date on all Spice Island Beach Resort news and highlights here—including our most recent awards, dream-worthy features and more. <https://www.spiceislandbeachresort.com/press>
- Srivastava, A. K., & Sahay, A. (2023). From safety against floods to safety at floods: Theory of urban resilience to flood adaptation and synergy with mitigation. *Anthropocene Science*, 2(3), 190–196. <https://doi.org/10.1007/s44177-023-00064-2>
- Srivastava, S., & Roy, T. (2023). Integrated food risk assessment of properties and associated population at county scale for Nebraska, USA. *Scientific Reports*, 13, Article 45827. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45827-4>
- Steven, A., Addo, K. A., Llewellyn, G., & Ca, V. T. (2025). Coastal development: Resilience, restoration and infrastructure requirements. <https://oceanpanel.org/wp-content/uploads/2022/05/Coastal-Development-Full-Paper-Final.pdf>
- Stone, R. J. (2014, June). *Climate change and climate variability: Same difference?* [Conference paper]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/271701048_Climate_Change_and_Climate_Variability_Same_Difference/link/54cf71a70cf298d656637083/download
- Suphattanakul, O. (2018). Public Participation in Decision-making Processes: the Concepts and Tools. *Journal of Business and Social Review in Emerging Economies*, 4(2) 221-230 <https://doi.org/10.26710/jbsee.v4i2.21>
- Svetlana D., Radovana D., Ján D. (2015) The Economic impact of floods and their importance in different Regions of the World with Emphasis on Europe *Procedia Economics and Finance* 34 (2015) 649 – 655 [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01681-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01681-0)
- Tablado M. R. (2021) Grand luxury lodging in the Mexican Caribbean https://issuu.com/brochures2020/docs/book_bbr_nov2021_english/s/14004530
- TAMCC (2025a) Home - T.A. Marryshow Community College About_ <https://www.tamcc.edu/gd/>

- TAMCC (2025b) TAMCC Announces Launch of 20 Smart Classrooms through NTRC Project Funding <https://www.tamcc.edu.gd/2025/01/21/tamcc-announces-launch-of-20-smart-classrooms-through-ntrc-project-funding/>
- Tanaka, S., Hirabayashi, Y., & Takahashi, K. (2020). Comparison of fluvial and pluvial flood risk curves in urban cities derived from a large ensemble climate simulation dataset: A case study in Nagoya, Japan. *Journal of Hydrology*, 589, 124706 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124706>
- Tariq M. A. U. R., Farooq R., and Van de Giesen N. (2020) A Critical Review of Flood Risk Management and the Selection of Suitable Measures <https://doi.org/10.3390/app10238752>
- Tascón-González, L., Ferrer-Julíà, M., Ruiz, M., & García-Meléndez, E. (2020). Social vulnerability assessment for flood risk analysis. *Water*, 12(2), 558. <https://doi.org/10.3390/w12020558>
- Taylor, L. O. (2021, January 27). Stormwater drainage challenges for Grand Anse Beach. NOW Grenada. <https://nowgrenada.com/2021/01/stormwater-drainage-challenges-for-grand-anse-beach/>
- Thelen T., Anarde K., Dietrich J.C., Hino M. (2024) Wind and rain compound with tides to cause frequent and unexpected coastal floods *Water research Volume 266*, 15 November 2024, 122339 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122339>
- The Grenada Constitution. (1973). Government of Grenada. <https://www.gov.gd/government/the-constitution>
- Toledo V. M (2019) La política ambiental debe ser por la vida. El reconocido científico fue presentado en Palacio Nacional como nuevo titular de la Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/la-politica-ambiental-debe-ser-por-la-vida-victor-manuel-toledo-manzur>
- Toledo, I., Laino, E., Iglesias, G., Palazón, A., & Aragonés, L. (2025). Local authorities or national frameworks? A global review on coastal protection policies. *Environmental Development*, 53, 101119. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101119>
- Török, I. (2018). Social vulnerability assessment to flood hazards in Romania using principal component analysis. *Sustainability*, 10(11), 3780. <https://doi.org/10.3390/su10103780>
- Traversetti, L., Del Grosso, F., Malafoglia, V., Colasanti, M., Ceschin, S., Larsen, S., & Scalici, M. (2017). The Hydra regeneration assay reveals ecological risks in running waters: A new

- proposal to detect environmental teratogenic threats. *Ecotoxicology*, 26(3), 309–317.
<https://doi.org/10.1007/s10646-016-1753-4>
- Trinidad-da Silva A. A. (2021) Gestion de riesgos socio-naturales en el Chaco Central praguayo
 Tesis de doctorado p. 33
https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2021/hdl_10803_674428/aatds1de1.pdf
- Tromp E., Nijenhuis A., Knoeff H. (2022) The Dutch Flood Protection Programme: Taking Innovations to the Next Level. *Water* 2022, 14(9), 1460;
<https://doi.org/10.3390/w14091460>
- Truong, P. (1999) Vetiver grass technology for flood and stream bank erosion control. Paper presented at the Bioengineering Technology for Erosion and Sediment Control, Nanchang, China. Queensland Department of Natural Resources.
https://www.vetiver.org/AUS_FLD.htm
- United Nations. (2016b). Nueva Agenda Urbana. ONU-Hábitat. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>
- United Nations. (2016a). The Paris Agreement. United Nations.
<https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>
- United Nations (2017) The Ocean Conference United Nations New York, 5-9 June 2017 Factsheet: People and Oceans
https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Ocean_Factsheet_People.pdf
- United Nations (2021) Climate and weather related disasters surge five-fold over 50 years, but early warnings save lives - WMO report <https://news.un.org/en/story/2021/09/1098662>
- United Nations (2023) What is Climate Change <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>
- United Nations. (2025a.). Cities – Sustainable Development Goal 11. United Nations.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>
- United Nations (2025b) Goal 13: Climate Change.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change/> (un.org)
- UNDP (2025) Water for Resilience, Strengthening Resilient Water Resource Management in the Eastern Caribbean <https://www.undp.org/barbados/projects/water-resilience>
- United Nations Development Programme. (2018) Vetiver to the rescue. UNDP Trinidad and Tobago. <https://www.undp.org/trinidad-and-tobago/press-releases/vetiver-rescue>

- UNEP (2016) Physical Planning and Development Control (No. 23 of 2016). Law and Environment Assistance Platform <https://faolex.fao.org/docs/pdf/grn206491.pdf>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). Article 1: Definitions. United Nations. <https://unfccc.int/resource/ccsites/zimbab/conven/text/art01.htm>
- UNEVOC, UNESCO (2025) T.A. Marryshow Community College UNEVOC Network Directory
- United Nations Human Settlements Programme (2024). Our City Plans Centroamérica Metodología. <https://centroamerica.ourcityplans.org/metodologia>
- UN Atlas of the Oceans (2023) UN Atlas of the Oceans: Facts <https://www.oceanatlas.org/facts/en/>
- United Nations Statistics Division. (2019). GSWMA national experience in waste statistics. United Nations. GSWMA Grenada Solid Waste Management Authority national experience on waste statistics grenada solid waste management authority <https://unstats.un.org/unsd/envstats/meetings/2019-Grenada/documents/Session%204.5.1%20GSWMA%20National%20experience%20in%20waste%20statistics.pdf>
- UNESCO (2016) The Role of Archaeoastronomy in the Maya World: the Case Study of the Island of Cozumel, astronomy and power: the case of the Island of Cozumel Šprajc, I. *Sitios arqueológicos en la Isla de Cozumel: el papel de la astronomía en la planeación arquitectónica y urbana* (pp. 57–83). (ISBN 978-92-3-300039-1). UNESCO. https://www.SprajcCozumel_UNESCO.pdf
- UNESCO IHE (2023) Flood Vulnerability Indices (FVI) Vulnerability <http://www.unesco-ihfvi.org/#:~:text=A%20practice%20in%20defining%20vulnerability,%2C%20recover%2C%20or%20basically%20adapt.>
- UNDESA (2018) World population projected live urban areas 2050 <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>
- UNFCCC (2020) Policy Brief: Technologies for Averting, Minimizing and Addressing Loss and Damage in Coastal Zones <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/loss-and-damage-ld/policy-brief-technologies-for-averting-minimizing-and-addressing-loss-and-damage-in-coastal-zones>

- UNCC (2024) ¿Qué significa adaptación al cambio climático y resiliencia climática?
<https://unfccc.int/es/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/que-significa-adaptacion-al-cambio-climatico-y-resiliencia-al-clima>
- UNDESA (2023) Population growth, environmental degradation and climate change
<https://www.un.org/en/desa/population-growth-environmental-degradation-and-climate-change>
- UNDESA (2018) 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN
<https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>
un retrieved 19/06/2023
- UNDRR (2004) What does Vulnerability mean? <https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-eng/Pagina8ing.pdf>
- UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Naciones Unidas.
https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). How to make cities more resilient: A handbook for local government leaders. Geneva: UNISDR.
https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/Handbook%20for%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D_English_ed.pdf
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2017b). The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. "Critical infrastructure". Accessed 18 November 2025. <https://www.undrr.org/terminology/critical-infrastructure>.
- UNESCO IHE (2023) Flood Vulnerability Indices (FVI) Vulnerability <http://www.unesco-ihfvi.org/#:~:text=A%20practice%20in%20defining%20vulnerability,%2C%20recover%2C%20or%20basically%20adapt.>
- Universidad Autónoma del Quintana Roo (2025) Misión y Visión universitaria 2025-2028
<https://www.uqroo.mx/mision-y-vision-uqroo/>
- Universidad Autónoma del Quintana Roo Campus Cozumel (2025)
<https://www.uqroo.mx/folletos/2024/FOLLETO-COZUMEL.pdf> FOLLETO-COZUMEL.pdf
- Universidad del Caribe (2025) La Lic. Marisol Vanegas Pérez asume la Rectoría de la Universidad del Caribe <https://www.unicaribe.mx/noticias/la-lic-marisol-vanegas-perez-asume-la->

- rectoria-de-la-universidad-del-caribe#:~:text=Canc%C3%BAAn%2C%20Q.,a%20la%20ex%20rectora%2C%20Dra.
- Universidades de México (2025) Universidad del Caribe UNICARIBE - Universidad del Caribe <https://universidadesdemexico.mx/universidades/universidad-del-caribe>
- Universidad Tecnológica de la Riviera Maya (UTRM) (2025) Nosotros Universidad Tecnológica Riviera Maya <https://utrivieramaya.edu.mx/nosotros/>
- UNODC (2014) Guía Metodología para el Seguimiento y Evaluación de políticas, planes y proyectos públicos, Hacia una Gestión Pública Orientada a Resultados, Grupo Asesor para la Política Pública de Drogas <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Cartilla%20Guia%20para%20Seguimiento%20y%20Evaluaci%C3%B3n%20Ago%2013.pdf>
- UNWTO (2008) Climate Change and Tourism Responding to Global Challenges <https://www.onecaribbean.org/content/files/DavosReportOverviewDanScott.pdf>
- Utenbert C. (2018) How Flood Damages to Public Infrastructure Affect Municipal Budget Indicators *EconDisCliCha (2018) 2:5–20* <https://doi.org/10.1007/s41885-017-0015-0>
- Varillas A. (2020) Universidad del Caribe en Cancún ingresa al ranking mundial por incidencia en el cumplimiento de la Agenda 2030 de la ONU en Desarrollo Sostenible <https://estamosaqui.mx/2020/05/01/universidad-del-caribe-en-cancun-ingresa-a-ranking-mundial-por-incidencia-en-el-cumplimiento-de-la-agenda-2030-de-la-onu-en-desarrollo-sostenible/>
- Virgin Islands Code Annotated. (2024). Title 29: Public Planning and Development, Chapter 5: Building Code, Subchapter I: Title and General Provisions (§§ 291–293). *35th Legislature, Act 8813* (2023 session). https://dlca.vi.gov/pdf/29_VIC_Chap_5.pdf
- Venancio (2016) Planificación y gestión del desarrollo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Un análisis desde la gobernanza, 2005.2012. SN - 978-607-8087-31-0
- Veron S., Mouchet M., Govaerts R., Haevermans T. and Pellens R.(2019) Vulnerability to climate change of islands worldwide and its impact on the tree of life *Scientific Reports* volume 9, 14471 (2019) <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51107-x>
- Vollmer, D., Burkhard, K., Adem Esmail, B., & Luederitz, C. (2022). Incorporating ecosystem services into water resources management—Tools, policies, and promising pathways.

- Environmental Management, 69(4), 627–635. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01640-9>
- Wang, B. (2018, October 30–November 1). Flood immunity for a road or bridge: What benefits it can bring to road users, road authority and broad community? Australasian Transport Research Forum 2018 Proceedings, Darwin, Australia. NSW Roads and Maritime Services. <http://www.atrf.info>, ATRF2018_Abridged_Paper_68.pdf
- Wang, D., Gao, X., Wu, S., Zhao, M., Zheng, X., Wang, Z., Zhang, Y., & Fan, C. (2024). A comprehensive review on ecological buffer zone for pollutants removal. *Water*, 16(15), 2172. <https://doi.org/10.3390/w16152172>
- Wang L., Chenb X., Shaod Q., Li Y. (2015) Flood indicators and their clustering features in Wujiang River, South China Ecological Engineering Volume 76, March 2015, Pages 66-74 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.018>
- Wang S., Zhang M., Huang X., Hu T., Sun Q. C., Corcoran J.1 y Liu Y (2022) Urban–rural disparity of social vulnerability to natural hazards in Australia <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17878-6>
- Weather Atlas. (2025). Cozumel, Mexico — Climate. Weather-Atlas. <https://www.weather-atlas.com/en/mexico/cozumel-climate>
- Weather Atlas. (2025). Saint George’s, Grenada — Climate. Weather-Atlas. <https://www.weather-atlas.com/en/grenada/saint-georges-climate>
- WHO (2023a) Climate change <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- WHO (2023b) Floods https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab_1
- Wilkinson L. (2021) Cozumel Red Cross Cruz Roja Volunteer Cruz Roja Cozumel Red Cross Seeks To Restart Volunteer Group <https://www.cozumel4you.com/cozumel-red-cross-cruz-roja-volunteer/>
- Williams, A., & Dupuy, K. (2016). Deciding over nature: Corruption and environmental impact assessments (U4 Issue 2016:5). Chr. Michelsen Institute (CMI) & U4 Anti-Corruption Resource Centre. <https://www.u4.no/publications/deciding-over-nature-corruption-and-environmental-impact-assessments>

- Williams, A., & Dupuy, K. (2017). Deciding over nature: Corruption and environmental impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 65, 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.05.002>
- World Bank. (2020). World Bank approves US\$20 million for Grenada to reduce disaster risks and build resilience. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/01/21/world-bank-approves-us20-million-for-grenada-to-reduce-disaster-risks-and-build-resilience>
- World Bank. (2021). World development report 2021: Data for better lives. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1600-0>
- World Bank (2022a) Resilience Improvement Project (P175720) Grenada Resilience Improvement Project <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/920841614049192440>
- World Bank (2022b) Grenada secures \$15 million to improve the resilience of the country's infrastructure <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2022/05/23/grenada-secures-15-million-to-improve-the-resilience-of-the-country-s-infrastructure>
- World Bank. (2022c). The World Bank approves \$25 million for Grenada First Recovery and Resilience Programmatic Development Policy [Press release]. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2022/05/25/the-world-bank-approves-25-million-for-grenada-first-recovery-and-resilience-programmatic-development-policy>
- World Bank (2023a) Mexico Overview: Development news, research, data <https://www.worldbank.org/en/country/mexico/overview>
- World Bank (2023b) Grenada <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099800210152437431/pdf/IDU1631130ff15d621405e1b77c1fdd2ae89c054.pdf>
- World Bank (2023c) The World Bank Grenada Second Recovery and Resilience Programmatic DPC (P178930) <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099083601312328988>
- World Bank (2023d) GDP per capita (current US\$-Grenada <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=GD>

- World Meteorological Organization. (2025) WMO climatological normals. <https://community.wmo.int/en/activity-areas/climate-services/climate-products-and-initiatives/wmo-climatological-normals>
- World Resources Institute. (2025). Grenada country dashboard. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/GRD/>
- World Resources Institute. (2025). Mexico country dashboard. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MEX/>
- World Vision México | Todos los Derechos Reservados (2021) Bahía de Todos los Santos 162 Col. Verónica Anzures, C.P. 11300, CDMX, México Nosotros <https://www.worldvisionmexico.org.mx/quienes-somos>
- Wisner B. Vulnerability as concept, model, metric and tool <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.25>
- WU G. (2022) China's Common Prosperity Program: Causes, Challenges, and Implications, A Report of the Asia Society Policy Institute https://asiasociety.org/sites/default/files/2022-03/ASPI_ChinaCommonProsp_report_fin.pdf
- Wu, Y., Zhang, G., Rousseau, A. N., Xu, Y. J., & Foulon, É. (2020). On how wetlands can provide flood resilience in a large river basin: A case study in Nenjiang River Basin, China. *Journal of Hydrology*, 587, 125012. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125012>
- Yao, S., Li, Y., Quan, X., & Xu, J. (2024). Applying the driver-pressure-state-impact-response model to ecological restoration: A case study of comprehensive zoning and benefit assessment in Zhejiang Province, China. *Global Ecology and Conservation*, 55, e03222. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03222>
- Yi, L., Zhang, X., Ge, L., & Zhao, D. (2014). Analysis of social vulnerability to hazards in China. *Environmental Earth Sciences*, 71(7), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2689-0>
- Yilmaz M. Terzi F. (2021) Measuring the patterns of urban spatial growth of coastal cities in developing countries by geospatial metrics <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105487>
- Yin D., Xu C., Jia H., Yang Y., Sun C, Wang Q., and Liu S. (2022) Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration, Urban Runoff Control and Sponge City Construction *Water* 2022, 14(10), 1531; <https://doi.org/10.3390/w14101531>

- Yin J., Yu D., Yin Z, Liu M., He Q. (2016) Evaluating the impact and risk of pluvial flash flood on intra-urban road network: A case study in the city center of Shanghai, China <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.037>
- Zamboni, N. S., Prudêncio, M. da C., Amaro, V. E., Alves de Matos, M. de F., Verutes, G. M., & Carvalho, A. R. (2022). The protective role of mangroves in safeguarding coastal populations through hazard risk reduction: A case study in northeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 229, 106353. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106353>
- Zhao, H., Gu, T., Tang, J., Gong, Z., & Zhao, P. (2023). Urban flood risk differentiation under land use scenario simulation. *iScience*, 26(4), 106479. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106479>
- Zhu S., Feng H. & Shao Q. (2023a) Evaluating Urban Flood Resilience within the Social-Economic-Natural Complex Ecosystem: A Case Study of Cities in the Yangtze River Delta <https://doi.org/10.3390/land12061200>
- Zhu S., Li D., Feng H. Zhang N. (2023b) The influencing factors and mechanisms for urban flood resilience in China: From the perspective of social-economic-natural complex ecosystem <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109959>
- Zhu S., Li D., Huang G., Chhipi-Shrestha G., Nahiduzzaman K. M., Hewage K., Sadiq R. (2021) Enhancing urban flood resilience: A holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China doi: 10.3390/ijerph19148837
- Zięba Z., Dąbrowska J., Marszałko M., Pinto J., Mrówczyńska M., Leśniak A., Petrovsky A., Kazak J. K, (2020) Built Environment Challenges Due to Climate Change doi:10.1088/1755-1315/609/1/012061
- Zimmerman J. D. (2005) A Short History of Fort George, St. George's, Grenada <https://web.archive.org/web/20141022114709/http://www.forts.org/history.h>
- Ziniga L. M.(2018) Urban resilience to flooding due to heavy rains in contribution to balanced urban development *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXIX, núm. 1, pp. 39-50 Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3768/376858935004/376858935004.pdf>
- Zurich Climate Resilience Alliance. (2025). How can land use planning reduce flood risk? <https://zcralliance.org/how-can-land-use-planning-reduce-flood-risk/>

Anexos

Instrumentos de investigación

Guía de entrevista dirigida a funcionarios públicos



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Doctorado en Urbanismo**



Guía de entrevista dirigida a funcionarios públicos San Miguel de Cozumel, México y St. George, Granada

Objetivo: recopilar información sobre las experiencias de su institución, respecto a la planificación y gestión ante inundaciones asociadas al cambio climático, con la finalidad de analizar las dimensiones de la vulnerabilidad social, gobernanza y resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada.

Nota: Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente con fines académicos.

Datos de identificación:

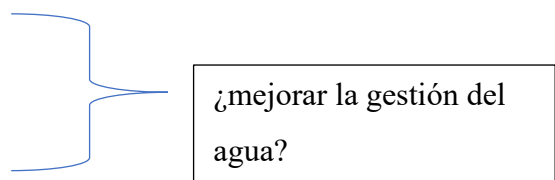
Nombre(opcional): _____
Institución/Dependencia: _____
Cargo: _____
Nivel de estudios: _____
Fecha de entrevista: _____

Criterio de análisis: vulnerabilidad

Territorial

- ¿Podría por favor indicarme que entiende por vulnerabilidad?
- ¿Cuáles son los factores que propician el asentamiento irregular de la población?
- ¿Considera que el cambio en el uso de suelo incide en el incremento de la vulnerabilidad?
- ¿Qué medidas se toman para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles?

Ambiental

- ¿Hay algún proyecto en curso o planificado para restaurar o rehabilitar:
 - ANP,
 - bosques,
 - selvas,
 - coral manglares,
 - llanuras de inundación naturales,

¿mejorar la gestión del agua?
- ¿Están efectivos las medidas que están implementando?

Social

- ¿Qué tipo de personas habitan o viven en las zonas inundables?
- ¿Cuáles son los proyectos para la mejora de calidad de vivienda y habitabilidad en las zonas inundables?
- ¿Se toma en cuenta la opinión de los habitantes de la isla cuando se planea una intervención, proyecto o cambio en el espacio público?
- ¿Por favor mencione algunos problemas que enfrenta la población con discapacidades y limitaciones de caminar, subir y bajar durante un evento de inundación? ¿Conoce si existe algún programa para atender esta situación ante las inundaciones? ¿Qué tanto efectivo es?

Político

- ¿Cuáles son las estrategias que han implementado para el cumplimiento de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en materia de ciudades, bienestar social, patrimonio y medio ambiente?
- ¿Cuáles son las estrategias respecto a las inundaciones, consideradas en el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2024 (Cozumel) NSDP 2020-2035 (Granada)
- ¿Cuáles son las estrategias que refleja el Plan Municipal de Desarrollo de esta administración ante inundaciones? (Cozumel)
- ¿Cuáles son los proyectos que se pretende llevar a cabo su Institución/Dependencia en la ciudad, respecto a sustentabilidad, movilidad, contaminación atmosférica, tratamiento de residuos sólidos e inundaciones?
- ¿Qué tipo de proyectos se llevaban a cabo anteriormente? Por favor señale algunos proyectos a los que se le dé continuidad a pesar de los cambios administrativos
- ¿Cuál es el principal problema que se buscaba resolver, en cuestión de inundación?

Económico

- ¿Qué impactos positivos genera la actividad turística, en lo físico, social, económico, y ambiental en la isla?
- ¿Qué impactos negativos genera la actividad turística, en lo físico, social, económico, y ambiental en la isla?

Infraestructura

- Podría por favor enlistar los proyectos de sustentabilidad en la isla por parte del gobierno.
- ¿Conoce si alguna empresa privada, universidades u otros actores sociales realizan actualmente proyectos de sustentabilidad en la isla? Podría por favor indicarme cuales son
- ¿Considera usted que haría algún cambio significativo, en lo físico costal de la isla, y porque?
- ¿Qué propone para mejorar las condiciones de inundaciones de la isla?
- ¿Cada cuánto revisan la funcionalidad del sistema de drenaje?

Criterio de análisis: Gobernanza

- ¿Qué entiende usted por gobernanza? ¿Considera que es importante?
- ¿Quién o quiénes toman decisiones respecto a las intervenciones o proyectos de inundaciones en la isla?
- ¿Está de acuerdo que la composición del Consejo Ejecutivo de Coordinación (Cozumel) o gabinete de ministros (Granada) en la isla, está estructurada para efectuar cambios positivos hacia a inundaciones?
- ¿Cómo el Consejo Ejecutivo de Coordinación (Cozumel) / Gabinete de ministros (Granada) contribuye a mejorar los mecanismos de coordinación entre los gobiernos municipales, organizaciones sociales y privadas, para planificar y gestionar la resiliencia ante inundación?
- ¿Cómo han mejorado las condiciones ante inundaciones, drenaje y vialidad?
- ¿Considera que existe coordinación entre las instituciones gubernamentales, con las organizaciones sociales y privadas de los niveles municipal y estatal para trabajar los planes y proyectos en materia urbana ante inundación? ¿Cuáles son los casos más representativos?
- ¿Cuáles son las principales causas que limitan la coordinación entre las instituciones gubernamentales, organizaciones sociales y empresas privadas al tratar el tema de planificación del área urbana?
- ¿Cuáles son las principales dificultades a las que se enfrenta el gobierno estatal en el tema de la planificación urbana ante inundaciones, para orientarla a largo plazo y con mayor participación de las organizaciones sociales y privadas?
- ¿Considera que existe coordinación en la planeación y programación de estudios, programas y proyectos de inversión financiados parcial o totalmente por el fondo de la isla?
- ¿Cuáles son las principales limitaciones para trabajar conjuntamente entre las Comisiones de asuntos de inundaciones del área urbana?
- ¿Conoce algún modelo de ciudad que inspire la gestión de inundaciones?

- ¿Cómo la formulación de programas sectoriales está basada en estudios que dan soporte a la programación y acción de los proyectos ante inundaciones?
- ¿Existen estudios que avalen las prioridades del gasto relacionados a inundaciones como prioridades? ¿Cuáles son?

Criterio de análisis: Resiliencia

- ¿Podría decirme por favor, que entiende por resiliencia?
- ¿Existe sistema de alerta temprana? ¿Cuál es la cobertura territorial?
- ¿Existe rutas de evacuación de la ciudad? ¿cuántas son?
- ¿Manejan medidas ambientales, económicas y sociales de adaptación ante inundaciones?
- ¿Cuál es el porcentaje de vegetación requerida para prevenir inundaciones? ¿Se están respetado en los planes y proyectos?
- ¿Existen requisitos de infraestructura preventiva y estipulaciones de diseño las zonas inundables?
- ¿Existe zonas de inundación fluviales y costeras? ¿La Institución/Dependencia/Ministerio de medio ambiente le orienta en el establecimiento de estas zonas de inundación?
- ¿Cómo se está teniendo en cuenta el cambio climático en las estrategias de resiliencia ante las inundaciones?

¡Muchas gracias por su colaboración!

Guía de entrevista dirigida a universidades y centros de investigación



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Doctorado en Urbanismo**



Guía de entrevista dirigida a universidades y centros de investigación en San Miguel de Cozumel, México y St. George, Granada

Objetivo: recopilar información sobre las experiencias de su institución, respecto a la planificación y gestión ante inundaciones asociadas al cambio climático, con la finalidad de analizar las dimensiones de la vulnerabilidad social, gobernanza y resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada.

Nota: Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente con fines académicos.

Datos de identificación:

Nombre: _____
Universidad/Centro de investigación: _____
Cargo: _____
Nivel de estudios: _____
Fecha de entrevista: _____

Criterio de análisis: vulnerabilidad

- ¿Podría por favor indicarme que entiende por vulnerabilidad?
- ¿Qué medidas se toman en torno al lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles?
- ¿Por favor mencione algunos problemas que enfrenta la población con discapacidades y limitaciones de caminar, subir y bajar durante un evento de inundación? ¿Conoce si existe algún programa para atender esta situación ante las inundaciones? ¿Qué tanto efectivo es?
- ¿Qué factores influyen para implementar cambios físicos en la isla?

- ¿Cuáles son los aspectos que afectan la capacidad del suelo para absorber agua y prevenir inundaciones y desbordamientos (desarrollo urbano descontrolado, erosión del suelo, deforestación y agricultura intensiva)?
- ¿Cuáles son los impactos negativos que han generado las inundaciones a los habitantes de la isla?
- ¿Cuáles son los impactos negativos que han generado las inundaciones para el desarrollo de la actividad turística?

Criterio de análisis: gobernanza

- ¿Qué entiende usted por gobernanza? ¿Considera que es importante?
- ¿Cuáles son los objetivos de la universidad en relación con inundación?
- ¿Cómo se relaciona con el gobierno estatal y municipal, otras universidades y centros de investigación, organizaciones de la sociedad civil y empresas del sector privado?
- ¿Cuáles son los principales temas que fortalecen la relación entre la universidad y otros actores sociales?
- ¿Qué impactos en términos de proyectos, ha tenido la relación entre la universidad y otros actores sociales respecto a las inundaciones en la isla?

Criterio de análisis: resiliencia

- ¿Podría decirme por favor, que entiende por resiliencia?
- ¿Están bien establecidas las zonas de inundación fluviales y costeras? ¿Considera que la planeación aplica solo a nuevas construcciones y/o renovaciones
- ¿Considera que es efectiva la cobertura territorial del sistema de alerta temprana?
- ¿Son adecuadas las rutas de evacuación de la ciudad? ¿Cómo puede mejorar?
- ¿Cuál es el porcentaje de (vegetación, drenaje, agrícolas, espacios verdes) requeridas para prevenir significativamente inundaciones y esta respetado en los planes y proyectos?
- ¿Que las medidas ambientales, económicas y sociales podría proponer ante inundaciones en la isla?
- ¿Qué podría proponer respecto a los requisitos de infraestructura preventiva y estipulaciones de diseño para las zonas inundables?

¡Muchas gracias por su colaboración!

Guía de entrevista dirigida a organizaciones sociales



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Doctorado en Urbanismo**



Guía de entrevista dirigida a OSC de Cozumel, México y St. George Granada

Objetivo: recopilar información sobre las experiencias de su organización, respecto a la planificación y gestión ante inundaciones asociadas al cambio climático, con la finalidad de analizar las dimensiones de la vulnerabilidad social, gobernanza y resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada.

Nota: Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente con fines académicos.

Datos de identificación:

Nombre: _____
Organización social: _____
Cargo: _____
Nivel de estudios: _____
Fecha de entrevista: _____

Criterio de análisis: vulnerabilidad

- ¿Podría por favor indicarme que entiende por vulnerabilidad?
- ¿Cuáles son los cambios ambientales afectan al territorio y favorecen las inundaciones en la ciudad?
- ¿Considera que las desigualdades socioeconómicas y socioespaciales en la población local, inciden en la vulnerabilidad?
- Por favor indique las políticas que facilitan o dificultan la reducción del riesgo costero
- ¿Se cuantifican los recursos económicos disponibles para una reconstrucción durante y después del fenómeno? ¿Son suficientes?
- ¿Considera que las inundaciones en la isla son cada vez más frecuentes y severos? ¿Cómo es la gestión ante las inundaciones en la isla?

- ¿Cuáles son los aspectos que afectan la capacidad del suelo para absorber agua y prevenir inundaciones y desbordamientos (desarrollo urbano descontrolado, erosión del suelo, deforestación y agricultura intensiva)?
- ¿Cuáles son los daños de las inundaciones generan sobre la infraestructura (edificios, calles, puertos y aeropuerto, diques y drenaje)?

Criterio de análisis: gobernanza

- ¿Qué entiende usted por gobernanza? ¿Considera que es importante?
- ¿Cómo y cuándo surge la organización?
- ¿Cuáles son los objetivos e intereses de la organización ante las inundaciones?
- Por favor enliste los programas y proyectos urbanos, ambientales y/o sociales ante inundaciones, en los cuales su organización ha participado en la elaboración y/o implementación
- Podría explicar algunos proyectos de colaboración relacionados con las inundaciones en la isla, por parte del gobierno, universidades y centros de investigación, población local y empresas del sector privado
- ¿Cómo su organización ha logrado establecer vínculos de confianza y colaboración con el gobierno, universidades y centros de investigación, población local y empresas del sector privado?
- ¿Cómo se incorpora su organización para atender y actuar en la gestión urbana?
- ¿Cómo considera que toman en cuenta la opinión de las organizaciones sociales de la isla cuando se planea una intervención o cambio en el espacio público?
- Podría explicar si considera que existen conflictos entre su organización con el gobierno, universidades y centros de investigación, población local y empresas del sector privado, respecto a la planificación y gestión de inundaciones en su ciudad.
- ¿Considera que la relación con el gobierno y otros actores es de competencia o de complementariedad?
- ¿Cómo funcionan los canales de comunicación para difundir información durante una inundación?
- ¿Cuáles son las principales dificultades de su organización de responder a un evento de inundación?
- ¿Cómo se financia su organización para responder ante inundaciones?

Criterio de análisis: resiliencia

- ¿Podría decirme por favor, que entiende por resiliencia?
- ¿Considera que los cambios desarrollados en calles, edificios, de la isla puede resistir una inundación?
- ¿Por favor mencione algunos problemas que enfrenta la población con discapacidades y limitaciones de caminar, subir y bajar durante un evento de inundación? ¿Conoce si existe algún programa para atender esta situación ante las inundaciones? ¿Qué tanto efectivo es?
- ¿Existe medidas preventivas ante inundaciones?
- ¿Qué tan efectivas son las iniciativas de recuperación después de las inundaciones?

- ¿Cuáles son los programas de reconstrucción después de un evento de inundación?
- Podría indicar algunas estrategias de su organización para impulsar la reconstrucción después de una inundación ¿Qué tanto efectivo es?
- ¿Conoce las iniciativas o proyectos liderados por su organización y/o la comunidad, centrados en la resiliencia ante las inundaciones?
- ¿Qué estrategias podría proponer desde su organización para fortalecer la resiliencia ante inundaciones en su ciudad?

¡Muchas gracias por su colaboración!

Guía de entrevista dirigida al sector empresarial



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Doctorado en Urbanismo**



Guía de entrevista dirigida al sector empresarial de San Miguel de Cozumel, México y St. George Granada

Objetivo: recopilar información sobre las experiencias de su empresa, respecto a la planificación y gestión ante inundaciones asociadas al cambio climático, con la finalidad de analizar las dimensiones de la vulnerabilidad social, gobernanza y resiliencia en las ciudades de Cozumel, México y St. George, Granada.

Nota: Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente con fines académicos.

Datos de identificación:

Nombre: _____
Empresa: _____
Cargo: _____
Nivel de estudios: _____
Fecha de entrevista: _____

Criterio de análisis: vulnerabilidad

- ¿Podría por favor indicarme que entiende por vulnerabilidad?
- ¿Cuáles considera que son los factores que han propiciado cambios físicos en la isla y han incrementado las inundaciones?
- ¿Considera que las inundaciones en la isla son cada vez más frecuentes y severos? ¿Cómo es la gestión ante las inundaciones en la isla?
- ¿Cuáles son los impactos negativos que han generado las inundaciones a la actividad turística y su empresa?
- ¿Cuáles son las principales dificultades de su empresa para responder ante una inundación?

- ¿Se cuantifican los recursos económicos disponibles para una reconstrucción durante y después del fenómeno? ¿Son suficientes?

Criterio de análisis: Gobernanza

- ¿Qué entiende usted por gobernanza? ¿Considera que es importante?
- ¿Cuáles son los objetivos de la empresa?
- ¿Cómo se relaciona con el gobierno estatal y municipal para los asuntos de la inundación?
- ¿Cómo considera que toman en cuenta la opinión del sector empresarial de la isla cuando se planea una intervención o cambio en el espacio público?
- ¿Considera que existe coordinación entre las empresas privadas con las instituciones gubernamentales, universidades y centros de investigación, organizaciones sociales y población local, para trabajar los planes y proyectos en materia urbana ante inundación?
- ¿Cuáles son los casos más representativos?
- ¿Cuáles son los principales temas que fortalecen la relación entre la empresa y otros actores sociales?
- ¿Qué impactos en términos de proyectos ha tenido la relación entre la empresa y otros actores sociales?
- ¿Cuáles son las principales causas que limitan la coordinación entre las empresas privadas con instituciones gubernamentales, universidades y centros de investigación, organizaciones sociales y población local para tratar el tema de planificación del área urbana?
- Podría explicar si considera que existen conflictos entre su empresa con el gobierno, universidades y centros de investigación, población local y empresas del sector privado, respecto a la planificación y gestión de inundaciones en su ciudad.
- ¿Cómo funcionan los canales de comunicación para difundir información durante una inundación?

Criterio de análisis: resiliencia

- ¿Podría decirme por favor, que entiende por resiliencia?
- ¿Qué nivel de conciencia tienen el sector empresarial sobre los riesgos de inundaciones en la isla?
- ¿Existe medidas preventivas ante inundaciones?
- ¿Qué medidas ha tomado el sector empresarial para la preparación para inundaciones?
- ¿Cada cuando se realizan simulacros o sesiones de capacitación periódicas para responder a inundaciones?
- ¿Qué tan efectivas son las iniciativas de recuperación después de las inundaciones?
- ¿Cuáles son los programas de reconstrucción después de un evento de inundación?
- Podría indicar algunas estrategias del sector empresarial para impulsar la reconstrucción después de una inundación ¿Qué tanto efectivo es?
- ¿Qué estrategias podría proponer desde su empresa para fortalecer la resiliencia ante inundaciones en su ciudad?

¡Muchas gracias por su colaboración!

H12 Guía del plan de participación

Descripción

Esta herramienta tiene como objetivo apoyar el desarrollo del Plan Participativo, definiendo las especificaciones de cada actividad y las estrategias de riesgo y mitigación para un proceso participativo inclusivo y completo.

Participantes

Este plan es desarrollado por el equipo técnico. Si hay socios ejecutores del proceso participativo (por ejemplo, ONG o grupos comunitarios), deben participar en el desarrollo de este plan para aportar información sobre sus capacidades.

Instrucciones

Sección 1. Plan del proceso de planificación

1. De acuerdo con la estrategia de participación definida, complete la siguiente tabla para cada actividad participativa del proceso. Mientras lo hace, valide la información de cada actividad con el plan de trabajo general del proceso participativo para proporcionar las aportaciones pertinentes.

1. ACTIVIDAD (nombre).....

Consejo: Repita la tabla siguiente para cada actividad del proceso

Objetivo:	Meta (resultados esperados)
Audiencia: ☐ Consejo ☐ Expertos Técnicos ☐ Público General ☐ Comunidad.....	
Tipo: ☐ Presencial ☐ En Remoto ☐ Híbrido	Tiempo: ☐ Sincrónico ☐ Asincrónico

Etapas del proceso de planificación asociada(s) (actividad):		
Complete la siguiente información en función del público, el tipo y el horario seleccionados		
Duración:	Fecha y Hora:	
Localización:	Moderador(es):	
Plataforma digital:		
Participantes Enumere a quién debe invitarse a participar (nombres de instituciones). <i>Consejo: Cuando piense en el público en general, tenga en cuenta los grupos de población clave.</i> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.		Materiales necesarios Enumera todos los materiales necesarios para la actividad. <i>Consejo: piensa en los materiales que hay que elaborar (ppt, folletos, etc.) y en los que hay que conseguir (artículos de papelería). Consulta la H7 Lista de Verificación del Taller como referencia</i> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.
Agenda Establezca los pasos principales de la actividad y defina el tiempo que deben durar. Añade tantas filas como sea necesario.		
Pasos	Duración	Notas
1.		
2.		
3.		

Sección 2. Plan de comunicación

1. De acuerdo con la estrategia de comunicación, complete la siguiente tabla para cada actividad de divulgación, asociada a la difusión de una actividad participativa a un público determinado. Mientras lo hace, valide la información de cada actividad con el plan de trabajo general del proceso participativo para proporcionar las aportaciones pertinentes.

Consejo: Valide las actividades con un experto en comunicación, ya sea externo o dentro del equipo. Utilice esta guía para tener una visión general de las actividades y el plan global.

1. ACTIVIDAD DE DIFUSIÓN (nombre).....

Consejo: Repita la tabla siguiente para cada actividad del proceso

Objetivo:	
Audiencia general: ☐ Consejos ☐ Expertos Técnicos ☐ Público General	
Público objetivo (grupos de población clave o agentes implicados)	Actividad participativa asociada: Tipo: ☐ Físico ☐ Digital
Canal(es de comunicación): ☐ Redes sociales ☐ Posters ☐ Web ☐ Eventos ☐ Radio ☐ Impresos (periódicos y revistas) ☐ Audiovisual (TV) ☐ Otro:	
Fecha y hora de publicación:	Tiempo de ejecución (si procede)
Contenido Definir qué información hay que transmitir a la audiencia y cómo hacerlo	Materiales necesarios Enumera todos los materiales necesarios para la actividad. <i>Consejo: piense en los materiales a desarrollar (gráficos, audios, cuenta/páginas de redes sociales).</i> 1. 2. 3. 4.

Sección 3. Estrategia de mitigación de riesgos

Esta sección debe realizarse en paralelo a la definición del plan de implementación y divulgación de las actividades y acciones específicas para reflejar los resultados obtenidos.

1. Utilice las preguntas orientativas que figuran a continuación para identificar los riesgos para la ejecución y el éxito del proceso participativo.

Análisis de riesgos

- ¿Puede todo el mundo participar en este proceso?
- ¿Tiene la gente tiempo para participar en estas actividades? ¿Están dispuestos a hacerlo?
- ¿Pueden participar personas de distinto género, edad, escolaridad, ocupación, nivel socioeconómico, capacidades y niveles de salud?
- ¿Cuál es el nivel de conocimientos tecnológicos de los participantes?
- ¿Tienen los participantes acceso a los recursos tecnológicos para las actividades a distancia?
- ¿Cuál es el método de comunicación preferido por los participantes? (hablar, escribir, dibujar, etc.)
- ¿Se ha tenido en cuenta la accesibilidad y el diseño universal?
- ¿Existen liderazgos locales formales o informales entre la población que deban ser considerados?
- ¿Es seguro el ambiente sociopolítico para la realización de un proceso participativo? ¿Existe malestar social en la zona?
- ¿Existen crisis políticas, sociales o sanitarias que puedan intervenir o detener el proceso? (por ejemplo, pandemias, guerras, disturbios)
- ¿Confían los participantes en este tipo de procesos y en las instituciones que los realizan?
- ¿Hay o puede haber oposición a la realización de este proceso? ¿Quién lidera esta oposición?
- ¿Tiene el equipo técnico las habilidades y los conocimientos necesarios para facilitar e involucrar a los participantes?
- ¿Hay suficientes recursos disponibles para la aplicación de este plan?

2. Rellena la siguiente tabla a partir de las respuestas anteriores

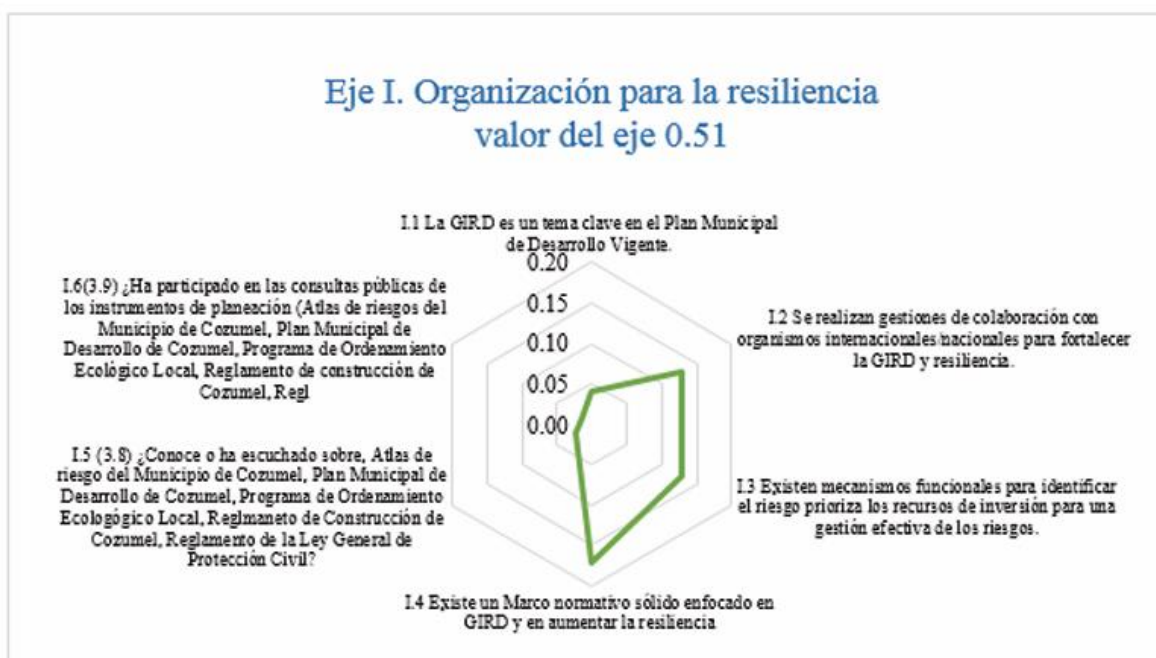
Riesgo Identificado <i>¿Cuál es el riesgo existente o potencial para la ejecución y el éxito de este plan?</i>	Estrategia de Mitigación <i>¿Cómo se puede afrontar este riesgo a través del propio plan?</i>	Recursos necesarios <i>¿Se necesitan recursos adicionales para la ejecución de la estrategia de mitigación? (materiales, fondos, personal, etc.)</i>	Actividades afectadas <i>¿Qué actividades de este plan se ven directamente afectadas por este riesgo y su estrategia de mitigación? ¿Lo refleja la actividad?</i>

Indicadores de la resiliencia

Eje	Indicador	Fuente del indicador
Organización para la resiliencia frente a las inundaciones	La GIRD es un tema clave en el Plan Municipal de Desarrollo Vigente	Plan Municipal De Desarrollo 2021-2024
	Se realizan gestiones de colaboración con organismos internacionales/nacionales para fortalecer la GIRD y resiliencia.	Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN 2011 2013) ICLEI
	mecanismos funcionales para identificar el riesgo prioriza los recursos de inversión para una gestión efectiva de las inundaciones.	Resiliencia y Cambio Climático (Protección Civil)
	Existe un Marco normativo sólido enfocado en GIRD y en aumentar la resiliencia	Ley General de Protección Civil (Reforma 2023)
Identificación, comprensión y utilización de escenarios de riesgo	Un análisis técnico de los peligros y/o riesgos para identificar la exposición y la vulnerabilidad	Atlas de Riesgos Municipal 2016
	Una plataforma de información de riesgos actualizada periódicamente que permite a los actores y a la población acceder e intercambiar información relacionada con el riesgo.	No existe
	El municipio cuenta con un plan (o procedimientos), financie ros(s) adecuado y recursos disponibles para fortalecer la GIRD y resiliencia, incluida la adaptación climática a largo plazo	No cuenta con plan debido a que no existía un atlas de riesgo estatal actualizado
Capacidad financiera	El municipio cuenta con un plan (o procedimientos), financie ros(s) adecuado y recursos disponibles para fortalecer la GIRD y resiliencia, incluida la adaptación climática a largo plazo.	No cuenta con plan debido a que no existía un atlas de riesgo estatal actualizado
	El municipio cuenta con un presupuesto específico y los arreglos para atender contingencias y la prevención gestión y prevención del riesgo de desastres a nivel local (mitigación prevención respuesta y recuperación).	No existe
	Existen medios para garantizar un apoyo financiero adecuado a la protección de los sectores vulnerables de la población del municipio	No existe

Diseño y desarrollo urbano	El programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Territorial está vigente, lo ejecutan e integran la información de riesgo actualizada.	Programa de Desarrollo Urbano de la Zona 1 de Cozumel 2015 / Programa de Desarrollo Urbano Cozumel zona 4 surponiente 2006
	Existe un mecanismo/proceso para implementar una planificación urbana y ordenamiento territorial, integrando el enfoque de riesgos y se hace de manera participativa.	Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo
	El municipio desarrolla, actualiza y aplica el uso de códigos y normas de construcción e inversión, de acuerdo con el marco legal, la información de riesgos y posibles impactos pertinentes del cambio climático.	Reglamento de Construcciones para el Municipio de Cozumel del Estado de Quintana Roo 2010
Ambiental	Existen soluciones para tratar los riesgos ambientales actuales y futuros. Por ejemplo, infraestructura verde y azul (soluciones basadas en la naturaleza o en la protección de los ecosistemas).	Evaluación de Carbono azul de los manglares de Cozumel como estrategia de factibilidad para evitar, reducir y/o mitigar emisiones de gases de efecto invernadero
	El municipio protege y restaura los ecosistemas en la medida en que ofrecen la suficiente adaptación y mitigación de los riesgos actuales y futuros.	Programa de manejo del área natural protegida con carácter de área de protección de flora y fauna porción norte y franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel 2015
Capacidad institucional para la resiliencia	Se cuenta con la normatividad en gestión de riesgos de desastres y resiliencia.	Reglamento Municipal de Protección Civil 2011
	El municipio ha establecido procedimientos que permiten fortalecer las capacidades de los actores que participan en los temas de gestión de riesgos y resiliencia frente a los desastres.	No existe
	El municipio controla el riesgo y se han establecido procedimientos de transparencia, de información y comunicación vinculados con la GIRD y resiliencia.	No existe

	El municipio utiliza la capacidad del sector privado, la sociedad civil y de academia para la protección civil, GIRD, cambio climático y resiliencia.	PRU
Capacidad social para la resiliencia	El municipio proporciona apoyo social a los sectores más vulnerables de la ciudad, aumentando así su capacidad y reduciendo su vulnerabilidad frente a desastres.	No existe
	Se entiende que hay cohesión y tejido social en el Municipio.	No existe
	El municipio ha establecido procedimientos suficientes para fortalecer la capacidad social.	No existe
Infraestructura	El municipio pone en práctica un plan o estrategia de resguardo y protección de infraestructura y servicios críticos para garantizar la continuidad de las operaciones.	No existe
	El municipio cuenta con infraestructura de protección/mitigación de riesgos, acorde a las necesidades y recibe el mantenimiento adecuado.	No existe
	Se han implementado obras y acciones para proteger la infraestructura crítica, reducir el riesgo y aumentar la resiliencia.	No existe
Respuesta adecuada y efectiva	Planeación de gestión de desastres/preparación frente a desastres/emergencia que describe las medidas de mitigación preparación y respuesta a las emergencias locales.	Plan Municipal de contingencias por ciclones 2021-2024
	Adaptación para continuar con las funciones críticas incluso en una situación de emergencia.	Plan Municipal de contingencias por ciclones 2021-2024
	Implementación de alerta temprana	Plan Municipal de contingencias por ciclones 2021-2024
Reconstrucción y recuperación	El municipio cuenta con una estrategia proceso o plan para la reconstrucción y recuperación después de un desastre, tanto en términos económicos como sociales.	Reglas generales de FONDEN



Grado de Resiliencia Fuente: Frausto *et al.* 2018 con base en la encuesta a hogares 2018 y entrevista estructurada a funcionarios del gobierno municipal 2018

Producción científica

Capítulo de libro aceptado

Gibbs, S. N. K., Venancio Flores, A. y Pérez Ramírez, C.A. (2025). Gobernanza y resiliencia ante inundaciones: abordajes temáticos, metodológicos y desde los elementos estructurales, en: Cárdenas Gómez, E. P. (Coord.) (2025). *El cambio climático en destinos turísticos mexicanos: impactos y estrategias*. El Colegio de Jaslico
<https://isbsearch.org/isbn/9789689732051>

GOBERNANZA RESILIENTE ANTE INUNDACIONES: ABORDAJES TEMÁTICOS, METODOLÓGICOS Y DESDE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Sahai Nichola Kerisa Gibbs

Universidad Autónoma del Estado de México

Arturo Venancio Flores

Universidad Autónoma del Estado de México

Carlos Alberto Pérez Ramírez

Universidad Autónoma del Estado de México

Introducción

Las inundaciones son parte de procesos naturales de fuertes lluvias, marejadas y elevación de los niveles freáticos, las ciudades costeras por su ubicación, población, características físicas y una planificación insuficiente siempre han sido vulnerables a sus efectos. Sin embargo, el cambio climático ha cambiado el contexto de las inundaciones con un aumento en intensidad y frecuencia. Las ciudades costeras dependientes del turismo se ven especialmente afectadas debido a su actividad económica y la ubicación de su parque de viviendas.

Hay evidencia que la urbanización está aumentando mundialmente, UNDESA (2018) menciona que, a nivel mundial, la cantidad de personas que viven en áreas urbanas ha ido en aumento con el 55% de la población mundial viviendo en ciudades en 2018, en 1950 era 30% pero para 2050 será 68%. Aproximadamente 600 millones de personas viven en zonas costeras de baja elevación a menos de 10 metros sobre el nivel del mar (UNFCC, 2020) que generan anualmente entre US\$3 y 6 billones de riqueza mundial (ONU, 2017).

En dichas zonas urbanas las economías se basan en gran medida en el turismo y dependen de la pesca, Miller (2022) menciona que, en las zonas costeras, la pesca artesanal

Artículos científicos enviado a revistas indizada

Gibbs, S. N. K., and Pérez, C. A. (2025). Framework for analysing flood vulnerability, governance and resilience in Caribbean coastal tourism cities. *Tourism and Development Journal*. ISSN 16459261, 21821453

Framework for analysing flood vulnerability, governance and resilience in Caribbean coastal tourism cities

Sahai Nichola Kerisa Gibbs¹ [sgibbs001@alumno.uaemex.mx]

Carlos Alberto Pérez Ramírez² [caperezr@uaemex.mx]

Abstract | Globally, 2.15 billion people live in coastal areas, and while absolute monetary losses from disasters tend to be higher in developed countries, developing nations often experience a greater percentage loss of Gross Domestic Product (GDP). However, the Caribbean is frequently excluded from global risk assessments, contributing to its invisibility and underrepresentation. This research aims to address this gap by identifying and developing a framework to analyse the vulnerability, governance, and resilience of this tourism-dependent region to flooding associated with climate variability.

Although the research is not applied in nature, it adopts a mixed-method approach combining quantitative and qualitative analyses. It includes the construction of a Social Vulnerability Index (SoVI), developed using 21 indicators refined through advanced software tools. Additionally, a governance network diagram is created with key actors involved in flood management. Resilience is evaluated through structural elements and international frameworks to assess the capacity of cities to withstand and adapt to flood impacts. The study also conducts a qualitative content analysis of 15 relevant academic and grey literature sources published between 2012 and 2025.

Weak institutional capacities, fragmented governance structures, and insufficient stakeholder collaboration are identified as significant barriers to resilience in Caribbean coastal tourism cities. Based on these insights, the research proposes a governance model specifically tailored to Caribbean coastal tourism cities.

Keywords | vulnerability, governance, resilience planning, Caribbean, tourism

¹ MEng in Urban and Rural Planning from Beijing Jiaotong University (Beijing, China). Ph. D. Student at the Autonomous University of the State of Mexico, Faculty of Urban and Regional Planning of the Autonomous University of the State of Mexico (Mexico).

² Ph.D. in Environmental Sciences from the Autonomous University of the State of Mexico (Mexico). Full-time Professor at the Faculty of Urban and Regional Planning of the Autonomous University of the State of Mexico (Mexico).

Gibbs, S. N. K., Pérez, C. A., and Frausto, O. (2026). Challenges for Governance and Flood Resilience in Coastal Cities: The Case Study of Cozumel, Mexico. *Iberoamerican Journal of Development Studies*. ISSN 2254-2035

Challenges for Governance and Flood Resilience in Coastal Cities: The Case Study of Cozumel, Mexico

Abstract

Cities located close to the shoreline, due to their population density, physical characteristics, and inadequate planning, have long been exposed to inundation. However, climate change and variability have altered flood dynamics, increasing their intensity and frequency. Tourism-dependent urban areas are particularly affected, highlighting the need to strengthen the adaptive capacities of climate adaptation strategies. This research analyses from a management perspective the level of coordination among various stakeholders involved in flood response in Cozumel, Mexico, in relation to climate sustainability. The methodology adopts public institutional leadership as a framework for analysing coordination among actors in planning and management of urban coastal floods, considering the scope of the legal and planning framework, the identification of actors, social perceptions of floods, a mapping of collaboration among key actors, and resilience-based structural elements.

Keywords: governance, social actors, resilience, flooding, coastal cities

Sahai Nichola Kerisa Gibbs MEng in Urban and Rural Planning Ph. D. Candidate Universidad Autónoma del Estado de México, Faculty of Urban and Regional Planning Estado de México (Mexico)
Carlos Alberto Pérez Ramírez, Ph.D. in Environmental Sciences, Professor/Researcher
Universidad Autónoma del Estado de México Faculty of Urban and Regional Planning Estado de México (Mexico)
Oscar Frausto Martínez, Ph.D. in Geography, Professor/Researcher
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo Laboratorio de Observación e investigación Espacial Estado Quintana Roo (Mexico)

Estancia de investigación

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, San Miguel de Cozumel, Isla de Cozumel, del 19 al 30 de mayo de 2025 y Dr., Ing. Geog. Oscar Frausto Martínez Profesor Investigador de Carrera y director del Laboratorio de Observación e Investigación Espacial



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

Cozumel, Quintana Roo, 30 mayo 2025
UQROO/DDS/OFM/031/25

Asunto: Liberación de estancia académica

Dra. Silvia Valencia Flores
Coordinadora
Doctorado en Urbanismo
Universidad Autónoma del Estado de México

PRESENTE

Por medio de la presente, informo a usted que la estudiante de Doctorado en Urbanismo de la Universidad Autónoma del Estado de México, **Mtra. Sahai Nichola Kerisa Gibbs**, realizó una estancia de investigación en el Laboratorio de Observación e Investigación Espacial de la División de Ciencias Multidisciplinarias Cozumel de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. La estancia comprendió el periodo del 19 al 30 de mayo de 2025.

Durante su estancia, la maestra Gibbs, participó en el Taller sobre inundaciones periurbanas y en el taller de participación ciudadana para la planeación urbana Sostenible. Además, se ha concentrado en la realización de entrevistas especializadas con los diversos sectores de la comunidad de Cozumel con el fin de compilar información para su trabajo doctoral.

Sin otra en particular, quedo de usted.

Atentamente

"Fructificar la razón: trascender nuestra cultura"

Dr. Ing. Geog. Oscar Frausto Martínez
Profesor Investigador de Carrera
Director
Laboratorio de Observación e Investigación Espacial



ccp. Archivo
ccp. Dr. Carlos Alberto Pérez Ramírez

Av. Andrés Quintana Roo s/n, con 110 Sur, Frente a la Colonia San Gervasio, Código Postal 77600, Cozumel, Quintana Roo, México. Teléfono
+52(987)87 25000 www.uqroo.mx

Versión: enero 08, 2019 Código: REC-001/FO-001

Documento impreso o electrónico que no se consulta directamente en el portal SGC (<http://sgc.uqroo.mx/>) se considera

Evaluación de artículo científico

Tourism and Development Journal. ISSN 16459261, 21821453

Caro/a Sahai Nichola Gibbs,

Esta mensagem serve como lembrete do pedido de revisão do artigo, "Ambidexterity: Green Innovation and Technology for Collaborative Dynamism In Tourism Village" submetido a Revista Turismo & Desenvolvimento. Esperávamos obter a sua resposta até 2025-10-13, e este e-mail foi gerado automaticamente e enviado com a aprovação dessa data. Acreditamos que poderá ser um excelente revisor do manuscrito. O resumo da submissão está inserido abaixo, e esperamos que considere realizar esta importante tarefa.

Faça login no site da revista para indicar se está disponível para realizar a revisão ou não, bem como aceder à submissão e registar a sua revisão e recomendações. O site é <https://proa.ua.pt/index.php/rd>

O prazo da entrega da revisão é 2025-10-27.

Se não tem nome de utilizador e senha para aceder à revista, pode usar este link para gerar a sua senha (que será enviada por e-mail junto com o seu nome de utilizador). <https://proa.ua.pt/index.php/rd/login/resetPassword/sahai?confirm=05b681666f09a6145b5f962cb7b15ff968b798eba331fbfe356bf68290a454e4%3A1760441651>

URL da submissão: <https://proa.ua.pt/index.php/rd/reviewer/submission?submissionId=39986>

Agradecemos a resposta a este pedido.

Francisca Santos
Editorial coordinator

Dear Sahai Nichola Gibbs,

This message serves as a reminder of the request for review of the article, "Ambidexterity: Green Innovation and Technology for Collaborative Dynamism In Tourism Village," submitted to the Tourism & Development Journal. We expected to receive your response by October 13, 2025, and this email was automatically generated and sent with your approval on that date. We believe you could be an excellent reviewer of the manuscript. The submission abstract is included below, and we hope you will consider undertaking this important task.

Log in to the journal's website to indicate whether you are available to conduct a review or not, as well as to access the submission process and register your review and recommendations. The website is... <https://proa.ua.pt/index.php/rd>

The deadline for submitting the review is 2025-10-27.

If you don't have a username and password to access the magazine, you can use this link to generate your password (which will be sent to your email along with your username). <https://proa.ua.pt/index.php/rd/login/resetPassword/sahai?confirm=05b681666f09a6145b5f962cb7b15ff968b798eba331fbfe356bf68290a454e4%3A1760441651>

Submission URL: <https://proa.ua.pt/index.php/rd/reviewer/submission?submissionId=39986>

Thank you for responding to this request.

Francisca Santos
Editorial coordinator

Ponencias en eventos académicos



La Universidad Autónoma del Estado de México a través del
Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, la Facultad de Planeación Urbana y Regional,
la Facultad de Geografía y la Red Mexicana de Recursos Hídricos

Otorgan la presente

Constancia

A:

Sahai Nichola Kerisa Gibbs

Por su participación como **INSTRUCTOR(A)** del curso: **"Fundamentos de Geoestadística con aplicaciones en la GIRH"**, dirigido a profesionales, profesores-investigadores y estudiantes de la Universidad Autónoma del Estado de México, impartido en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, del 10 al 14 de junio del presente año, con una duración de 25 horas, sin haber recibido remuneración alguna y con una evaluación favorable de 97/100.

Toluca, Estado de México; 14 de junio de 2024



Dr. Daury García Pulido
Encargado del Despacho de la
Dirección del IITCA

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2024, Conmemoración del 50 aniversario de la inauguración de Ciudad Universitaria"



Mtro. Isidro Rogel Fajardo
Director de la Facultad de Planeación
Urbana y Regional

Mtra. Lidia Alejandra González Becerril
Directora de la Facultad de Geografía



Dra. María Vicenta Esteller Alberich
Vicepresidenta de la Red Mexicana de
Recursos Hídricos







La Universidad Autónoma del Estado de México y la Facultad de
Planeación Urbana y Regional a través del Laboratorio
Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad

Otorgan la presente

CONSTANCIA

a:

SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

Como ponente en el

“1 er Seminario: Gobernanza, agua y territorio”

que se llevó a cabo de manera presencial el 21 de junio del presente año para la
comunidad de la Facultad de Planeación Urbana y Regional.

Toluca de Lerdo, 26 de junio de 2024

Patria, Ciencia y Trabajo

“2024, Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de Ciudad Universitaria”

M. en E. U. y R. Isidro Rogel Fajardo
Director de la Facultad de Planeación Urbana y Regional



FACULTAD DE PLANEACION
URBANA Y REGIONAL
DIRECCION











El Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC)
otorga la presente

CONSTANCIA

DE PARTICIPACIÓN A

Sahai Gibbs

Por la presentación en ponencia del trabajo titulado
*Desafíos de la gobernanza para la resiliencia ante inundaciones en
ciudades costeras. Caso de estudio St. George, Granada.*

Con coautores: Carlos Pérez Ramírez y Jorge Paredes Tavares
Durante el Segundo Simposio Internacional de Resiliencia Costera,
llevado a cabo del 2 al 5 de septiembre de 2025 en la ciudad de
Mérida, Yucatán, México.

Dra. Elsa Noreña Barroso
Comité Organizador, LANRESC

Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida
Comité Organizador, LANRESC

Folio: P0017

Unidad Académica Sisal
Puerto de Abrigo s/n 97835, Sisal, Yucatán
comunidad@lanresc.mx
www.lanresc.mx

Actividades de retribución social



"2023. Año del Septuagésimo Aniversario del Reconocimiento del Derecho al Voto de las Mujeres en México".

CONSTANCIA DE ACTIVIDADES DE RETRIBUCIÓN SOCIAL

Actividad 1. Sustitución de arbolado en el Parque Estatal Alameda 2000.

Descripción de la actividad: Se sembraron 200 árboles, con el apoyo de la comunidad académica, acción para efectuar el cambio climático positivamente.

Fecha de inicio: 16 de junio de 2023

Fecha de término: 16 de junio de 2023

Institución en la que se realizó la actividad: Dirección general de medio ambiente Toluca y UAEMEX, La Facultad De Planeación Urbana y Regional a través de La Coordinación de Estudios Avanzados

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Ing. Jaime Amado López Gómez, M.T.I.,

Datos de contacto del responsable de la actividad: Dirección general de medio ambiente Toluca. Ing. Jaime Amado López Gómez ,M.T.I., M.A.P. 722 226 44 90

Descripción del impacto social de la actividad: desarrollo sostenible y protección del medio ambiente en el futuro

Sahai Nichola Kerisa Gibbs
CVU 1273910

Ing. Jaime Amado López Gómez M.T.I., M.A.P.
Director General de Medio Ambiente









Constancia de actividades de retribución social

Actividad 1. Lenguas en contacto

Descripción de la actividad:

El objetivo de la plática es dar a conocer como es vivir y estudiar en una lengua que no es materna. La plática en "Lenguas en contacto" llevada a cabo en el marco de las actividades de la unidad de aprendizaje "Antropología Lingüística" con alumnos de Licenciatura en la Facultad de Antropología. Se abordó temas de la historia y cultura de Granada y China y su diferencia a la mexicana. Adicionalmente se trató de los desafíos, ventajas, desventajas y lo más difícil lingüísticamente estando en el extranjero entre otros. La sección fue interactiva con preguntas, respuestas y comentarios durante la hora de clase en la facultad de Antropología en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Fecha de inicio:

17 de noviembre de 2023

Fecha de término:

17 de noviembre de 2023

Institución en la que se realizó la actividad:

Universidad Autónoma del Estado de México

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Mtro. Ricardo Romero Aguirre

Datos de contacto del responsable de la actividad:

Correo electrónico: fantropologia@uaemex.mx

Tel. (722 219 46 15)

Descripción del impacto social de la actividad:

La plática en "Lenguas en contacto" aporta conocimientos de primera mano la perspectiva de alguien que está viviendo y estudiando México con un idioma materno distinta de la suya que es inglés. Si los estudiantes abarcan de estudiar en el futuro a un país extranjera con un idioma materno diferente a español y una cultura diferente de la suya tienen una idea en que esperar en cuanto a las ventajas, desventajas y desafíos para que la transición sea más informada, predecible y fácil para finalmente conduce al éxito en crecimiento personal, profesional y de su país.

Constancia de actividades de retribución social



Sahai Nichola Kerisa Gibbs
CVU 2330009


Mtro. Ricardo Romero Aguirre

PUESTO

Universidad Autónoma del Estado de México,
Facultad de Antropología



Universidad Autónoma del Estado de México
a través de la
Facultad de Antropología
Otorga la presente

Constancia

a

Sahai Nichola Kerisa Gibbs

Por su invaluable participación con la plática titulada "Lenguas en contacto" llevada a cabo en el marco de las actividades de la unidad de aprendizaje "Antropología Lingüística" a cargo del Mtro. Ricardo Romero Aguirre.

Tulancingo de Mérida, 17 de noviembre de 2024
Patria, Cultura y Trabajo
"2025: Celebración de los 100 años de la fundación del Instituto Cultural del Estado de México"




M. en D.A.E.S. Mónica Muñoz Martínez
Encargada del despacho de la Dirección





Constancia de actividades de retribución social

Actividad 1. Participación en una conferencia

Descripción de la actividad:

El nombre del tema fue "Inundaciones en Ciudades Costeras" objetivo de la conferencia fue platicar sobre el tema como ponente en el marco del seminario permanente de temas urbanos a través de MS Teams, Facebook y Youtube. La sección fue interactiva con preguntas, respuestas y comentarios durante la hora de exposición en la facultad de Planeación Urbana y Regional en la Universidad Autónoma del Estado de México. El contenido incluye antecedentes, la definición y regionalización de inundación, las regiones más expuestas y porque, la definición y fenómenos de ciudades costeras, las tendencias de ciudades costeras de México y Granada, proyecciones y respuestas mundiales a inundaciones y porque no han funcionado en nuestro contexto, un marco referencial y la justificación de la gobernanza resiliente/ la gobernanza para resiliencia en la investigación, los enfoques de la resiliencia y la importancia de las instituciones y por ultimo un breve descripción del método

Fecha de inicio:

11 de marzo de 2024

Fecha de término:

11 de marzo de 2024

Institución en la que se realizó la actividad:

Universidad Autónoma del Estado de México

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas

Datos de contacto del responsable de la actividad:

Correo electrónico: rmorenob@uaemex.mx

Tel. (722) 212 1938; 219 4613 y 212 9246 Ext. 173

Descripción del impacto social de la actividad:

El tema de "Inundaciones en Ciudades Costeras" aporta conocimientos de inundaciones porque a nivel mundial, las inundaciones y los desastres climáticos son los desastres más frecuentes y representaron más del 85% de todos los desastres en 2019. Las inundaciones afectan todo lo que encuentran, a diferencia de otros desastres. Las personas que viven en ciudades costeras en desarrollo en las regiones tropicales y ecuatoriales tienden a sufrir más a pesar de que la literatura actual indica lo contrario. Los países desarrollados

Constancia de actividades de retribución social

están más expuestos principalmente a sus grandes poblaciones y centros económicos, sin embargo, la exposición no significa vulnerabilidad y las pequeñas ciudades costeras de los países en desarrollo en áreas ecuatoriales y tropicales son más vulnerables debido a que un mayor porcentaje de su PIB se ve afectado durante un evento. La región experimenta más precipitaciones, se encuentran en zonas de huracanes, tifones y ciclones, y toda la ciudad puede verse afectada al mismo tiempo durante un evento. Los desafíos que enfrentan estas ciudades al abordar las inundaciones incluyen una mayor urbanización, capacidad e implementación institucional insuficientes, falta de datos o falta de disponibilidad de datos. Los enfoques internacionales sobre las inundaciones han sido estructurales y estructurales, y han demostrado ser inadecuados en estas ciudades costeras de los países en desarrollo. Las soluciones incluyen, entre otras, desarrollo de bajo impacto, diseño urbano sensible al agua, concepto de ciudad esponja e infraestructura verde; nuevamente han demostrado ser inútiles en estas ciudades costeras.



Sahai Nichola Kerisa Gibbs

CVU 2330009

Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas



Coordinadora de Estudios Avanzados
Facultad de Planeación Urbana y Regional



**La Universidad Autónoma del Estado de México y la
Facultad de Planeación Urbana y Regional**

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A la: MTRA. SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

Por su participación con la CONFERENCIA

“INUNDACIONES EN CIUDADES COSTERAS”

Que se llevó a cabo el 11 de marzo del 2024 en el marco del Seminario
Permanente de Temas Urbanos a través de MS Teams, Facebook y
Youtube

ATENTAMENTE

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

“2024, Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de Ciudad Universitaria”

DRA. EN C.A. y R.N. RUTH MORENO BARAJA
COORDINADORA DE ESTUDIOS AVANZADOS



**FACULTAD DE PLANEACIÓN
URBANA Y REGIONAL
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS
AVANZADOS**





La Universidad Autónoma del Estado de México a través del
Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, la Facultad de Planeación Urbana y Regional,
la Facultad de Geografía y la Red Mexicana de Recursos Hídricos

Otorgan la presente

Constancia

A:

Sahai Nichola Kerisa Gibbs

Por su participación como **INSTRUCTOR(A)** del curso: **"Fundamentos de Geoestadística con aplicaciones en la GIRH"**, dirigido a profesionales, profesores-investigadores y estudiantes de la Universidad Autónoma del Estado de México, impartido en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, del 10 al 14 de junio del presente año, con una duración de 25 horas, sin haber recibido remuneración alguna y con una evaluación favorable de 97/100.

Toluca, Estado de México; 14 de junio de 2024



Dr. Daury García Pulido
Encargado del Despacho de la
Dirección del IITCA

ATENTAMENTE

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2024, Conmemoración del 60 aniversario de la inauguración de Ciudad Universitaria"

Mtro. Isidro Rogel Fajardo
Director de la Facultad de Planeación
Urbana y Regional

Mtra. Lidia Alejandra González Becerril
Directora de la Facultad de Geografía

Dra. María Vicenta Esteller Alberich
Vicepresidenta de la Red Mexicana de
Recursos Hídricos

SOMOS
UAEM



Universidad Autónoma
del Estado de México

**La Facultad de Planeación Urbana y Regional, a través de la
Coordinación de Estudios Avanzados y la Coordinación de
la Maestría en Estudios de la Ciudad**

Otorgan la presente

Constancia

A:

SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

Por su participación y cumplimiento en el curso: ***“Esenciales de APA 7 para la escritura académica”***, que se llevo a cabo mediante la plataforma MS Teams, del 10 al 12 de julio de 2024, con una duración de 25 horas.

ATENTAMENTE

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

“2024, Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de ciudad Universitaria”



FACULTAD DE PLANEACIÓN
URBANA Y REGIONAL
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS
AVANZADOS

Dra. en C.A. y R.N. Ruth Moreno Barajas
Coordinadora de Estudios Avanzados

M. en E.C. Viridiana Rodríguez Sánchez
Coordinadora de la Maestría en Estudios de
la Ciudad



Constancia de actividades de retribución social

+Actividad 1. Participación en una conferencia

Descripción de la actividad:

El nombre del tema fue "Resiliencia ante Inundaciones: Abordajes Temáticos, Metodológicos y desde los Elementos Estructurales". El objetivo de la conferencia fue platicar sobre el tema como ponente en el marco del seminario permanente de temas urbanos a través de MS Teams, Facebook y Youtube. La sección fue interactiva con preguntas, respuestas y comentarios durante la hora de exposición en la facultad de Planeación Urbana y Regional en la Universidad Autónoma del Estado de México. El contenido incluye inundaciones tras el mundo, planteamiento del problema, caso comparativo, objetivo, gobernanza para la resiliencia ante inundaciones, metodología, casos revisados nacional e internacionalmente, resultados, aportaciones y conclusiones.

Fecha de inicio:

23 de septiembre de 2024

Fecha de término:

23 de septiembre de 2024

Institución en la que se realizó la actividad:

Universidad Autónoma del Estado de México

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas

Datos de contacto del responsable de la actividad:

Correo electrónico: morenob@usemex.mx

Tel. (722) 2121938, 219 46 13 y 212 92 46, Ext. 118, 204 y 173

Descripción del impacto social de la actividad:

La resiliencia ante inundaciones puede conducir a una reducción potencial del riesgo y fortalecer las capacidades locales contra las inundaciones, especialmente en las ciudades costeras, cuya principal actividad económica es el turismo. La investigación tuvo como objetivo, identificar los abordajes temáticos, metodológicos y elementos estructurales que han sido empleados para el análisis de la gobernanza para la resiliencia ante inundaciones. Para ello se llevó a cabo la revisión de acervo bibliográfico, con énfasis en el contexto de América Latina y el Caribe. Como resultado, se identificó que existe una relación directa entre el nivel de ingresos y los elementos estructurales de la gobernanza. Las metodologías de los países con más ingresos enfocan a la innovación para enfrentar a las inundaciones, en tanto que, para los países bajos, se destaca al gobierno, instituciones y sociedad como actores responsables. El enfoque de resiliencia ante inundaciones es principalmente adaptación, sin embargo, está basado en un aprendizaje práctico con

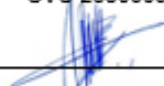
Constancia de actividades de retribución social

estrategias naturales y ecológicas, basadas en la prevención a nivel de arriba hacia abajo. Se concluye que cada ciudad es diferente con desafíos únicos y debe ser tratada como tal, por lo que no existe un modelo único de gobernanza para la resiliencia en las ciudades costeras ante inundaciones. Se debe mejorar la colaboración entre los actores, actualizar las políticas de planificación para incluir evaluaciones de riesgo de inundación, fomentar la transferencia de conocimientos y mejorar la absorción de este a través de un aprendizaje práctico y continuo.



Sahai Nichola Kerisa Gibbs

CVU 2330009



Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas

PUESTO

Universidad Autónoma del Estado de México,

Coordinadora de Estudios Avanzados



Universidad Autónoma
del Estado de México

**La Universidad Autónoma del Estado de México y la
Facultad de Planeación Urbana y Regional
A través de la Coordinación de Estudios Avanzados
Otorgan la presente**

CONSTANCIA

A la: MTRA. SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

Por su participación con la **CONFERENCIA**

**“RESILIENCIA ANTE INUNDACIONES: ABORDAJES TEMÁTICOS,
METODOLÓGICOS Y DESDE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES”**

Que se llevó a cabo el 23 de septiembre del 2024 en el marco del
Seminario Permanente de Temas Urbanos a través de MS Teams,
Facebook y Youtube

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

“2024, Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de Ciudad Universitaria”

DRA. EN C.A. y R.N. RUTH MORENO BARAJA
COORDINADORA DE ESTUDIOS AVANZADOS



**FACULTAD DE PLANEACIÓN
URBANA Y REGIONAL
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS
AVANZADOS**



SePTU
Seminario Permanente de Temas Urbanos





Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca, México a 20 de septiembre del 2024

INVITACIÓN

**MTRA. SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS
PRESENTE**

Me permito extenderle una cordial invitación para impartir la conferencia **"RESILIENCIA ANTE INUNDACIONES: ABORDAJES TEMÁTICOS, METODOLÓGICOS Y DESDE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES"** en el marco del SEMINARIO PERMANENTE DE TEMAS URBANOS, programado para el 23 de septiembre del presente a las 18:00 horas, a través de MS Teams, Facebook y Youtube.

Su experiencia destacada en temas de resiliencia en ciudades costeras, se convierte en un elemento fundamental para engalanar el ciclo de charlas del segundo semestre del año del Seminario Permanente de Temas Urbanos. Esta iniciativa es organizada por los estudiantes del programa de Doctorado en Urbanismo de la Facultad de Planeación Urbana y Regional. Esperamos contar con su valiosa participación, enriqueciendo nuestro evento con su conocimiento y perspectiva única.

Le agradezco sinceramente su tiempo y consideración.

Saludos Cordiales.

**ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**

"2024, Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de Ciudad Universitaria"

DRA. EN C.A. y R.N. RUTH MORENO BARAJAS
COORDINADORA DE ESTUDIOS AVANZADOS



FACULTAD DE PLANEACIÓN
URBANA Y REGIONAL
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS
AVANZADOS



SePTU
Seminario Permanente de Temas Urbanos



Mariano Metamoros Sur s/n esquina Paseo Tollocan, Colonia Universidad C. P. 50130
Toluca, Estado de México. Tels: (722) 212-1938, 212-9246 y 219-4613
www.uaemex.mx



III SEMINARIO DE TURISMO Y CAMBIO CLIMÁTICO



Zapopan, Jalisco

29 de julio 2024

Sahai Nichola Kersia Gibbs
Arturo Venancio Flores
Carlos Alberto Pérez Ramírez

Distinguidos autores:

Agradecemos su interés y atención para participar en el III Seminario Internacional de Turismo y Cambio Climático.

Tenemos el gusto de comunicarle la aceptación de la ponencia *Gobernanza resiliente ante inundaciones: abordajes temáticos, metodológicos y desde los elementos estructurales*, para ser presentada durante el evento que se efectuará los días 6 y 7 de septiembre de 2024 en modalidad híbrida, en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, o por medio virtual.

Aprovechamos para recordarle que deberá remitir el extenso a más tardar el día 20 de agosto, conforme a los criterios establecidos en la convocatoria, a los correos electrónicos: erika.cardenas@elcolegiodejalisco.edu.mx y/o ribanez@uabcs.mx

Agradeciendo su participación, reciban un cordial saludo.

Erika Patricia Cárdenas Gómez

Reyna María Ibáñez Pérez

Actividad 1. Participación en una conferencia

Descripción de la actividad:

El nombre del tema fue “Marco para el análisis de la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia de inundaciones en ciudades costeras de las islas del Caribe”. El objetivo de la conferencia fue platicar sobre el tema como ponente, en el marco del Seminario Permanente de Temas Urbanos, a través de MS Teams, Facebook y YouTube. La sesión fue interactiva, con preguntas, respuestas y comentarios durante la hora de exposición, en la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México.

El contenido incluyó el objetivo; definiciones de las islas del Caribe, ciudades costeras e inundaciones; el problema; elementos comunes de la zona; caracterización de los estudios de caso; revisión de literatura sobre vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia; importancia del marco para las inundaciones; matrices de vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia; resultados; soluciones implementadas; y conclusiones.

Fecha de inicio:

30 de abril de 2025

Fecha de término:

30 de abril de 2025

Institución en la que se realizó la actividad:

Universidad Autónoma del Estado de México

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas

Datos de contacto del responsable de la actividad:

Correo electrónico: rmorenob@uaemex.mx

Tel. (722) 212 1938; 219 4613 y 212 9246 Ext. 173

Descripción del impacto social de la actividad:

El tema de “Inundaciones en Ciudades Costeras” aporta conocimientos de inundaciones porque A nivel mundial, aproximadamente 2.15 mil millones de personas viven en áreas costeras, y estudios sugieren que la pérdida porcentual del Producto Interno Bruto (PIB) suele ser mayor en los países en desarrollo, incluso cuando las pérdidas monetarias absolutas son más altas en las economías

desarrolladas. La región del Caribe ha experimentado algunos de los daños más significativos causados por desastres a nivel mundial, medidos en términos de afectación a su PIB.

Esta investigación tiene como objetivo formular un marco para analizar la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia de las ciudades costeras en las islas del Caribe ante inundaciones asociadas con la variación climática. Asimismo, busca analizar y desarrollar estrategias efectivas de resiliencia ante inundaciones mediante la evaluación de los factores sociales, políticos, económicos, ambientales y territoriales que influyen en la vulnerabilidad, gobernanza y resiliencia.

Aunque no se trata de una investigación aplicada, la metodología incluye la construcción de un índice de vulnerabilidad basado en 20 indicadores, refinado con herramientas de software avanzadas. También contempla el desarrollo de un diagrama de red de gobernanza para mapear las relaciones entre los actores clave en la gestión de inundaciones y una evaluación de la resiliencia basada en elementos estructurales y enfoques reconocidos internacionalmente. Se utilizó un enfoque cualitativo, realizando un análisis de contenido de 15 publicaciones entre 2012 y 2025.

Los resultados destacan la importancia de la coordinación y asignación de recursos, especialmente entre instituciones, en la gobernanza efectiva de la resiliencia frente a inundaciones. Además, subrayan la necesidad de una toma de decisiones informada y esfuerzos colaborativos. La investigación propone un modelo de gobernanza adaptado a las ciudades costeras de las islas del Caribe, enfatizando la coordinación entre actores y la capacidad institucional para fortalecer la resiliencia ante las inundaciones inducidas por la variación climática.



Sahai Nichola Kerisa Gibbs

CVU 2330009



Dra. en C.A. y RN. Ruth Moreno Barajas

PUESTO

Universidad Autónoma del Estado de México,
Coordinadora de Estudios Avanzados



Universidad Autónoma
del Estado de México

**La Universidad Autónoma del Estado de México y la
Facultad de Planeación Urbana y Regional a través de la
Coordinación de Estudios Avanzados**

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A la: MTRA. SAHAI NICOLA KERISA GIBBS

Por su participación con la **CONFERENCIA**

**“Marco para el análisis de la vulnerabilidad,
gobernanza y resiliencia de inundaciones en
ciudades costeras de las Islas del Caribe”**

Que se llevó a cabo el 30 de abril del 2025 en el marco del Seminario
Permanente de Temas Urbanos a través de MS Teams, Facebook y
Youtube

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

DRA. EN C.A. y R.N. RUTH MORENO BARAJAS
COORDINADORA DE ESTUDIOS AVANZADOS



FACULTAD DE PLANEACIÓN
URBANA Y REGIONAL
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS
AVANZADOS



SePTU
Seminario Permanente de Temas Urbanos







LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO
OTORGA LA PRESENTE

Constancia

CON NÚMERO DE FOLIO: SV-CZM 035

A:

SAHAI NICHOLA KERISA GIBBS

COMO PARTICIPANTE EN EL "TALLER INUNDACIONES PLUVIALES EN MICROENTORNOS URBANOS", CON VALOR DE 20 HORAS. ACTIVIDAD DE EXTENSIÓN Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA, REALIZADA DEL 21 AL 23 DE MAYO DE 2025.

"Fructificar la razón: trascender nuestra cultura"

COZUMEL, QUINTANA ROO, MÉXICO, MAYO DE 2025



DR. ANTONIO RIQUIERA BONFIL
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN,
POSGRADO Y VINCULACIÓN



DRA. LUCINA ARROYO ARCOS
DIRECTORA DE LA DIVISION DE CIENCIAS
MULTIDISCIPLINARIAS COZUMEL



DR. OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ
SECRETARIO TÉCNICO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIVISION DE CIENCIAS MULTIDISCIPLINARIAS COZUMEL



Constancia de actividades de retribución social

Actividad 1. Participación y supervisión del trabajo de campo: realizar análisis para medir parámetros físico de la calidad del agua y del suelo, análisis ambiental y espacial, aplicación de un sondeo social en la cabecera municipal para conocer la percepción respecto al manejo de residuos sólidos urbanos.

Descripción de la actividad:

El tema de la actividad fue "**Residuos sólidos en Villa Guerrero, Estado de México**". El objetivo fue analizar los desafíos que enfrenta el municipio en la gestión de los residuos generados. En Villa Guerrero, Estado de México, se produce una cantidad significativa de desechos sólidos derivados principalmente de las actividades florícolas y comerciales. La acumulación de basura representa una fuente constante de quejas públicas, mientras que la floricultura ha sido asociada de manera informal con enfermedades relacionadas con la salud, como ciertos tipos de cáncer, causados por la disposición inadecuada de residuos orgánicos e inorgánicos, principalmente plásticos.

La actividad fue realizada por el Departamento de Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, con la participación de docentes investigadores, incluyendo Mtro. Leonel Palma Millán y Dr. Gustavo Álvarez Arteaga, y estudiantes de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Las acciones desarrolladas incluyeron el análisis de suelo y agua para detectar posibles contaminantes, la aplicación de encuestas sobre recolección de basura y educación ambiental, con el propósito de proporcionar al municipio estrategias viables para enfrentar los impactos negativos de los residuos sólidos en Villa Guerrero.

Fecha de inicio:

24 de octubre de 2025 desde las 6:30 AM

Fecha de término:

24 de octubre de 2025 a las 8:10 PM

Institución en la que se realizó la actividad:

Ayuntamiento de Villa Guerrero, Estado de México y Facultad de Planeación Urbana y Regional de Universidad Autónoma del Estado de México

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Ing. Nancy Nayeli Pedroza Guadarrama, Directora de Ecología y Medio Ambiente

Constancia de actividades de retribución social

Datos de contacto del responsable de la actividad:

Correo electrónico: preservación_ma@gmail.com

Tel. 714 146 0006

Descripción del impacto social de la actividad:

La actividad tuvo un impacto social significativo al fomentar la concienciación y participación comunitaria para abordar los desafíos ambientales locales relacionados con los residuos sólidos. Mediante el análisis de la contaminación del suelo y el agua, los residentes comprenderían mejor cómo la gestión inadecuada de los residuos, especialmente los provenientes de la floricultura y las actividades comerciales, afecta su salud y su entorno. Las encuestas sobre recolección de residuos y educación ambiental fomentaron el diálogo entre los ciudadanos de Villa Guerrero, las autoridades locales y las instituciones académicas, fortaleciendo así la colaboración para prácticas más sostenibles. Además, los hallazgos proporcionarían al municipio recomendaciones basadas en evidencia para mejorar los sistemas de gestión de residuos, contribuyendo así a la protección de la salud pública, la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico continuo de la comunidad de Villa Guerrero, Estado de México.

.....
Sahai Nichola Kerisa Gibbs

CVU 2330009



Firma y sello

Ing. Nancy Nayeli Pedroza Guadarrama

Directora de Ecología y Medio Ambiente

Ayuntamiento de Villa Guerrero, Estado de México





Doctorado en Urbanismo

October 12 at 2:50 PM · 🌐



La Facultad de Planeación a través del Doctorado en Urbanismo, siempre preocupados por el rescate al medio ambiente, este 11 de Octubre colocaron tutores a cerca de 120 árboles en el predio que otorgó el H. Ayuntamiento de Toluca para su preservación. ¡Las pequeñas acciones generan grandes cambios;

