



A QUIEN CORRESPONDA

La que suscribe, Coordinadora de Investigación y Estudios Avanzados de la Facultad de Química, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de México, **HACE CONSTAR** que el **Dr. Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo** participó como Director de Tesis de la siguiente Evaluación de grado:

- **EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD MULTIESCALAR. El caso del municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.** Del estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales Margarito Jiménez Cruz, cuya evaluación se realizó el 04 de agosto de 2017.

A petición del interesado y para los fines legales a que haya lugar, se extiende la presente Constancia en la ciudad de Toluca, Estado de México, a los cuatro días del mes de agosto del año dos mil diecisiete.

**ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**

"2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"



**DRA. PATRICIA BALDERAS HERNÁNDEZ
COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
FACULTAD DE QUÍMICA**

U.A.E.M.
FACULTAD DE QUÍMICA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS AVANZADOS





Universidad Autónoma del Estado de México
UAEM

020114

ACTA DE EVALUACIÓN
DE POSGRADO

539

No.



D.F. J. J.
FACULTAD DE QUÍMICA
DIRECCIÓN

FIRMA DEL ASISTENTE

NÚMERO DE CUENTA

8922122

ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SI PRESENTA TACHOS O RASGOS ENMASCARADOS

EN LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO SIENDO
LAS 13:00 HORAS DEL DÍA 4 DE AGOSTO DE 2017 SE REUNIERON EN LA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE QUÍMICA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, LOS SUSCRITOS PROFESORES
INTEGRANTES DEL JURADO:

PRESIDENTE DR. EN C. A. R. N. JESUS GASTON GUTIERREZ CEDILLO
PRIMER VOCAL DR. EN A. S. J. ISABEL JUAN PEREZ
SEGUNDO VOCAL DR. EN C. SALVADOR ADAME MARTINEZ
TERCER VOCAL DRA. EN C. GABRIELA ROA MORALES
SECRETARIO DR. EN C. MIGUEL ANGEL BALDERAS PLATA

QUIENES FUERON DESIGNADOS PARA LLEVAR A CABO LA EVALUACION DE
DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

DE EL(LA) C. MARGARITO JIMENEZ CRUZ

QUIEN CUMPLIO CON LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS VIGENTES Y PRESENTO
TESIS CUYO TITULO ES:

EVALUACION DE LA SUSTENTABILIDAD MULTIESCALAR, EL CASO DEL MUNICIPIO DE COYOACAC Y LA COMUNIDAD DE SAN JUAN
COAHUILA, ESTADO DE MEXICO

UNA VEZ REALIZADA LA EVALUACION CORRESPONDIENTE, EN TERMINOS DE LA LEGISLA-
CION UNIVERSITARIA LOS MIEMBROS DEL JURADO RESOLVIERON:
APROBADO POR UNANIMIDAD DE VOTOS

ACTO CONTINUO, EL PRESIDENTE LE HIZO SABER EL RESULTADO DE SU EVALUACION Y PROCEDIO
A TOMARLE LA PROTESTA REGLAMENTARIA
SE DIO POR TERMINADO EL ACTO, SIENDO LAS 15:00 HORAS DEL DIA
DE LA FECHA INDICADA, LEVANTANDOSE LA PRESENTE ACTA.

PRESIDENTE DR. EN C. A. R. N. JESUS GASTON GUTIERREZ CEDILLO		
PRIMER VOCAL DR. EN A. S. J. ISABEL JUAN PEREZ	SEGUNDO VOCAL DR. EN C. SALVADOR ADAME MARTINEZ	TERCER VOCAL DRA. EN C. GABRIELA ROA MORALES
SECRETARIO DR. EN C. MIGUEL ANGEL BALDERAS PLATA		

LOS SUSCRITOS DIRECTOR Y COORDINADOR DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE QUÍMICA

CERTIFICA

QUE LA FIRMA QUE ANTECEDEN SON AUTÉNTICAS Y CORRESPONDEN A LOS SEÑORES PROFESORES CUYOS
NOMBRES APARECEN EN ESTA ACTA:

 DR. EN C. ERICK CUEVAS YANEZ D.F. J. J. FACULTAD DE QUÍMICA DIRECCIÓN EL DIRECTOR	 DRA. PATRICIA BALDERAS HERNANDEZ D.F. J. J. FACULTAD DE QUÍMICA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIAS AVANZADAS EL COORDINADOR DE POSGRADO
---	---



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN CIENCIAS AMBIENTALES

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD MULTIESCALAR

El caso del municipio de Ocoyoacac y la
Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de
México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A:

MARGARITO JIMÉNEZ CRUZ

DIRIGIDA POR:
DR. JESUS GASTÓN GUTIEREZ CEDILLO
DR. JOSÉ ISABEL JUAN PÉREZ
DR. CARLOS GONZÁLEZ ESQUIVEL



TOLUCA, MÉXICO AGOSTO DE 2017

CONTENIDO

Resumen	3
Agradecimientos	5
Introducción	6
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	17
1.1 Evolución del concepto de sustentabilidad.....	18
1.2 Desarrollo sustentable. Un modelo ideal.....	22
1.3 Indicadores de sustentabilidad simplificación de la complejidad	24
1.3.1 Características y construcción de ISs.....	25
1.3.2 Clasificación y aplicación de los ISs.....	28
1.4 Marcos metodológicos en evaluación de sustentabilidad. Un enfoque integrado.....	32
1.5 Nuevos enfoques en evaluación de sustentabilidad.....	42
1.5.1 Evaluación de sustentabilidad multicriterio.....	42
1.5.2 Análisis multietapa para la evaluación de sustentabilidad con visión prospectiva y dinámica.....	47
1.5.3 Análisis multidisciplina en el enfoque de sustentabilidad.....	49
1.5.4 Programación matemática y lógica difusa para el estudio de sustentabilidad.....	53
1.6 Enfoque de multiescalas para la evaluación de sustentabilidad.....	58
1.7 Prospectiva y construcción de escenarios.....	66
1.7.1. El Escenario deseado.....	68
1.7.2. El Escenario tendencial.....	68
CAPITULO II. METODOLOGÍA	71
2.1 Contextualización del área de estudio e identificación de actores a diferentes escalas.....	72
2.2 Definición de escalas de análisis y objetivos de los actores a diferentes escalas.....	72
2.3. Selección de atributos e indicadores en ambas escalas.....	73
2.4. Determinación de métodos y unidades de medición.	76
2.5 Medición y monitoreo de indicadores.....	79
2.6.- Integración de indicadores y atributos en las dos escalas	79
2.7.- Construcción de escenarios deseados y tendenciales de acuerdo a la situación actual y de acuerdo a los objetivos sociales.....	80
2.7.1 Escenarios deseados.....	80
2.7.2 Escenarios tendenciales.....	80
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
3.1 Primer Artículo: Publicado en la Revista Quivera ISSN: 1405-8626 No 17, Vol. 2. 2015....	94
3.2 Segundo Articulo: Enviado a la Revista Periplo Sustentable ISSN electrónico: 1870-9036.	113

3.3 Tercer Artículo: Enviado a la Revista Ciencia Ergo Sum ISSN: 1405-0269.....	133
3.4 Resultados de Investigación.....	154
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL.....	160
CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....	175
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES.....	178
REFERENCIAS.....	184

ÍNDICE DE CUADROS

Número

1.	Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.....	74
2.	Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.....	75
3.	Determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.....	77
4.	Determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.....	78
5.	Varianza total explicada para el índice de marginación socioeconómica, 2005.....	84
6.	Varianza total explicada para el índice de marginación socioeconómica, 2010.....	88
7.	Determinación de objetivos y criterios para la evaluación prospectiva en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.....	154
8.	Determinación de objetivos y criterios para la evaluación prospectiva en la escala municipal, para el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.....	158

RESUMEN

En este trabajo de investigación se utilizó un marco metodológico para la evaluación de la sustentabilidad en diferentes escalas de análisis, que permitió cuantificar, integrar y modelar indicadores de sustentabilidad en dos escalas geográficas, el municipio y la localidad. La presente investigación se realizó en el municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya, en el Estado de México. El ciclo de evaluación inicial fue dividido en dos fases: La primera se enfocó en el análisis de sistemas, en la cual se derivaron los criterios e indicadores específicos para ambas escalas; primero se contextualizó el área de estudio y se identificaron los actores en las dos escalas espaciales; posteriormente se definieron los niveles de análisis y los objetivos de los actores en ambas escalas espaciales; a continuación se procedió a presentar el análisis en dos niveles: por atributos de forma cualitativa; y por indicadores de manera cuantitativa en las dos etapas consideradas; en la segunda fase de síntesis del sistema, se llevó a cabo la cuantificación e integración de indicadores. Por último, se presenta la comparación conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores y objetivos de los actores sociales en las dos escalas espaciales. En la etapa final de la evaluación fueron modeladas alternativas y se construyeron escenarios para la sustentabilidad. El escenario deseado se realizó a través de la participación social, de los principales actores sociales que tienen influencias políticas, económicas, culturales, religiosas, etc. de esta forma la concepción de las personas, hace que el rumbo del municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya sea viable.

Palabras clave: Evaluación, escenarios, indicadores, multiescalar, sustentabilidad.

ABSTRACT

In this research a methodological framework for sustainability assessment at different scales of analysis, which quantifies, integrate and model sustainability indicators in two geographic scales, the municipality and the town was used. This research is carried out in the municipality of Ocoyoacac and the Community of San Juan Coapanoaya, in the State of Mexico, Mexico. The initial evaluation cycle was divided into two phases: The first focused on systems analysis, in which the criteria and indicators for both scales were derived; first the study area was contextualized and actors are identified in two spatial scales; then the levels of analysis and objectives of the actors in both spatial scales are defined; then we proceed to present the analysis in two levels: qualitative attributes; and quantitatively indicators in the community of San Juan Coapanoaya; then the analysis is presented on two levels: by attributes and indicators in the municipality of Ocoyoacac; Finally, the conceptual, methodological and geographical comparison of indicators and objectives of social actors in the two spatial scales, in the second stage synthesis system, was carried out quantification and integration indicators presented. In the final stages of evaluating alternatives and scenarios they were modeled for sustainability were built. The desired scenario was made through the Social Participation of major stakeholders who have, economic, cultural, religious, political influence, etc. thus the idea of people, makes the course of the municipality of Ocoyoacac and the Community of San Juan Coapanoaya feasible.

Keywords: Evaluation, scenarios, indicators, multi-scale, sustainability.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento y apoyo para la realización de este trabajo.

Al Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Ambientales.

Al Dr. Jesús Gastón Gutiérrez por todo el apoyo y paciencia para la realización de este trabajo. Al Dr. Carlos González por sus aportaciones y comentarios.

A los revisores por sus comentarios y sugerencias para la mejor realización del presente trabajo.

A Susana y Melissa por todo el apoyo brindado durante todo este tiempo, gracias por ser parte importante en mi vida.

A mis padres y hermanos.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Evaluar la sustentabilidad no es un asunto sencillo puesto que no es posible cuantificarla desde un enfoque objetivo y reduccionista (Bell y Morse, 1999). Si bien el debate en la definición y medición de sustentabilidad es en sí mismo un *continuum* de larga duración, existe el consenso de que las principales dimensiones de la sustentabilidad, física, biológica, económica y social, deben ser integradas en una forma aún indefinida para lograr progreso. Las dimensiones física y biológica están relacionadas con el incremento de la productividad y el mantenimiento de la base productiva de recursos; las dimensiones económica y social están relacionadas con la estabilidad económica en el largo plazo y la viabilidad de las familias campesinas y las comunidades rurales en que ellas operan (Dumanski *et al.*, 1998)

Cualquier medición de la sustentabilidad física y biológica debe combinar mediciones de incremento de la productividad, protección de recursos naturales y aceptabilidad social aspectos que la FAO integra en el Marco Metodológico para evaluar el manejo sostenible de la tierra (FESLM) que ellos proponen; en el que se presenta un conjunto completo de indicadores de calidad de la tierra para describir el estado de los recursos biofísicos, y afirman que no se tienen procesos similares para los indicadores sociales y económicos.

Astier (2003) por su parte menciona tres grandes sistemas de evaluación: (1) listas de indicadores de sustentabilidad (ISs) cuyas limitaciones principales son las dificultades para decidir su adecuación y para integrar resultados; (2) índices, tales como “Total Factor Productivity” y “Farmer Sustainability Index”; cuyas limitaciones respectivamente son, que el primero si bien incluye consideraciones económicas, sociales y ambientales concluye en una valoración económica y el segundo incluye la calificación y ponderación de prácticas, concluye en un índice numérico, que dificulta la retro alimentación; ambos muestran deficiencias debidas a la predeterminación de los ISs y a la cuestionabilidad de los pesos relativos asignados a ellos; (3) el tercer sistema de evaluación mencionado por ella consiste en los marcos metodológicos.

López-Ridaura (2005) desarrolló un marco metodológico para la evaluación de la sustentabilidad a diferentes escalas de análisis, contempla estrategias metodológicas para la derivación de indicadores de manera clara para los diferentes actores relacionados a los sistemas de manejo de recursos naturales (SMRN). Como base para la derivación de indicadores definió cinco propiedades básicas de los sistemas sustentables. Por un lado Productividad y Estabilidad y, por otro lado su capacidad para responder a cambios en su funcionamiento o su ambiente, Confiabilidad, Resiliencia¹ y Adaptabilidad. Estas cinco propiedades pueden ser abordadas desde cualquier disciplina y para cualquier escala de análisis y representan, por un lado, la capacidad de los SMRN para producir los bienes y servicios deseados por los diferentes actores sin que esto conduzca al deterioro de sus recursos.

López-Ridaura (2005) para la cuantificación e integración de indicadores desarrolló un modelo Multiescalar de Programación Linear de Objetivos Múltiples en el que indicadores a diferentes escalas de análisis, pueden ser utilizados como función objetivo o restricciones en la formulación de escenarios.

Gutiérrez (2007) presenta una experiencia de evaluación de la sustentabilidad aplicando como base el “Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad” (MESMIS), en el ámbito de una finca experimental, en donde se evaluaron técnicas de manejo agroecológico, tales como el cultivo en contorno, islas de árboles multipropósito, cultivos forrajeros asociados, lotes de contención de erosión con técnicas vegetativas y manejo agroecológico, y su efecto en aspectos económicos sociales y ambientales de la finca. Se evaluaron los cinco atributos considerados por López Ridaura (2005) y se agregaron, autogestión, autodependencia y equidad.

En la experiencia de Gutiérrez (2007) la intervención agroecológica logró mejorar los ISs ambientales y sociales si bien en el corto plazo los ISs económicos se

¹ Resiliencia, la capacidad del sistema para soportar tensiones y volver rápidamente a un estado de equilibrio

estabilizaron o mostraron decrementos. El análisis por atributos permitió mostrar aspectos cualitativos que la evaluación por ISs no aclara.

El municipio de Ocoyoacac forma parte del sistema montañoso de las Cruces, el cual se localiza en la porción central del Estado de México y colinda con los municipios de Lerma y Huixquilucan al norte; con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec al oeste; con Jalatlaco, Capulhuac y Santiago Tianguistenco al sur y con el Distrito Federal al este. Cuenta con una superficie de 13,471 hectáreas y una población total de 54,224 habitantes distribuidos en 32 comunidades censales.

Dentro del municipio se encuentran los Bienes Comunales de San Juan Coapanoaya, cuenta con una población de 550 habitantes, de estos 167 son comuneros con derechos.

Como primer paso se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para las diferentes escalas respectivamente. En lo que se refiere a la contextualización del área de estudio, fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; y se realizó la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las diferentes escalas.

Las herramientas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos son el desarrollo o uso de tipologías campesinas y la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos para manejo de recursos naturales.

Para involucrar a los actores sociales, la principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas relevantes de evaluación. Las escalas de análisis para evaluar sustentabilidad están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos.

Posteriormente se realizó la selección de atributos e indicadores en ambas escalas. Los atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, y el municipio de Ocoyoacac, Estado de México. Se trabaja con ocho atributos generales que son: Productividad, Estabilidad, Confiabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Autogestión, Autoorganización y Equidad, estos atributos se utilizaron para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y con ellos se realizó la derivación de los indicadores utilizados en el proceso de evaluación.

Después se hizo la determinación de métodos y unidades de medición. Los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en escala local. En este nivel de análisis la principal fuente de información fueron las encuestas y entrevistas aplicadas a los habitantes de la Comunidad. Los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal. Para esta escala de análisis la principal forma de obtención de la información fueron las estadísticas de fuentes gubernamentales.

La cuantificación e integración de indicadores han sido una pregunta común en investigaciones y desarrollo de proyectos relacionados con la evaluación de sustentabilidad en el contexto de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales.

Generalmente, son medidos, calculados o estimados series de indicadores, para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes, comúnmente incluyen el sistema actual y un sistema alternativo, una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinados y aplicados exitosamente. En esta etapa del desarrollo de la investigación se realizó una integración conceptual y metodológica, en relación con los objetivos de los actores sociales, esto permitió comparar los indicadores de cada una de las escalas de análisis.

Justificación

Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre Evaluación de Sustentabilidad, es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad. En este estudio la selección de indicadores estuvo basada en los objetivos de los actores sociales en las dos escalas, por lo que es importante que en futuros estudios se tomen en cuenta los objetivos de los actores sociales para derivar los indicadores de sustentabilidad.

A nivel internacional y nacional se han realizado una variedad de investigaciones para evaluar la sustentabilidad. En nuestro país se han elaborado a nivel local y regional, pero no se han realizado trabajos en los que se hayan desarrollado marcos de evaluación de la sustentabilidad a diversas escalas, ya que aún se tienen pocas experiencias en las que se integran dos o más escalas de análisis, ya que los actores interactúan operando a diferentes escalas. Por lo que en este trabajo de investigación se realizó la cuantificación e integración de los indicadores de las dos escalas de análisis.

Se consideró importante desarrollar la investigación multiescalar enfocada a la integración conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores, que permita entender las relaciones, sociales, políticas, económicas y en cuanto al manejo de sus recursos naturales; y así hacer factible el diseño de escenarios futuros en las dos escalas espaciales de análisis. Esto permitirá diseñar estrategias o programas para poder mejorar las condiciones de vida de la población tanto del municipio como de la localidad.

La aportación a las Ciencias Ambientales es la búsqueda elementos teóricos metodológicos y geográficos que permitan la integración de las dos escalas, espaciales; esto implica la integración conceptual, metodológica y geográfica: la integración conceptual consistió en el análisis comparativo de los indicadores de las dos escalas, con la finalidad de detectar las similitudes y diferencias entre ellos de acuerdo a la escala. La integración metodológica se logro al comparar los

métodos de obtención de la información para la medición de los indicadores, y así identificar los métodos más apropiados para cada escala de análisis.

La integración geográfica se realizó mediante el análisis de la problemática social, económica, ambiental y política de la comunidad y del municipio; en este caso represento la mayor dificultad intelectual, ya que fue necesario profundizar en el conocimiento de la realidad de ambos entes espaciales; y que adquiere mayor complejidad debido a la interacción constante entre los habitantes del comunal con los líderes sociales del municipio.

Es por esto que consideramos que en estudios futuros de evaluación de sustentabilidad en diversas escalas; es imprescindible que se realice la integración, conceptual, metodológica y geográfica como se presenta en este estudio.

Otra de las aportaciones científicas que se hace en esta tesis doctoral es la construcción de escenarios mediante prospectiva. En este caso se construyeron escenarios deseados en las dos escalas basados en métodos participativos, incluida la consulta a los líderes sociales del municipio y del comunal. Consideramos que escenarios deseados en diversas escalas espaciales deben hacerse mediante métodos participativos.

Mediante programación en SIG se construyeron escenarios tendenciales en ambas escalas espaciales mediante indicadores social, político y ambiental. El escenario social se construyó a partir del índice de marginación; el escenario político se construyó a partir del índice de volatilidad político electoral. El escenario ambiental se construyó a partir a partir de los cambios en la cobertura forestal. En casos futuros de construcción de escenarios mediante programación en SIG es imprescindible seleccionar indicadores de los que esté disponible información en diversos periodos de tiempo.

Los beneficios para el área de estudio se resumen: para el comunal este estudio les permitirá la planeación del uso de sus recursos, con la cual pueden mejorar su

calidad de vida. Para el municipio les será útil en el establecimiento de estrategias y programas basados en políticas integrales con consideraciones políticas, sociales, económicas y ambientales enfocadas a la sustentabilidad del territorio.

Planteamiento del problema

La evaluación de la sustentabilidad se ha convertido en uno de los temas a investigar en diferentes partes del mundo, debido a los rápidos y complejos cambios en el ritmo y utilización de los recursos naturales, todo ello generando variación en la estructura composición y calidad de los mismos, forjando también alteraciones en la sociedad en su conjunto.

De acuerdo con López-Ridaura (2008), la evaluación multiescalar es indispensable, ya que comúnmente existen diferentes actores relacionados con el manejo de recursos naturales en una misma zona, quienes operan a partir de objetivos y preocupaciones a diferentes escalas espaciales y temporales. Cada uno de estos actores, según sus objetivos y la escala a la que operan, tiene su propia concepción de la sustentabilidad y por tanto una agenda de acciones acorde con ello. Por esto, se requieren experiencias concretas sobre Evaluación de la Sustentabilidad integrando diferentes escalas espaciales.

Preguntas de investigación

- 1.- ¿Cuáles son los objetivos de los actores sociales a nivel de localidad y a nivel de municipio que permitan derivar indicadores de sustentabilidad?
- 2.- ¿Cuáles son los indicadores de sustentabilidad más apropiados para evaluar la sustentabilidad a nivel de localidad y municipio?
- 3.- ¿Cómo se integran los indicadores obtenidos en diferentes escalas de SMRN?
- 4.- ¿Cómo se desarrollan e integran los atributos generales ó propiedades de sustentabilidad en diferentes escalas?
- 5.- ¿Cuáles son los escenarios ante diversos sistemas de manejo de recursos naturales en ambas escalas?

Hipótesis

Es posible realizar la evaluación de sustentabilidad por medio de indicadores y atributos generales integrando diversas escalas de análisis.

Objetivo General

Realizar la evaluación de sustentabilidad multiescalar, a través de la integración de métodos en diversas escalas, con fundamento en un estudio de caso.

Objetivos Particulares

- 1.- Identificar los objetivos de los actores sociales que permitan derivar los indicadores de sustentabilidad y los escenarios tendenciales en ambas escalas.
- 2.- Aplicar los indicadores identificados para el manejo de recursos naturales en ambas escalas y generar los escenarios en las dos escalas
- 3.- Evaluar la sustentabilidad a nivel de localidad en la Comunidad de San Juan Coapanoaya y municipal en el municipio de Ocoyoacac.
- 4.- Integrar los indicadores y la evaluación en las dos escalas
- 5.- Evaluar el desarrollo e integración de los atributos generales ó propiedades de sustentabilidad en diferentes escalas.
- 6.- Prospeccionar escenarios en ambas escalas

La presente investigación está dividida en tres capítulos. En el capítulo uno, se hace una revisión teórica sobre la evaluación del concepto de sustentabilidad, del concepto de desarrollo sustentable como ha ido evolucionando a través del tiempo cuándo la sustentabilidad estaba asociada con el mantenimiento de la calidad ambiental y en la actualidad es la quinta esencia del holismo práctico. Posteriormente se hace referencia a los Indicadores de sustentabilidad (ISs), los cuáles son de gran utilidad para aumentar la capacidad de toma de decisiones, ya que permiten contar con información de las intervenciones de manejo más apropiadas para el sistema, a continuación se discuten las características y construcción de ISs, así como su clasificación y aplicación destacando la importancia de definir sobre cuántos y cuáles ISs pueden ser utilizados de acuerdo al sistema a evaluar.

Posteriormente se resalta la importancia que tienen los marcos metodológicos en evaluación de sustentabilidad. Para esto se abordan los nuevos enfoques en Evaluación de Sustentabilidad, comenzando por la evaluación de sustentabilidad multicriterio, para seguir con el análisis multietapa para la evaluación de sustentabilidad con una visión prospectiva y dinámica. Para finalizar el capítulo se analiza el enfoque multiescala para la evaluación de sustentabilidad y el enfoque de prospectiva y construcción de escenarios.

En el capítulo dos se aborda la metodología utilizada en la presente investigación, la cual fue dividida en tres fases; Una fase de análisis del sistema, una fase de síntesis del sistema y la tercera fase de la construcción del escenario deseado y tendencial de acuerdo a la situación actual y de los objetivos de los actores sociales. En la primera fase se determinaron los principales objetivos en las dos escalas, esto se llevó a cabo mediante consulta con los principales actores sociales, una vez determinados sus objetivos, se procedió a derivar los indicadores para cada una de las escalas.

En la fase de síntesis se realizó la cuantificación e integración de indicadores es llevada a cabo y las alternativas fueron evaluadas para análisis de los escenarios.

Finalmente en la tercera fase se realizaron los escenarios mediante la participación de los actores sociales de las dos escalas y también se realizaron los escenarios ambientales, de marginación y volatilidad electoral.

En el capítulo tres se muestran los resultados y la discusión, en este apartado se observan los tres artículos que se elaboraron en esta investigación. Posteriormente se hace una discusión general. En el primer artículo se presentan los resultados de los indicadores para cada una de las escalas, así como una comparación metodológica de la medición de los indicadores, para cada una de las escalas. En el segundo artículo se presenta la índices de sustentabilidad en cada una de las escalas y la integración de las escalas. En el tercer artículo se presentan los escenarios de la dimensión socio económica, político electoral y ambiental. Finalmente, se formulan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo al proceso de investigación.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza un análisis de los conceptos de sustentabilidad, desarrollo sustentable e indicadores de sustentabilidad, que representan la base teórica conceptual de la investigación.

1.1. Evolución del concepto de sustentabilidad

La sustentabilidad es un concepto que resume los esfuerzos para lograr el desarrollo, productividad y utilidad social a largo plazo (Rigby y Cáceres, 2001) en este sentido, Spangenberg (2002) plantea que existen dos paradigmas antagónicos: el paradigma del mundo vacío, basado en un análisis económico centrado en la eficiencia y el paradigma del mundo lleno basado en un enfoque ecológico y centrado en la intensidad de uso de los recursos; por ello se requiere equilibrio entre el sobre consumo ambientalmente no sustentable dentro de la jerarquía de dominio humano y la pobreza socialmente no sustentable dentro de la esfera de regulación ambiental.

Spangenberg (2002) menciona que el fin último y primordial de la sustentabilidad consiste en encontrar formas en que la especie humana pueda vivir en este planeta indefinidamente, sin comprometer su futuro; dada la capacidad de nuestra especie de modificar conscientemente algunos elementos del patrón de nuestra interacción con el ambiente. Es sobre estas decisiones de manejo y sus consecuencias, sobre las cuales se puede fundamentar ese balance sociedad - naturaleza.

Según Clayton y Radcliffe (1996) el amplio abanico de problemáticas ambientales, económicas, sociales y políticas ha trascendido de una escala local a una global. Esta situación, irremediablemente implica nuevas estructuras, mecanismos de toma de decisión y una nueva visión filosófica capaz de entender partes y sistemas de un mundo culturalmente rico y cada vez más complejo, en el cual se requiere la acción plausible y urgente del fomento a la acción colectiva, el enlace con los sistemas ecológicos del planeta, la identidad individual, el respeto social, justicia social y paz (Harrington, 1992).

La transición a un modo de vida más sustentable, requiere un cambio significativo en la forma cómo son percibidos, definidos, y resueltos los problemas, basada en una perspectiva de sistemas abiertos, en tanto los problemas como las soluciones se manejen holísticamente. Resulta fundamental la importancia del enfoque multidisciplinario en los Sistemas Adaptativos Complejos (SAC) dado que resultan multidimensionales, dinámicos y evolutivos; la sustentabilidad de la especie humana² sólo puede ser definida en última instancia, al nivel de la interacción entre el complejo total de los sistemas humanos y todos los directamente implicados sistemas ambientales. El estudio de la sustentabilidad requiere un entendimiento de los sistemas y en particular de los sistemas humanos y ambientales (Clayton y Radcliffe, 1996).

Edwards *et al.* (1993) establecen que la sustentabilidad es un proceso bien medible a nivel de finca o comunidad y cada vez más difícil en escalas mayores; Harrington (1992) por su parte, conceptualiza la sustentabilidad como un conjunto de requerimientos los cuales deben ser enfrentados por cualquier finca, a pesar de las amplias diferencias de la situación prevaleciente.

Norgaard (1990) visualiza a la modernidad como una traición del desarrollo, cuyas promesas son: control de natura (ciencia); abundancia material (tecnología superior); gobierno efectivo (organización social racional); paz y justicia (mayor moralidad individual); superior cultura colectiva (para todos). Norgaard (1990) afirma que la modernidad es un insumo filosófico para el proceso coevolucionario cuyas premisas son de carácter metafísico, epistemológico y alternativo. Él afirma que atomismo, mecanicismo, objetivismo, universalismo y monismo rigen la opinión pública, la toma de decisiones y su implementación que han sido extremadamente productivos para la ciencia y las instituciones; pero según Norgaard, han llevado a la transformación de los sistemas ambientales y culturales.

² La sustentabilidad entendida como la capacidad de la presente generación para sustentar los recursos naturales suficientes para las siguientes generaciones.

Como complemento a su propia postura filosófica, este autor señala una actitud pragmática de la modernidad que indica una realidad de inequidad e inercia burocrática, locura material, descenso en la reserva de recursos y degradación ambiental, guerras locales y migración de refugiados; ésta duplicidad es expuesta en tres formas interrelacionadas: abundancia material para pocos y escasez para muchos actual y futura; sector público en todo sistema, cada vez más débil; opinión global de la vacuidad de la cultura moderna con resurgimiento de la diversidad cultural, étnica y religiosa.

Norgaard (1990) afirma que la sustentabilidad es un concepto que requiere de una visión holística que involucra aspectos inherentes a las esferas de interacción del hombre (social, económica y política), es substancial dirigir su aplicación a la sustentación presente y futura de su entorno. Será necesario direccionar esfuerzos a la mejora de la calidad de vida³, la cual es reflejo fiel de la calidad del sistema y del proceso definitivo de los factores empleados para evaluar y lograr la sustentabilidad de un territorio. La importancia de los factores de la calidad de vida varía de individuo a individuo, su calibración e interpretación representa gran dificultad, ya que incluye desde servicios hasta recreación y cultura. Lo que la sustentabilidad comprende es fuertemente influenciado por juicios de valor y de ética.

Cuando el sistema está en estado de insustentabilidad y cuándo ha alcanzado sustentabilidad depende de la visión personal. La sustentabilidad debe ser hecha operacional en cada contexto específico, a escalas relevantes para alcanzarla y deben ser diseñados métodos apropiados para su medición a largo plazo (Masera y López-Ridaura, 2000). Los puntos centrales son la necesidad de una clara definición y el foco en holismo y sustentabilidad, incluyendo componentes ecológicos, económicos y sociales. La noción de equidad incluye tanto el acceso a

³ Calidad de vida, es la individual felicidad y satisfacción con la vida y el ambiente incluyendo necesidades y deseos, así como otros factores tangibles e intangibles que determinan sobretodo el bienestar.

los recursos, como los derechos humanos y toda actividad que contribuya al bienestar social.

Farley y Costanza (2002) definen a la economía como la localización de recursos escasos en búsqueda de fines alternativos y aclaran que la primera etapa en el análisis económico es determinar los fines deseables para la sociedad. La sustentabilidad como un fin deseable con presencia y apariencia indefinida, requiere recursos, mecanismos de mercado necesarios e instituciones de democracia fuerte. Los fines a lograr deben determinarse de forma democrática, luego determinar los recursos necesarios para lograrlo y finalmente decidir cuáles son los más escasos y especificar su localización.

Farley y Costanza (2002) sugieren que la visión del mundo, incluye el sistema de creencias acerca del papel humano y sus experiencias en el mundo y está muy influenciado por la cultura propia. La visión del mundo cambia más lenta que el mundo y las soluciones se convierten en parte de los problemas; ellos consideran algunos principios de una nueva visión del mundo y afirman que los humanos somos parte de la naturaleza, no dueños; la naturaleza nos sostiene física y espiritualmente; los recursos naturales son escasos; las metas humanas deben crear vida.

Farley y Costanza (2002) afirman que esta nueva visión del mundo contempla desde el enfoque de la complejidad, que los resultados no siempre son predecibles y que la irreducible incertidumbre domina la provisión de servicios para sostén de la vida, provenientes de ecosistemas sanos. El interés individual debe ser templado por el interés en el bien común; la acción individual no debe tener impacto negativo en la comunidad, no se pueden imponer costos a la sociedad para ganancia privada. Con esta perspectiva la gente pondrá más atención en otras necesidades y deseos como: júbilo, belleza, protección, afecto, participación, creatividad, libertad, tiempo libre, identidad y entendimiento; comunidades fuertes favorecen más que el consumo excesivo limitado.

1.2 Desarrollo sustentable. Un modelo ideal

Bond *et al.* (2001) conciben al desarrollo sustentable como el objetivo fundamental de las políticas públicas y toma de decisiones en diferentes tipos de economía (desarrollada, en desarrollo y transicional) y a diferentes niveles de intervención (agregada, sectorial y de proyecto); según ellos no hay acuerdo en su definición precisa y singular, pero sí lo hay en que conjunta las dimensiones económicas, sociales y ambientales del proceso de desarrollo. Ellos retoman la definición dada por las Naciones Unidas en 1997, afirmando que el desarrollo es una tarea multidimensional para alcanzar una alta calidad de vida para toda la gente; y que el desarrollo económico, social y la protección ambiental son componentes interdependientes y mutuamente reforzadores del desarrollo sustentable.

Bond *et al.* (2001) admiten que el desarrollo sustentable se ha vuelto la quinta esencia del holismo práctico, dadas sus inseparables implicaciones económicas, sociales y ambientales incorpora una practicidad última, y es poco significativa a menos que lo realicemos y esté firmemente enraizado en el presente. La sustentabilidad es al mismo tiempo una descripción de algo y un fin a alcanzar; en su inicio la sustentabilidad era estrechamente asociada con el mantenimiento de la calidad ambiental⁴.

Ronchi *et al.* (2002) identificaron algunas situaciones limitantes para un modelo de desarrollo sustentable, estas son que existe impacto menor a mayor capacidad de carga; los recursos renovables deben ser menos usados a menor tasa de reproducción; la generación de desechos debe ser menor cuando existen pocos sumideros naturales; los recursos no renovables deben ser menos utilizados cuando la tasa de sustitución de recursos es baja. Estos autores consideran que la calidad de vida y el bienestar humano no se miden en dinero o energía y que la

⁴ Calidad ambiental entendida como la capacidad de un territorio para ofrecer recursos naturales abundantes y en buen estado.

paz, los derechos civiles, la equidad, las condiciones de la infancia y la democracia, están incluidas en el concepto de equidad intergeneracional⁵.

Los entes facultados para participar en el cambio hacia la sustentabilidad son las instituciones (junto a sus marcos de trabajo y sus relaciones). En este sentido, Spangenberg *et al.* (2002) las analizan y abordan desde diversos enfoques (de la sociología, de la economía en particular, en la teoría de la elección pública, y del neo-institucionalismo) dicho análisis representa una nueva perspectiva de la ciencia política. Los resultados de su análisis incluyen sistemas de reglas tales como la integración de aspectos socioeconómicos y ambientales en la toma de decisión (integración intersectorial u horizontal); la integración entre niveles internacionales, regionales, nacionales y locales de toma de decisiones (integración vertical o subsidiaria).

Spangenberg *et al.* (2002) manifiesta que el esquema Presión-Estado-Respuesta (PER), en un intento heurístico de estructuración, las demandas institucionales pueden ser agrupadas en tres categorías con base en la parte del proceso de cambio hacia la sustentabilidad a la que ellas se refieren: precondiciones del proceso (condiciones, estructuras y acuerdos institucionales); forma y estructura del proceso (marcos de trabajo y relaciones institucionales); resultados del proceso (cambios e implicaciones institucionales).

La relevancia de un conjunto existente de indicadores está vinculada al ejercicio de chequeo y claramente muestra que la Agenda 21⁶ ofrece un soporte mucho mayor para los indicadores institucionales del que ha sido explotado por los conjuntos de indicadores existentes. El análisis de instituciones como sistemas de reglas en diferentes niveles ilustró que estos sistemas están incluidos en la Agenda 21 y se espera que tomen una serie de medidas con la finalidad de promover el desarrollo sustentable, si bien sólo estas medidas han sido cubiertas por los conjuntos de ISs de la Comisión sobre Desarrollo Sustentable (CDS). Con

⁵ Equidad intergeneracional es el alto principio que sugiere que las futuras generaciones tienen el mismo derecho a disponer de recursos naturales abundantes, que la actual generación.

⁶ Agenda 21 es el documento rector surgido de la cumbre mundial sobre el hombre y su medio ambiente, realizada en Río de Janeiro en 1992.

esta base analítica estos autores sugieren que un sistema de indicadores puede ser desarrollado y probado para su uso y efectividad práctica (Spangenberg *et al.*, 2002).

1.3 Indicadores de sustentabilidad. Simplificación de la complejidad

Según Dumanski *et al.* (1998) el concepto de sustentabilidad tiene un atractivo popular, pero es una frase sin significado a menos que sistemas de indicadores y de monitoreo estén disponibles para conducir el desarrollo de los métodos de producción agrícola hacia su ideal. El desarrollo de indicadores de agricultura sustentable, tecnológicos y económicos aumenta la capacidad de toma de decisiones con información acerca de las intervenciones de manejo más apropiadas.

Farell y Hart (1998) señalan que en general un indicador es algo que provee información útil acerca de un sistema físico, social o económico, usualmente en términos numéricos y que los indicadores pueden ser usados para describir el estado del sistema, para detectar cambios en él y para mostrar relaciones causa-efecto. Los indicadores son generalmente reportados en tres formas: individualmente, como parte de un conjunto, o en la forma de índices compuestos que combinan varios indicadores individuales en un número singular. Un número singular agregado puede ser muy útil para comunicar información a los tomadores de decisiones y al público, hasta que los métodos apropiados para usar y lograr tal agregación permanezcan en controversia.

Por su parte, Astier (2003) afirma que los indicadores son herramientas para describir confiablemente un proceso específico, que dan información para monitorear sistemas en donde es necesario cuidar o controlar; son señales, síntomas, claves, instrumentos, medidas, signos de alarma. Los indicadores son herramientas de cambio, aprendizaje y propaganda; tratan de medir lo que se valora a fin de hacer cuantificables los fenómenos complejos, de manera que se promueva la comunicación.

1.3.1. Características y construcción de ISs

Según Masera y López-Ridaaura (2000) el uso y desarrollo de los indicadores, debe apoyarse en la medición de un número limitado de indicadores establecidos en mediciones estandarizadas. Los métodos deben ser abiertos y accesibles, los procesos difundidos y la participación amplia; su confiabilidad sólo se logra con comprobaciones repetidas, para determinar tendencias e incorporar los resultados a la experiencia. La evaluación de la sustentabilidad de un agroecosistema ha sido discutida con argumentos sobre cuando usar indicadores universales o específicos locales; se ha argumentado que los indicadores de sustentabilidad (ISs) importantes son los específicos locales y cambian cuando la situación prevaleciente en el nivel local lo hace (Harrington, 1992).

De Camino y Muller (1993) proponen un marco metodológico, que incluye la definición del sistema, las categorías de análisis o aspectos del sistema, los elementos de categoría; los descriptores o características significativas de un elemento; los fundamentos de la nueva generación de indicadores; los insumos para el cálculo de los ISs; las limitaciones de cada ISs; los valores límite de ellos; así como la presentación e interpretación de los indicadores. Ellos afirman que no es posible el desarrollo de ISs globales y que a nivel nacional el producto neto de la agricultura puede ser un indicador para un país.

La importancia de definir al sistema, los indicadores y su significado, radica en que su función es la de buscar la utilidad y alcance de los ISs y encontrar aquellos que informen sobre la evolución en el tiempo de la sustentabilidad de un sistema, en el que todo tipo de desarrollo implica riesgos.

De Camino y Muller (1993) mencionan la nueva generación de indicadores propuesta por de Ruitenbeek en 1991, en la cual estos están dirigidos a necesidades humanas, ámbito amplio que incluye la economía y conducta humana con la equidad social como componente explícito, sus aplicaciones prospectivas y potenciales futuros, las relaciones explícitas entre conducta

económica y salud del ecosistema; así como la incertidumbre inherente de la conducta y respuesta de los ecosistemas.

Astier (2003) al analizar el proceso de selección de indicadores para sistemas de manejo de recursos naturales, menciona que los indicadores utilizados dependerán de las características de la unidad de análisis bajo estudio, en cuanto a las características del problema bajo estudio; la escala del proyecto (tiempo-espacio) y el tipo de acceso y la disponibilidad de datos.

Astier (2003) propone que el conjunto de indicadores debe incluir solamente aquellos ISs que den información sobre el problema bajo estudio (puntos críticos); debe ser robusto y no exhaustivo; ser sensible (muestre cambios cuando el sistema cambia) y debe tener una base estadística. Los ISs tienen que ser medibles, deben ser claros y fáciles de transmitir; deben ser instrumentos de toma de decisiones y formulación de políticas para los manejadores de los recursos naturales y deben cubrir tres dimensiones o áreas de evaluación, social, económica y técnico ambiental.

Existen indicadores fijos y dinámicos los cuales reflejan cambios en el tiempo; los indicadores agregados o índices construidos con otros valores es importante estar conscientes de la no linealidad⁷ de los sistemas; el proceso de categorización debe ser participativo en el sentido de que el proceso de selección y desarrollo de un indicador es tan importante como el indicador mismo. Astier (2003) afirma que al integrar los puntos de vista de los especialistas y no expertos, tiene un costo y debe hacerse cuidadosamente; es muy importante haber identificado los valores compartidos y visión de la comunidad para determinar cuáles son las aspiraciones y expectativas. Astier (2003) propone que para la medición y monitoreo de indicadores se realice revisión bibliográfica, mediciones directas, establecimiento de parcelas experimentales, modelos de simulación, encuestas, entrevistas, técnicas grupales y otras herramientas. Específicamente tomar en cuenta una

⁷ La no linealidad se explica por la red de relaciones y efectos dentro de un sistema que se dan en diversas direcciones y no en una sola.

planeación para la medición y tomar ejemplos de selección y de métodos de medición.

Spangenberg *et al.* (2002) citan que la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS), inició desarrollando un conjunto de indicadores para desarrollo sustentable; la primera versión fue finalizada en 1996 con la sugerencia de 134 indicadores puesta en el campo de pruebas, que resultó en una versión final publicada en 2001. En ambas versiones los indicadores están divididos por áreas de aspectos económicos, ambientales, sociales e institucionales; la posterior separación conceptual en indicadores de fuerza conductora, de estado y de respuesta se dio en la versión final.

Spangenberg *et al.* (2002) para las organizaciones es obvio que su existencia, no puede ser la base para el desarrollo de indicadores, pero su efectividad tiene que ser punto de referencia. Mientras que el esquema Presión-Estado-Respuesta (PER) no provee bases analíticas favorables para el desarrollo de indicadores, sí ofrece un esquema de clasificación conveniente para resultados derivados de otra forma; esto aplica no solo a los indicadores de la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS), sino también para los mecanismos institucionales.

Spangenberg *et al.* (2002) identificaron dos problemas relacionados a la lista de criterios establecidos por la CDS: por un lado no se especifica que clases de indicadores deben ser elegidos preferentemente respecto a sus escalas (nominales, ordinales y cardinales); por otro lado estos criterios restringen la selección de indicadores a los ya bien fundamentados, basados en consensos, para los que los datos están ya disponibles y pueden ser alcanzados dentro de las limitaciones dadas corrientemente en las administraciones nacionales. A este respecto consideran escalas nominales que consisten sólo de dos valores, una determinada característica es dada o no; las escalas ordinales están basadas en una jerarquía de estados cualitativos, y para aplicarlos apropiadamente, la jerarquía debe ser explícita. Las escalas cardinales dan información cuantitativa, mientras los indicadores están ligados a metas cualitativas.

Spangenberg *et al.* (2002) enfatizan que el concepto de sustentabilidad definido en la Agenda 21 tiene cuatro dimensiones: social, económica, ambiental e institucional, reflejadas en las cuatro categorías de indicadores elegidos por la CDS y enfatizan que las cualidades claves necesarias de ISs deseables, resulta de su propósito, el cual es definido en el programa de trabajo para indicadores de la CDS, como su función guía para la toma de decisiones política hacia el desarrollo sustentable. Los ISs deben constituir el fundamento para el mejoramiento de la información y colección de datos y conducir hacia un análisis comparativo y específico para los países, acerca del estado y progreso hacia el desarrollo sustentable. Desde su punto de vista los indicadores también deben referirse a las metas alcanzadas (si es posible cuantitativamente) y ser capaces de señalar su éxito o deficiencia en alcanzarlas, además de ser robustos en su construcción.

1.3.2. Clasificación y aplicación de los ISs.

Los ISs han sido utilizados por siglos sólo que de manera aislada y parcial, por lo tanto deben determinarse los componentes e interacciones clave. La definición de ISs se enfrenta al problema sobre cuántos y cuáles ISs utilizar, es esencial emplear cada indicador de sustentabilidad (ISs) disponible, simplificar cada elemento, maximizar la información única y relevante.

Ruitenbeek (1991) citado por de Camino y Muller (1993) los clasifica en ISs descriptivos con aplicaciones proyectivas y con aplicaciones predictivas; Weber (1990) citado por los mismos autores los clasifica en: ISs primarios o de medición directa y secundarios determinados con pruebas y observaciones adicionales. Los autores concluyen su trabajo aclarando los problemas detectados, los cuales incluyen la falta de base de datos, las normas y falta de principios básicos (de Camino y Muller, 1993).

Pacini *et al.* (2002) sugieren clasificar ISs para los científicos, para los productores y para los políticos, aclarando la cantidad y condensación de la información para cada sector. Ronchi *et al.* (2002) consideran que los ISs no son necesariamente

números; pueden ser signos o etiquetas variables cualitativas, subjetivas e instrumentales; por consiguiente es necesario adaptar lenguajes formales, matemáticos, estadísticos y lógicos a todos los procesos relevantes. Ronchi *et al.* (2002) aclaran que en un área compleja hay muchos ISS que no pueden ser colectados en una estrategia coherente y acorde a la relevancia para quien toma decisiones y que es más difícil de lograr en sociedades democráticas. Un indicador ambiental se convierte en ISs solo en cierta escala y para cierto objetivo; es crucial el papel de la investigación científica en garantizar la efectividad de un grupo de ISs capaces de representar procesos y guiar decisiones.

Los ISs se han agrupado en dos tipos principales:

- ISs de Estado (ISEs), describen el estado de una variable (propiedades, concentraciones, densidades);
- ISs de Control (ISCs), determinan un proceso que en un momento dado influenciará a un Indicador de Sustentabilidad de Estado (ISEs) (tasas, tendencias, ritmos), también se conocen como indicadores de fuerza conductora. Los ISEs y los ISCs pueden estar relacionados de manera simple o casual y las causas y efectos pueden ser múltiples (Bell y Morse, 1999); los ISs de Respuesta (ISRs) usados por Naciones Unidas, se refieren a la respuesta gubernamental o institucional para lograr valores adecuados de ISEs y ISCs; la ONU los divide en cuatro categorías: sociales, económicos, ambientales e institucionales y éticos.

La selección y medición de ISs es un fino arte sujeto a muchas presiones, agendas y normas, una de las mayores críticas surge al intentar encapsular procesos complejos y diversos en algunas mediciones relativamente simples (reduccionismo). Otro obstáculo es la obsesión por la cuantificación y claramente no es posible medir toda la experiencia humana.

La determinación de ISs constituye un clásico juego reduccionista de herramientas basado en la cuantificación, ¿es posible usar simples ISs para interpretar algo tan

complejo como la sustentabilidad?. Los científicos tienen que simplificar para sobrevivir, pero ¿qué tanta simplificación es aceptable? Los ISs deben tener significado (Bell y Morse, 1999).

Según Bell y Morse (1999) la sustentabilidad se divide de acuerdo a los indicadores; de esta manera proponen la existencia de una sustentabilidad fuerte ó ecológica si los ISs y la calidad del sistema se miden por aspectos biofísicos y sustentabilidad suave ó económica si se toman en consideración los ISs y la calidad del sistema y además se miden por análisis costo - beneficio con implicaciones socioeconómicas, especialmente la localización de recursos y los niveles de consumo; en esta el valor financiero es elemento clave.

Astier (2003) analiza cómo se han utilizado los indicadores hasta ahora y afirma que han sido importantes al encontrarse al centro de los procesos de toma de decisiones. Son usualmente escogidos con deficiencias, debido a que son demasiado agregados. De acuerdo al PIB y al PNB, se mide lo que se puede medir en vez de lo importante; dependen de modelos falsos ó se falsifican deliberadamente. Frecuentemente se usan indicadores macro los cuales permiten un diagnóstico “grueso” de la situación de los países o regiones. Se escogen apriori para ver las tendencias en los últimos (20 o 30) años y hacer posible la comparación entre países o regiones. Son necesarios muchos indicadores, pero nunca se tendrá una lista única global de indicadores. Estos no deben ser puramente cuantitativos; el enfoque científico mensurable, no es lo suficientemente comprehensivo para ser utilizado de forma exclusiva.

Astier (2003) afirma que los indicadores de sustentabilidad deben ser algo más que indicadores ambientales, éstos deben incluir la dimensión tiempo y sus umbrales (puntos en los que el sistema se quiebra o se restablece). Astier (2003) propone tres preguntas centrales de sustentabilidad que son: ¿cuánto puede durar esta actividad?; ¿en cuánto tiempo tenemos que responder?; ¿cómo estamos con respecto a nuestros límites?

La selección de los ISs es diferente pero no inferior a otros rigurosos enfoques de la ciencia; un excesivo énfasis en la sustentabilidad del método puede resultar inevitablemente en un menor énfasis en la sustentabilidad de la salida final. Es importante considerar las limitaciones de los perspectivas reduccionista, mecanicista y cuantitativo de la sustentabilidad (Saldivar, 1998, citado por Bell y Morse, 1999).

Muchos participantes y observadores han notado que el proceso para desarrollar un conjunto de ISs es tan valioso como el conjunto de indicadores que resulta. Se han hecho tres observaciones respecto a la formulación de ISs a nivel local; la primera es que cualesquiera indicadores sean elegidos, el proceso de selección es válido al enfocar la atención en el asunto de la sustentabilidad; la segunda es que la mayoría de las iniciativas locales de ISs son respuestas básicas a asuntos locales y no están referidas a la Agenda 21 o a otros conceptos desarrollados en el nivel internacional. Parece no haber intentos de conectar ISs locales a nada con una escala mayor o en relación a organizaciones como las Naciones Unidas, un rasgo que contrasta con muchos esfuerzos locales en cualquier otro lugar del mundo. La tercera es que los esfuerzos por ISs en el nivel comunitario tienen fuertes rasgos de participación pública y aparentemente tales esfuerzos no pueden obtener apoyo popular sin significativa participación pública (Farell y Hart 1998).

Peng *et al.* (2002) aclaran que los criterios e ISs son usados para condensar la complejidad del mundo en una cantidad de información manejable y significativa; por lo que los ISs deben ser entendibles, medibles, significativos, comparables y deben estar dirigidos a mejorar la biodiversidad, su condición, productividad, protección y conservación. Así como al monitoreo de ciclos, al flujo de beneficios económicos y sociales, enfatizando la responsabilidad social del marco metodológico aplicado.

1.4 Marcos metodológicos en evaluación de sustentabilidad. Un enfoque integrado

Entre otros marcos metodológicos existen los propuestos en el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) por de Camino y Muller (1993), que proponen una metodología sistémica para la derivación de indicadores a partir de una extensiva revisión bibliográfica sobre el concepto de sustentabilidad, definiendo cuatro categorías de análisis 1) la base de recursos del sistema; 2) la operación del sistema propiamente; 3) otros recursos exógenos al sistema (entrada y salida) y 4) la operación de otros sistemas exógenos. Esta propuesta metodológica es consistente en la obtención de indicadores; sin embargo está muy enfocado a indicadores ambientales y no concluye en una integración de resultados.

Edwards *et al.* (1993) proponen un marco metodológico que incluye diversas etapas entre ellas: 1) la descripción cualitativa con propósitos, límites, componentes, funciones interacciones entre componentes y con su entorno; 2) el análisis detallado cuantitativo de los factores que limitan o contribuyen al logro de los propósitos productivos ó socioeconómicos; 3) el diseño hipotético deductivo de intervenciones y acciones para superar limitaciones; 4) la evaluación experimental empírica en el campo de las intervenciones; 5) la revisión de la efectividad de los nuevos sistemas diseñados y su rediseño si es necesario. El rediseño requiere un equipo interdisciplinario con participación de agricultores. El trabajo bajo este modelo permite que emerjan las concordancias con otros sistemas, las cuales al momento de ser comprobadas puedan llegar a ser principios globales sobre el mantenimiento de la diversidad biológica y los mecanismos de reciclaje de nutrientes.

Stockle *et al.* (1994) desarrollaron una metodología con sesgo agrícola-ambiental basada en nueve atributos que consiste en la identificación de las causas del grado de cumplimiento o incumplimiento de dichos atributos; en el que operativamente se asigna un peso a los diferentes atributos a fin de obtener un índice de sustentabilidad global para el sistema. El Marco de Evaluación del

Manejo Sustentable de Tierras (FESLM) elaborado por la FAO (1994), constituye uno de los más importantes esfuerzos a nivel internacional dirigido a la evaluación de sustentabilidad y ha sido aplicado a diferentes estudios de caso.

A pesar de buscar un análisis integral de los sistemas de manejo, el marco tiene un sesgo ambiental que incorpora débilmente los aspectos económicos y sociales que determinan su comportamiento. Operativamente, parte de “pilares” de sustentabilidad y desarrolla indicadores relacionados con los pilares (pilares-factores-criterios de diagnóstico-indicadores). Sugiere una metodología con cinco pasos de evaluación: los primeros dos niveles están orientados a la definición y caracterización del sistema a evaluar, las prácticas de manejo involucradas y la escala espacio-temporal de la evaluación. En los siguientes tres niveles se identifican los factores que afectan la sustentabilidad del sistema, así como los criterios a ser usados para analizarlos; finalmente, se definen los indicadores a ser monitoreados, con sus respectivos umbrales o valores críticos.

El marco metodológico PICABUE, desarrollado por Mitchel *et al.* (1995) está dirigido principalmente a identificar indicadores de calidad de vida en general. Se basa en tres principios (equidad inter-generacional, equidad intra-generacional y conservación de la integridad ambiental) y seis categorías; propone una evaluación en siete etapas para definir los indicadores a ser explorados, sin embargo, no propone alguna estrategia de integración de los resultados arrojados por éstos.

El trabajo desarrollado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (UICN/IDRC, 1995, UICN 1997), es un esfuerzo interinstitucional e internacional para desarrollar y aplicar a estudios de caso un conjunto de metodologías para la evaluación de sistemas, evaluación de proyectos y autoevaluación. Más que un marco de evaluación integrado, presenta una serie de metodologías desarrolladas por diferentes equipos para la evaluación de sistemas. Uno de los métodos propuestos es el Mapeo Analítico Reflexivo y Participativo

(MARPS) que propone un enfoque jerárquico desde el sistema hasta los indicadores (sistema – dimensión – aspectos indicativos – variables – indicadores). En él se enfatiza la importancia de tener una visión integral de los sistemas (áreas económica, ambiental y social); así como la importancia de la participación por parte de las personas directamente involucrados al sistema. Integra la información de indicadores en un índice a través del “Barómetro de sustentabilidad”.

Gomes *et al.* (1996) han propuesto un método que incluye la definición de requerimientos, la selección de ISs, la especificación de los niveles y umbrales, la transformación de ISs en índices y la prueba del procedimiento. De acuerdo a este método un sistema agrícola es considerado sustentable, si se conserva la base de recursos naturales y continúa satisfaciendo las necesidades del agricultor, quien es el administrador del sistema.

González (1998) afirma que los sistemas de agricultura intensiva en los países desarrollados se enfrentan a riesgos crecientes para su sustentabilidad, debido a la alta dependencia de insumos externos, que resultan en consecuencias ambientales, económicas y sociales negativas. En contraste, los sistemas de cultivo alternativos involucran menos insumos externos y se han considerado comúnmente como sustentables, debido al uso de ciertas prácticas definidas como tales.

El análisis de agroecosistemas aporta herramientas para la evaluación de sustentabilidad al nivel de finca, mediante el diseño y monitoreo comparativo de sistemas agrícolas y el uso de criterios e indicadores de sustentabilidad. González (1998) revisó los procesos que afectan la sustentabilidad de sistemas intensivos de producción de ganado, comparando un sistema de pastoreo con altas tasas de pastoreo y alto uso de fertilizantes y concentrados, en contraste con un sistema alternativo de pastoreo con pasto y trébol sin fertilización inorgánica, comparativamente menores niveles de concentrado, con amamantamiento de becerros y ordeña una vez al día. Sus flujos biofísicos y económicos fueron monitoreados durante dos años como un estudio de caso en campo; los criterios e

indicadores fueron definidos usando un marco lógico probado usando los resultados del estudio de caso.

Para González (1998) el sistema alternativo mostró indicadores ambientales más favorables, pero su sustentabilidad económica fue grandemente dependiente de políticas de apoyo indirectas; los indicadores fueron validados usando dos juegos de datos disponibles de sistemas de pastoreo convencionales; el proceso de evaluación fue útil para incrementar el conocimiento acerca de los sistemas, el diseño y monitoreo de indicadores de sustentabilidad y la base conceptual para la definición de agricultura sustentable. Él reconoció la sustentabilidad y su evaluación como un concepto construido socialmente, que involucra un grado de subjetividad inherente y concluyó que un enfoque pragmático y post-positivista es requerido con el fin de lograr progreso hacia sistemas agrícolas más sustentables.

El marco elaborado por Lewandowski *et al.* (1999) es un marco con una orientación ecológica dirigido a la evaluación de sistemas específicamente agrícolas y su impacto sobre el ecosistema. Consta de ocho pasos: 1) identificación de las emisiones producto de la actividad agrícola; 2) determinación de las emisiones producto de la actividad agrícola; 3) selección de los indicadores del ecosistema permitiendo describir la condición del ecosistema y los componentes directa o indirectamente relacionados con la producción agrícola; 4) determinación de valores umbrales para estos indicadores; 5) determinación de las emisiones máximas toleradas utilizando los datos del paso anterior; 6) derivación de indicadores a nivel finca relevantes para el impacto al ecosistema; 7) determinación de los niveles críticos de uso de insumos para la producción agrícola y 8) identificación de los esquemas de producción que producen efectos tolerables acordes con los valores umbrales.

El CIFOR (Centro Internacional de Investigación Forestal), desarrolló un marco para la selección de criterios e indicadores de evaluación de sistemas forestales (CIFOR, 1999); el marco teórico empleado puede ser utilizado para otros tipos de sistemas y consiste esencialmente en diez pasos que son: 1) Clarificar y revisar

los objetivos del manejo forestal así como los objetivos de la evaluación; 2) crear u obtener una lista de posibles criterios e indicadores en gabinete; 3) seleccionar los sistemas donde se medirán los indicadores, 4) seleccionar a un grupo de expertos para llevar a cabo la evaluación, 5) revisión y comentarios por parte del equipo de expertos sobre los criterios e indicadores posibles, 6) compilar los resultados de los comentarios de expertos, 7) realizar un taller con los expertos para discutir y refinar los criterios e indicadores, 8) medición en campo de los indicadores seleccionados, 9) hacer un taller para discutir los resultados; 10) documentar los resultados.

El marco desarrollado por CIFOR ha sido ampliamente aplicado a nivel internacional, especialmente en sistemas de manejo forestal tropical con fines comerciales. A partir de estas experiencias se ha formado una plantilla genérica de criterios e indicadores con capacidad de adaptarse a condiciones específicas, dividiendo los criterios e indicadores en cuatro áreas de interés: política, ecológica, social y productiva. En él se proponen evaluaciones “rápidas” de aproximadamente 34 días en su fase de campo; la evaluación es llevada a cabo por un equipo evaluador externo de expertos. Cuya plantilla genérica es propuesta por equipos de expertos (ecólogos, forestales, antropólogos); quienes proponen la integración de indicadores a través de análisis multicriterio denominado BAG.

En términos generales, a partir del análisis del conjunto de marcos presentados en este documento se pueden identificar algunos aspectos que no han sido abordados con suficiente profundidad hasta el momento, tales como: el análisis del manejo de recursos naturales como un sistema, en donde se relacionan aspectos sociales, ambientales y económicos; la integración de los resultados obtenidos en la medición de indicadores; la articulación de escalas en la evaluación de sustentabilidad; la participación de todos los sectores involucrados en el manejo de los recursos naturales y en el proceso de evaluación; y el análisis de sistemas de manejo como un proceso iterativo evaluación-acción-evaluación.

Los puntos anteriormente señalados son sólo algunos de los aspectos encontrados con frecuencia como tópicos emergentes en las discusiones sobre evaluación de sustentabilidad. En los diferentes marcos analizados se logra la operatividad de algunos de estos puntos, sin embargo es necesario generar estrategias para conducir un proceso de evaluación integral, sistémico, participativo, flexible y propositivo.

La Evaluación Integrada de Impactos (EII) citada por Bond *et al.* (2001) está basada en el uso de principios e indicadores, que requiere la participación de los actores, representativos y afectados, quienes son involucrados a través del proceso de consulta, consenso y apropiación. Ellos afirman que la EII está poco desarrollada y que es más usual la evaluación de aspectos particulares ambientales, económicos o sociales a nivel de proyecto y muy poco a nivel de política, plan o programa (evaluación a nivel estratégico). En el nivel estratégico la evaluación económica está más desarrollada, la ambiental mucho menos y la social al mínimo.

La EII implica tanto arreglos procedimentales y organizacionales para aplicar evaluación a puntos similares en tiempo, guías metodológicas que fomentan diversos tipos de valoración, para el uso consistente de supuestos, métodos y datos; y para quitar vacíos y traslapes. Ellos aclaran que las ideas interdisciplinarias no son usadas en disciplinas particulares y recomiendan cuidar las inconsistencias al ligar métodos disciplinarios, al abordar interacciones entre impactos y buscar la sincronización de evaluaciones con el ciclo de planeación.

Lara y Stancu-Minasian (1999) consideran que la evaluación de la sustentabilidad es más un problema de predicción que de definición y los que la practican en sistemas agrícolas han respaldado este debate; la cuestión importante ahora es cómo usar la sustentabilidad como un criterio operacional en los sistemas agrícolas. De acuerdo a este enfoque las tres cuestiones básicas a contestar para la evaluación de la sustentabilidad de un sistema son: ¿qué sistemas o subsistemas o características del sistema persisten?, ¿por cuánto tiempo? y por

último ¿cuándo se evalúa si el sistema o subsistema o característica ha persistido?

Esto significa que primero el sistema debe ser claramente especificado, con sus componentes y relaciones adecuadamente definidas, segundo el sistema debe alcanzar plenamente su espacio de vida esperado; y tercero una evaluación estricta (determinística) de la sustentabilidad puede ser sólo hecha después de ser observado por un tiempo si la predicción se acercó a la verdad. Sin embargo, debido al problema de la ponderación y dadas las incertidumbres involucradas, para que la sustentabilidad tenga un valor predictivo, su caracterización debe ser estocástica y las predicciones de sustentabilidad deben hacerse con una base probabilística.

Lara y Stancu-Minasian (1999) consideran que la sustentabilidad debe ser una cantidad continua caracterizada por una medida singular integrada de un rango de posibles determinantes de ella. Una medida singular conduce a comparar diferentes acciones a ser tomadas en una base común. Al parecer una evaluación singular de sustentabilidad presenta insalvables dificultades, ya que es difícil lograr un consenso acerca de las determinantes de la sustentabilidad. Combinar las determinantes en una medida singular, requiere ponderar la relativa importancia de ellas, un trabajo que entraña dificultades adicionales; más aún debido a que distintos contextos requieren diferentes ponderaciones.

Ronchi *et al.* (2002) mencionan que para la evaluación de la sustentabilidad han sido usados, tanto largas listas como conjuntos clave de ISs; lo cual se ha hecho de dos formas principales: 1) selección variable de ISs por sector y tema y 2) agregación en índices únicos integrados. Ellos aclaran que los países desarrollan sus propios enfoques, sobre los estándares internacionales, adaptándolos y buscando un delicado balance entre ISs globales, nacionales y locales; y reiteran que es importante evitar perder la comparabilidad internacional al considerar variaciones espaciales y temporales específicas y las políticas nacionales.

Ronchi *et al.* (2002) trabajaron en la construcción del Índice Italiano de Sustentabilidad (ISsl), el cual considera tres componentes: a) Bienestar, b) Calidad Ambiental y c) Uso de Recursos, definidos cada uno por un conjunto de indicadores indicativos. Con este fin utilizaron combinaciones de algoritmos y vectores multidimensionales para construir secciones del índice con un enfoque sistémico basado en modelos, más que una simple agrupación y combinación de variables. Según ellos el modelado permite integrar indicadores cuantitativos con evaluaciones sobre calidad de vida. Por su parte, el uso de recursos evalúa la eco-eficiencia, calculando los insumos materiales totales y la generación resultante de residuos, a través de un modelo de flujos materiales, que permite representar el proceso producción – consumo.

Para casos específicos en donde se hace necesaria la medición de indicadores de sustentabilidad, Pacini *et al.* (2002) recomiendan tanto para sistemas de producción orgánicos como convencionales, evaluar aspectos ambientales y financieros de los sistemas agrícolas orgánicos (SAO), sistemas agrícolas integrados (SAI) y sistemas agrícolas convencionales (SAC), incluyendo información ambiental a nivel de parcela, sitio y finca e ISs para cada escala. Ellos encontraron que los márgenes brutos de estado estable son mayores en SAO que en SAC; los SAO son superiores que SAC y los SAI respecto a pérdidas de nitrógeno, riesgo por pesticidas, biodiversidad de plantas herbáceas y en la mayoría de ISs ambientales.

Bajo éste mismo enfoque, Rigby y Cáceres (2001) afirman que los sistemas orgánicos no siempre resisten una evaluación rigurosa cuando se evalúan siete aspectos: 1) ecosistema, 2) suelo, 3) agua superficial y subterránea, 4) aire y clima, 5) entradas y salidas de la finca, 6) salud y bienestar animal y 7) calidad del alimento producido. Si bien los sistemas orgánicos muestran valores mayores de diversidad de flora y fauna, fertilidad del suelo, estabilidad del sistema y balance de nutrientes y eficiencia energética; no muestran diferencias en la conservación de biotipos y vida silvestre y en el lavado de nitratos. Ellos observaron que existen

diferencias según escalas y unidades de medición, aunados a tendencias contradictorias debidas a la falta de definición de juicios y criterios.

Funes-Monzote y Monzote (2001) llevaron a cabo un experimento de tres años, para estudiar diversos sistemas agroecológicos de cultivo y ganado bajo distintos suelos y climas, sin riego y usando recursos locales para la nutrición de animales y plantas. Estudiaron cinco fincas, cuatro en proceso de conversión y la quinta con doce años de establecimiento. Definieron ocho ISs (reforestación, especies totales, producción de alimento, intensidad de labor, producción de fertilizantes orgánicos, rendimientos, eficiencia energética y producción de leche); relacionados a los principales problemas productivos y ambientales enfrentados por el sector ganadero, debido al modelo de agricultura especializada prevaleciente en Cuba en los últimos años.

Estos indicadores fueron ponderados, representados en una gráfica radial y evaluados a través de descripción analítica y análisis multivariado. Ellos encontraron que la biodiversidad se incrementó después del establecimiento de sistemas integrados; también aumentaron la diversificación de productos, la eficiencia energética, la producción de fertilizante orgánico y la productividad de ganado y cultivos. La intensidad de labor decreció anualmente después de la demanda inicial de labor requerida para el establecimiento del sistema. Ellos observaron fluctuación entre la producción animal y de cosechas, pero al final resultó en mayor productividad del sistema. Sus resultados muestran que los sistemas agroecológicos integrados con ganado y cultivos proveen suficiente capacidad y potencial para sustentar producción intensiva, basada en alternativas disponibles de manejo de recursos naturales.

Spangenberg *et al.* (2002) enfatizan el concepto de espacio ambiental (EA) y emplean como marco metodológico el Prisma de la Sustentabilidad, ellos especifican criterios externos sobre recursos disponibles para el consumo humano y sugieren que la reducción en el consumo energético, flujos materiales y uso de la tierra reduce el estrés ambiental. Enfatizan que el espacio ambiental es

socialmente motivado y que se requiere un mínimo de recursos disponibles para una vida digna en una sociedad específica. Consideran el EA como una herramienta para explorar niveles de desarrollo sustentable y útil para derivar ISs a diferentes niveles, dado que el concepto de EA se centra más en ISs sociales y ambientales que económicos.

Spangenberg (2002) acepta cuatro dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, económica, social e institucional con seis interacciones entre ellas, que en un acomodo espacial constituyen el modelo denominado el Prisma de la Sustentabilidad (PS). Este modelo simplifica y estructura el análisis y al mismo tiempo evita la sobre simplificación generada por índices agregados. El PS considera los capitales natural, financiero y humano y tiene propiedades sinérgica, complementaria y sustitutiva. El espacio ambiental y el prisma de la sustentabilidad se han aplicado a nivel internacional, regional y nacional; para el nivel micro se han desarrollado sistemas de ISs; los ISs constituyen un modelo dinámico el cual evalúa sustentabilidad ante diferentes estrategias políticas. Ellos aclaran que los indicadores institucionales son poco citados en relación con los económicos, ambientales y sociales.

Entre los problemas metodológicos identificados por Spangenberg (2002) se menciona la necesidad de investigar con marcos de trabajo en donde se incluyan ISs selectos, estandarizados y transparentes capaces de sugerir prioridades políticas; así como la necesidad de definir objetivos políticos en las cuatro dimensiones y a diferentes niveles que puedan ser interrelacionados, cuantificados y que permitan evaluar la complementariedad multidimensional de las políticas.

De acuerdo a Cornelissen (2003) la sustentabilidad contiene en su trasfondo conceptual lineamientos de investigación que incluyen un monitoreo y evaluación de aquellos factores que la definen. Cornelissen (2003) evaluó el desarrollo sustentable a partir de la teoría de los juegos difusos, la cual según propone, debe validarse difusamente mediante conocimiento experto para cada sistema de producción agrícola o ganadero. El concepto de evaluación difusa lo aplicó en los

sistemas de producción de huevo, lo cual le permitió identificar una perspectiva próspera a este método aplicado a la fase pragmática de la sustentabilidad, a pesar de las posturas contrarias a la teoría que existen en referencia a este concepto.

Bebe (2003) identificó la relevancia de los pequeños productores lecheros en las tierras altas de Kenia, a razón de la importancia económico-productiva representada. En este sentido, confirmó dicha importancia tomando como referencia la evaluación de las diferencias entre las reformas políticas del país en sus periodos pre-independiente y post-independiente y resaltó los notables cambios favorables en la estructura y tamaño del mercado y crianza de ganado, reflejado todo ello en los beneficios obtenidos de la producción.

1.5 Enfoques en Evaluación de Sustentabilidad

1.5.1 Evaluación de sustentabilidad multicriterio

La decisión multicriterio puede ser discreta, cuando parte de analizar un número finito de alternativas, o continua (de programación lineal con criterios múltiples), cuando se analiza un número infinito de alternativas (Barredo y Bosque, 1995). La toma de decisión multicriterio se entiende como un conjunto de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar, objetos con base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad) (Colson y De Bruyn, 1989).

Bond *et al.* (2001) distinguen dos enfoques para abordar la evaluación multicriterio, estos son: 1) enfoque suave que incluye formas separadas de evaluación que se adaptan a la toma de decisiones (es más usual); 2) enfoque duro que es una forma integrada incorporada a la toma de decisiones (es poco usual). Ellos sugieren que el involucramiento participativo y el proceso de consulta son muy poco utilizados en la evaluación económica y que son insuficientemente relacionadas con la evaluación ambiental y social.

Goma *et al.* (2001) utilizan investigación participativa y conocimiento indígena para la identificación de indicadores a nivel local; en su investigación se muestran diferentes grados de participación y diferentes herramientas de identificación de indicadores. Ellos opinan que los procesos participativos generan conocimiento tradicional que es más amplio y más descriptivo que la información científica y puede ser usado para planear futura investigación. Sugieren que en países pobres existen más fincas pequeñas y muchos cultivos diferentes y especies animales; y que los productores no son beneficiados por un enfoque de arriba hacia abajo en investigación dirigida; por lo que la evaluación participativa de abajo hacia arriba basada en conocimiento indígena, alcanzará mayor precisión de las tecnologías identificadas, ya que liga a la ciencia con el conocimiento e innovación de los campesinos.

En general los criterios de selección de los campesinos pueden ser basados en rangos de riqueza, dependientes del uso de labor alquilada, de la propiedad de ganado, el acceso a insumos comprados y el tamaño de los campos cultivados. Las clasificaciones participativas de suelos pueden ser usadas donde las clasificaciones científicas muestran anomalías; la visión campesina es a más corto plazo y debe ser suplementada por la visión a más largo plazo del investigador.

Incluso pueden ser definidas tendencias actuales y futuras, ya que los campesinos tienen suficiente conocimiento para ser considerados socios en la investigación y esto acelera la calidad de adopción tecnológica. Es importante aclarar el papel de participación de los campesinos, ya que ellos son los directamente involucrados y los investigadores sólo están ahí para facilitar el proceso. Para evitar la barrera de lenguaje e idioma, estos autores sugieren que los diagramas y mapas son muy útiles y que el mayor número de fuentes de información (tradicional y científica) es invaluable para checar información y para la validación de métodos.

Según Farell y Hart (1998) una herramienta que puede ser útil para facilitar algunas dificultades en la adopción comunitaria de ISs desarrollados por acción gubernamental, el análisis multicriterio puede usar algunos o todos los ISs de una

comunidad para evaluar una elección específica. Un aspecto del desarrollo y uso de ISs no es sorprendente; ellos tienden a reflejar la educación, experiencia y compromisos de las organizaciones que los producen.

Edwards *et al.* (1993) abordaron la validación de modelos resaltando la importancia de la correcta construcción para lograr niveles aceptables de seguridad en sus predicciones; según ellos la validez de los datos debe incluir validez conceptual y validez operacional. Para que estas comparaciones sean válidas, las salidas del modelo y del sistema real tienen que ser generadas para las mismas políticas de manejo y bajo los mismos conjuntos de inciertos valores ambientales.

Sobre los modelos de evaluación para el manejo de recursos ambientales y naturales, ellos precisan que las cuestiones ambientales son complejas e involucran escalas de tiempo y espacio, y aclaran que la diversidad de efectos ambientales es tan grande que las implicaciones de decisiones que afectan al ambiente no siempre son aparentes rápidamente. Esta complejidad y el número de grupos de productores involucrados hacen difícil llegar a decisiones apropiadas a los deseos y necesidades de los productores.

El manejo ambiental involucra la consideración de indicadores sociales, políticos y físicos, además de factores económicos. En el diseño y selección de políticas ambientales los tomadores de decisiones deben enfrentarse con información monetaria y no monetaria, así como cuantitativa y cualitativa. Edwards *et al.* (1993) aseguran que el manejo ambiental es esencialmente un ejercicio en análisis de conflictos, evaluación y acción caracterizado por juicios de valor socioeconómicos, ambientales y políticos. El AMC ha sido considerado un enfoque apropiado para examinar el impacto de varias opciones políticas relevantes para el manejo de recursos naturales y el ambiente.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es usado frecuentemente como parte de una evaluación de AMC. El PAJ ayuda a la estructuración de un problema de forma jerárquica y a la obtención de preferencias entre diferentes grupos de

productores, para varios productos con respecto a recursos naturales particulares (Qureshi *et al.*, 1999). El AMC es potencialmente una herramienta de apreciación complementaria al análisis costo-beneficio, que puede ser usado para evaluar opciones de manejo ambiental, ya que el AMC es recomendado para analizar consecuencias que no pueden ser medidas en términos monetarios.

Bodini y Giavelli (1992) aclaran que desde los años setentas se han desarrollado varias técnicas de evaluación multicriterio. Ante la necesidad de comparar diferentes políticas territoriales, se ha justificado su introducción en la investigación ambiental. Estos métodos están basados en la manipulación numérica de información heterogénea que varía en términos de escala de referencia y tipo de medición (continua, ordinal, cualitativa, binaria). Estos autores aplicaron tres técnicas diferentes de evaluación llamadas análisis ponderado multicriterio de concordancia y discordancia con procedimientos cualitativos. Ellos compararon cuatro planes alternativos para el desarrollo socioeconómico del sitio, los cuales se ubican entre alternativas extremas: protección total de recursos naturales y desarrollo de maximización económica basada en el turismo.

Bodini y Giavelli (1992) enfatizan que si se desea que el crecimiento económico sea ventajoso debe ser integrado a la perspectiva del desarrollo global balanceado. Los planificadores a menudo son limitados por la deficiencia de información válida y soporte metodológico en campo, el cual es un mosaico de factores económicos, sociales, culturales y naturales que definen una realidad altamente interrelacionada. El conocimiento de esta diversidad de factores y su integración es condición necesaria para el establecimiento de acertadas políticas de desarrollo.

Este conocimiento es difícil de ganar debido principalmente a la estricta compartimentalización de la investigación. La falta de interés sobre las interrelaciones no sólo contribuye a que la información obtenida sea incompleta, también tiene un peso importante la forma en que la información ha sido manejada, ya que los datos disponibles no son fácilmente utilizables, debido a la

falta de coordinación entre los investigadores que hablan en diferentes lenguajes científicos y emplean diferentes métodos de investigación. Las dificultades en la comunicación refuerzan la tendencia a mantener separadas a las disciplinas, esta situación debe ser modificada a favor de una visión unificada de la realidad como base.

Bodini y Giavelli (1992) concluyen su análisis enfatizando que la creación de planes para el desarrollo sustentable de un área dada, requiere cuidadosa consideración de una multiplicidad de factores involucrados en su interacción, los que a menudo conducen a necesidades contrastantes. Una política adecuada del uso de la tierra incluye la resolución de conflictos, pero este proceso es a menudo omitido por la falta de información y metodologías apropiadas. La técnica de AMC puede ayudar al planificador a salvar problemas metodológicos, tanto como permite la manipulación de información heterogénea que es una de los mayores problemas que debe ser confrontado; tales metodologías pueden ayudar a direccionar la investigación sobre uso de la tierra y de esta forma llevan hacia vacíos en el conocimiento que deben ser llenados. El análisis sobre AMC ha mostrado que la creación de un plan de desarrollo no puede ser separada de la realidad humana para la cual es diseñada y que es necesario desarrollar estrategias con la finalidad de retornar a un concepto del ambiente sustentado culturalmente.

Dentro de la evaluación multicriterio (EMC) una de las definiciones básicas es la de decisión, que se entiende como la elección de una de las alternativas posibles para solucionar un problema. La teoría de la decisión se orienta en dos sentidos descriptivo y prescriptivo; el enfoque descriptivo concierne principalmente al campo de la lógica, la psicología y la sociología, basando el enfoque en la elaboración de una serie de constructos teóricos y articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales (Romero, 1993). Es decir se centra en especificar las razones por las cuales las decisiones son tomadas de un modo determinado (Eastman *et al.*, 1993). El enfoque prescriptivo o normativo se centra en cómo deben ser o cómo deben

comportarse los centros decisores (Barredo, 1994); el enfoque permite evaluar subjetiva y objetivamente los criterios de decisión (Eastman *et al.*, 1993).

En el análisis objetivo las tentativas son hechas para obtener una valoración de los eventos sobre los cuales se decidirá identificando todos los efectos potenciales (Barredo y Bosque, 1995). El análisis subjetivo de eventos de decisión comprende varias aproximaciones, cuyo propósito es ayudar a centros decisores a ordenar sus ideas expresando juicios conscientes elegidos racionalmente (Barredo y Bosque, 1995).

En el paradigma decisional multicriterio, el cual plantea la resolución de este tipo de problemas de decisión complejos, donde los criterios y objetivos pueden ser múltiples, incluso se pueden encontrar ocasionalmente problemas de decisión con objetivos conflictivos (Barredo y Bosque, 1995). Los análisis multicriterio y los modelos de decisión multiobjetivo ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de planificación, debido a que varios efectos intangibles como los sociales y las repercusiones ambientales pueden ser considerados cabalmente (Nijkamp y Van Delft, 1977).

1.5.2 Análisis multietapa para la evaluación de sustentabilidad con visión prospectiva y dinámica

Vonwiren Lehr (2001), menciona siete obstáculos orientados a metas que representan problemas para los métodos de evaluación de sustentabilidad; el incluye cuatro conceptos de planeación: 1) condensación del paradigma y definición de las metas; 2) caracterización de los sistemas respectivos y definición de los indicadores; 3) valoración y evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas; y 4) transferencia de la sustentabilidad a la práctica a través de modelos de manejo; y tres conceptuales: 5) falta de ISs sistémicos y transferibles referentes a todas las dimensiones de la sustentabilidad; 6) falta de adecuada evaluación y 7) falta de orientación en la formulación de modelos de manejo.

Él aclara que la definición de metas, la selección de ISS, la evaluación basada en grupos de ISS y las recomendaciones finales de manejo, constituyen la estrategia principal para trasladar los paradigmas teóricos a recomendaciones prácticas y que la meta principal será la protección del sistema de producción agrícola.

En la visión prospectiva de Farley y Costanza (2002) el estatus individual será dado por la contribución a los fines comunes, ya que el consumo sin límite hace poco por nuestra calidad de vida. En esta visión, “economía de estado estable” significa limitar el ingreso de materiales crudos a nuestro sistema económico y su regreso como desechos a los ecosistemas. De acuerdo a esto debemos vivir dentro de la capacidad portadora del planeta, la cual es sujeto de cambio; por lo que el manejo adaptativo debe ser un principio guía. La producción económica se debe centrar en calidad, no en cantidad; esto es enfocar los servicios aportados por los bienes, ya que estos son sólo medios no fines; esto permitirá a nuestra economía desarrollarse sin crecer.

Una etapa esencial de este enfoque es la contabilidad del costo total, incluidos la contaminación, la degradación de recursos, la pobreza y la miseria. Ya que complejos valores éticos no pueden ser reducidos a ecuaciones y racionalidad pura; la emoción debe ser reconocida como componente fundamental de la psique humana y parte esencial del proceso de toma de decisiones.

En su investigación sobre agricultura sustentable como vía para sostener un sistema de producción en un ambiente cambiante, Wagner (1999) analiza los cambios que afectan a la agricultura. Estos retos requieren un nuevo programa de educación e investigación para ayudar a la comunidad agrícola a responder a los múltiples cambios, que incluya metas específicas. Dado que el sistema de producción animal es dirigido por el consumidor, requiere un proceso evolutivo dirigido a mayor integración

Este autor considera que la base de la sustentabilidad es preparar a los productores para el cambio en tecnología, mercados, estructura industrial, aspectos ambientales y preferencias de consumo; los que constituyen retos a sus

habilidades de manejo y a su seguridad económica y familiar. Wagner (1999) aclara que la agricultura sustentable puede ser de altos o bajos insumos y que actualmente la agricultura sustentable de bajos insumos y orgánica, está dirigida a frutos pequeños, vegetales y especies pecuarias de importancia, y que requiere ampliarse para la conservación de la base de recursos naturales, el mejoramiento de la calidad ambiental y el sostenimiento de la productividad.

1.5.3 Análisis multidisciplina en el enfoque de sustentabilidad

Devendrá y Chantalakhana (2002), definen a la pobreza como un dilema rural y problema multidimensional, asociado con campesinos pobres, sistemas pequeños, falta de tierra y dotación de recursos, en un ambiente socioeconómico con externalidades específicas, que genera adaptación a la pobreza, vidas frágiles, baja esperanza de vida con poca expectativa de autorrealización y de una vida futura confortable. Estos retos requieren más inversión en investigación y desarrollo agrícola en zonas áridas, con enfoques participativos e interdisciplinarios; y fuerte coordinación de los sectores público y privado en la elección del propósito de la investigación.

En los casos analizados por Bond *et al.* (2001) en tres países diferentes con condiciones, políticas, regulatorias y socioeconómicas diversas; con diferente número de propietarios y diferente nivel de sensibilidad política nacional e internacional, los propietarios clave en cada esquema, son muy diferentes y así sus fines organizacionales, sus enfoques para evaluación, técnica, consulta y toma de decisiones. Todos estos factores tienen consecuencias económicas, sociales y ambientales con diversos niveles de importancia relativa; la evaluación integrada debe considerarlas a todas. Algunos casos enfatizan la evaluación económica ó la ambiental; la evaluación social adquiere diversas modalidades y profundidad; la integración se logra por metodología multicriterio en algunos casos, por evaluación separada y paralela en otros; y en algunos la integración la realizan propietarios participantes clave.

Edwards *et al.* (1993) consideran que el mantenimiento de la diversidad biológica y los mecanismos de reciclado de nutrientes, son influenciados por factores específicos de sitio, clima y suelos así como condiciones y preferencias socioeconómicas. Es necesaria la investigación y desarrollo considerando semejanzas globales que incluya interdisciplinariedad y participación de productores y pueda ser aplicado un enfoque a nivel de finca.

Estos autores afirman que los modelos de simulación consideran tres niveles de organización que son poblaciones, comunidades y ecosistemas; y aclaran que los ecosistemas no perturbados maduran con el tiempo y muestran incremento en biomasa, diversidad de especies y heterogeneidad espacial; con interacciones tróficas más complejas y más alto grado de organización, la energía capturada es más plenamente utilizada. En contraste, el mantenimiento de los sistemas en estadios tempranos de la sucesión, tiene como fin explotar su producción; ya que mientras los ecosistemas maduros atrapan y retienen nutrientes, los agroecosistemas los filtran rápidamente.

Pannell (1999) afirma que los beneficios de la investigación y extensión agrícola en campo a menudo dependen de formas complejas dependientes de la manera en que la nueva tecnología de la información afecta al sistema de cultivo; y que la existencia de amplios impactos de la investigación y la extensión en los sistemas agrícolas es enfatizada como un aspecto crítico, pero negado en la evaluación económica de la investigación agrícola. Este aspecto es negado en los textos disponibles sobre evaluación de la investigación agrícola y en la mayoría de las evaluaciones aplicadas. Dada la dificultad y complejidad de asegurar una estimación de los beneficios, éste autor observa un renovado papel de los modelos económicos a nivel de finca (tales como los modelos de programación lineal en fincas).

Él enfatiza los riesgos de enfoques simplificados para la estimación de los beneficios de la investigación a nivel de finca; y para crear conciencia sobre la utilidad de modelos agrícolas relativamente detallados en la evaluación de la

investigación. La segunda cuestión abordada por este autor es sugerir como los economistas agrícolas pueden involucrar e influenciar a los científicos biológicos y físicos de forma que la evaluación de investigación sea exitosa y productiva, de tal forma que ellos puedan ser capaces de generar los beneficios factibles de ocurrir.

Pannell (1999) afirma que existen nuevas oportunidades para los economistas agrícolas de participar en la evaluación de investigación y en la priorización de procesos a un grado que no era posible previamente. Es esencial que el trabajo hecho sea percibido como relevante y valioso por los científicos y los administradores de investigación. Él argumenta que sean dirigidos esfuerzos para estimar los beneficios de la investigación agrícola a nivel de finca; por esta razón no puede ser delegada a los científicos biofísicos la estimación económica de los impactos de la investigación. Su papel en la evaluación de investigación debe ser limitado a la estimación de los impactos biofísicos de la investigación, con interpretaciones económicas aportadas por los economistas, tanto a nivel de finca como a niveles mayores.

Kaufmann y Cleveland (1995) analizan el potencial de altas tasas de crecimiento poblacional, ingresos crecientes y cambios en la tecnología para disturbar los sistemas ambientales sustentadores de vida de los que depende el bienestar humano. Este es un importante tópico de investigación para los científicos naturales y sociales; a la fecha los dos grupos no han generado un consenso, generalmente los científicos naturales tienden a argumentar que el tema del bienestar humano es más complejo que lo que los científicos sociales reconocen.

Una razón de la falta de acuerdo es la diferencia en los límites de los sistemas e indicadores ambientales usados por los científicos naturales y sociales; los científicos sociales se enfocan en el uso del sustento de vida como es la demanda de recursos naturales o la emisión de productos de desecho; mientras que los científicos naturales se enfocan en los cambios ecológicos, químicos o físicos en sistemas naturales causados por la actividad humana. Independientemente de los insumos de economistas y ecólogos, el énfasis en la resiliencia ha caído en la

misma dicotomía. Estos autores argumentan que la sustentabilidad de sistemas humanos puede ser entendida por la integración de conceptos e indicadores propuestos por los científicos naturales y sociales.

La sustentabilidad está basada en el balance entre los siempre cambiantes tipos y cantidades de soporte de vida ambiental usado por la sociedad y la habilidad a largo plazo de los ecosistemas naturales de proveer soporte a la vida. Este balance puede ser evaluado por criterios que combinen los lineamientos de los indicadores sociales que miden los factores económicos y técnicos, que determinan el uso del soporte de vida e indicadores de las ciencias naturales, que modelan los efectos ecológicos a largo plazo del uso del soporte de vida.

En su estudio sobre agricultura sustentable, Coke (1996) detalla una variedad de ejemplos existentes en la literatura sobre la evaluación de la sustentabilidad de la agricultura y explora la diversidad de significados dados al concepto de agricultura sustentable. Las proposiciones subyacentes en diferentes definiciones y las implicaciones que esta variedad tiene en los tipos de evaluación. Ella identifica tres tipos principales de definiciones: ambientales, sociales y económicas; y adopta una perspectiva post-modernista en la que argumenta que el conocimiento es construido culturalmente y que la definición que un autor afirma depende de su acervo y aprendizaje filosófico.

La agricultura sustentable no puede ser caracterizada como un tipo de práctica que determina cuándo un sistema agrícola es sustentable y cuándo es adaptado a sus condiciones ambientales, sociales y económicas presentes, unidas con su capacidad para cambiar conforme la situación evoluciona. Es muy difícil de determinar, ya que ética e interpretación están involucradas en la elección sobre lo que define a un sistema como sustentable y la ciencia no puede dar respuestas absolutas, debido a la incertidumbre del futuro y el contexto específico de los datos.

Coke (1996) aclara que incluso la clasificación de estilos de cultivo, involucra tanto homogeneidad de prácticas, como diferenciación de las mismas con respecto a las

prácticas de campo, ya que pueden ser consideradas normas científicas para la evaluación y la planeación. Respecto a la definición de agricultores sustentables y convencionales, ella encuentra que los diferentes métodos tendientes tanto a concentrar como a separar actitudes o conductas campesinas, pueden a veces resultar en el mismo campesino definido como sustentable en un proyecto de investigación y como convencional en otro; entonces diferentes definiciones pueden llevar a diferentes conclusiones.

Sobre la definición de sustentabilidad Coke (1996), sugiere la necesidad de clarificar la definición, la cual debida a su amplio uso permanece como un concepto ambiguo, lo que es parcialmente debido al amplio rango de agriculturas alternativas que incluye (orgánica, regenerativa, ecológica, de bajos insumos); así como a las formas en que sirve a intereses particulares, hasta llegar a ser denominada el “arte de la localidad”. Es inevitable que las evaluaciones sobre sustentabilidad relativa sean socialmente construidas, que es la razón por la que existen varias definiciones.

1.5.4 Programación matemática y lógica difusa para el estudio de sustentabilidad

Lara y Stancu-Minasian (1999) presentan a la programación fraccionada como una herramienta para el estudio de la sustentabilidad de sistemas agrícolas. Ellos señalan los elementos esenciales de la técnica en casos de objetivo singular y múltiple. La falta de algoritmos amigables presente en los paquetes de programación para resolver los modelos, es una limitación para el uso extensivo de una técnica bien adaptada para representar múltiples problemas en economía. Ellos presentan dos procedimientos para evitar estas limitaciones en la programación de objetivo múltiple

La programación matemática (PM) ha sido una herramienta ampliamente usada para el estudio y análisis de sistemas agrícolas, iniciando con los bien conocidos modelos de programación lineal. La investigación de operaciones ha aportado una gran variedad de modelos teóricos; el grado en el que dichos modelos han sido

usados en la práctica depende de diversos factores adicionales, el primero y directo es la capacidad del investigador para adecuar el marco de trabajo matemático a problemas reales; el segundo la existencia de algoritmos amigables para resolver los modelos; el tercero es la acumulación de trabajos empíricos que muestran que los modelos pueden ofrecer soluciones adecuadas a problemas reales; y cuarto la existencia de dispositivos útiles para implementar los algoritmos y correr los modelos con un razonable esfuerzo del usuario. Si bien la tecnología computacional ha eliminado la incidencia potencial del último factor, los otros tres continúan teniendo una importancia crítica en la extensión de modelos más complejos de programación matemática en agricultura.

Como en otros campos del modelado matemático hay una tensión esencial entre dos propiedades de los modelos: simplicidad y realidad. Los modelos simples son fáciles de abordar y la linealidad es una forma típica de lograr simplicidad. Existe gran reconocimiento de la necesidad de incorporar, el carácter no lineal y riesgosamente incierto de los problemas agrícolas en los modelos; así como de incorporar la complejidad de decisiones tomando en cuenta el creciente número de criterios de decisión. Estas propiedades sólo pueden ser incorporadas en los modelos de programación matemática a través de formas funcionales complejas (no lineales) y por un creciente número de funciones objetivo.

Dunn *et al.* (1995) establecen que la lógica difusa es un enfoque particularmente útil para la formulación y resolución de problemas relacionados a la sustentabilidad de la agricultura al aplicarla a la Toma de Decisiones de Atributos Múltiple TDAM. La decisión específica de interés es la selección entre alternativas de sistemas agrícolas con el fin de alcanzar el más alto grado de sustentabilidad. La lógica difusa ofrece varias ventajas que incluyen las capacidades para: 1) integrar datos mixtos cuantitativos y cualitativos, 2) utilizar datos expresados en unidades inconmensurables sin la necesidad de readaptar, 3) incluir información que es relevante a la decisión pero que puede ser vaga o imprecisa, 4) evitar inapropiadamente altos niveles de discriminación entre alternativas que difieren solo ligeramente en sus atributos, 5) modelar las interrelaciones entre los

diferentes criterios de sustentabilidad y 6) proveer rangos totales de las alternativas. Para ilustrar la aplicación de la lógica difusa en TDAM, ellos describen un prototipo de modelo para la selección entre dos sistemas de cultivo y proponen un sistema de soporte de decisiones basado en la lógica difusa.

Dunn *et al.* (1995) analizan que conforme la sustentabilidad de la agricultura se convierte en un tópico de interés creciente, surge la necesidad de sistemas de soporte de decisiones a varios niveles. Al nivel de finca unitaria existe la necesidad de modelos de sustentabilidad que pueden ser usados para ayudar a los productores a seleccionar entre alternativas de sistemas de cultivo con la finalidad de alcanzar mayores niveles de sustentabilidad. Los tomadores de decisiones públicos, así mismo están interesados en evaluar la sustentabilidad de sistemas de cultivo alternativos, con la finalidad de formular políticas agrícolas, ambientales y sociales más efectivas.

Dunn *et al.* (1995) señalan que debido a la naturaleza multidimensional de la sustentabilidad de la agricultura, la toma de decisiones de objetivo múltiple (TDOM) y de atributo múltiple (TDAM), proveen modelos apropiados para el desarrollo de sistemas de soporte de decisiones. La naturaleza de los criterios de decisión en problemas relacionados a la sustentabilidad de la agricultura y aspectos asociados con la medición de estos criterios crea varios retos. Ellos argumentan que un enfoque basado en la lógica difusa puede ser usado para formular y resolver problemas asociados con la sustentabilidad de la agricultura tomando decisiones por atributos múltiples. El enfoque de la lógica difusa a la TDAM puede ayudar para salvar varios obstáculos clave que son inherentes en el modelado de decisiones relacionadas a la sustentabilidad de la agricultura.

Dunn *et al.* (1995) proponen que debe ejercitarse el cuidado en la selección de los criterios de decisión, de modo que los criterios provean cobertura total del concepto de sustentabilidad, mientras que reflejan adecuadamente los intereses de los tomadores de decisiones actuales. Muchas aplicaciones de la TDAM no proveen justificación para la selección de criterios de decisión, basados en el

hecho de que la elección de criterios de decisión puede afectar la ponderación de varias metas y en consecuencia los rangos de alternativas. Un proceso de investigación participativo puede ayudar a asegurar que el modelo incluye criterios que son relevantes a los tomadores de decisiones actuales.

Dunn *et al.* (1995) refieren que otro aspecto enfatizado es que se requiere investigación adicional en la construcción apropiada de funciones miembro, dado que ellas son los vehículos para traducir los datos (o medidas) en los criterios dentro de la inferencia motora del modelo. Mientras que las aplicaciones de la lógica difusa en campos externos a la agricultura indican que los resultados del modelo no son sobre sensitivos a la forma de las funciones miembro, la colocación de estas funciones en las escalas base es una forma implícita de ponderación. La elección entre el uso de conocimiento con base científica o conocimiento campesino en la construcción de las funciones miembro, refleja un juicio de valor con respecto a los méritos relativos de la incorporación de los estándares de la comunidad científica para la sustentabilidad, contra los estándares sostenidos por los tomadores de decisiones.

Otro aspecto del modelado se relaciona con la creación de una base de reglas difusa y la necesidad de validación y calibración del modelo en sus subsecuentes rangos de alternativas. Dunn *et al.* (1995) intentaron experimentar con operadores de agregación alternativos, investigando las aplicaciones del uso de una estructura jerárquica basada en reglas difusas y simulando la evaluación de numerosas alternativas de sistemas de cultivo, con la finalidad de determinar la conducta del modelo y de probar como las diferencias entre alternativas, son reflejadas en diferencias entre los productos del proceso de determinación de rangos.

Finalmente Dunn *et al.* (1995) enfatizan la existencia de varias etapas en el proceso de modelado en donde existe tanto una ponderación implícita como explícita del criterio de decisión. La ponderación es extremadamente importante en su influencia sobre los productos de los modelos de TDAM, y el papel de la ponderación en TDAM difusa debe ser claramente articulado. Entendiendo cómo

la ponderación se introduce en el modelo e influencia a los rangos de alternativas. Se puede ser capaz de reflejar más cercanamente la estructura de preferencias de los tomadores de decisiones relativa a las metas de sustentabilidad. El resultado será un método para integrar información económica, ambiental y social en sistemas de cultivo alternativos, que guiarán la selección de alternativas para llevarnos más cerca de la meta de la sustentabilidad.

Cornelissen (2003) señala que los marcos de evaluación del desarrollo sustentable, operan tanto a nivel de sistema de producción como a nivel de sociedad. La información objetiva obtenida a nivel de sistema de producción, tiene significado subjetivo a nivel sociedad; el marco de evaluación constituye un ciclo completo para monitorear el desarrollo sustentable. El intentó construir un soporte para identificar criterios de sustentabilidad apropiados de obtener información relevante respecto al desarrollo sustentable; de construir un método para interpretar esta información y de conducir conclusiones evaluativas sobre el concepto.

Cornelissen (2003) aporta una doble perspectiva integrando racionales en sustentabilidad tanto centrados en la naturaleza como en el ser humano, en un imperativo sistémico y un imperativo social. Estos dos imperativos de sustentabilidad identifican una base común para el desarrollo sustentable, que permite la apropiada identificación de criterios de sustentabilidad. Si son identificados criterios de sustentabilidad apropiados, dando significado a la información obtenida de los criterios, por medio de la medición y observación de los ISs, esto llevará a una fase posterior de conclusiones sobre el desarrollo sustentable.

Cornelissen (2003) sugirió un juego de teoría difusa como una base matemática formal, para fundamentar sus conclusiones y enfrentó la viabilidad de un juego de teoría difusa para interpretar e integrar información disponible. Los modelos difusos pueden crear interfaces de información entre el nivel sociedad y el sistema

de producción, debido a que las variables lingüísticas proveen una fuente entre la interpretación subjetiva y la medición objetiva.

Cornelissen (2003) supone que en contraste con la incertidumbre probabilística de lógica bivalente; la incertidumbre difusa de lógica multivalente describe el grado en que un sistema es sustentable y no sólo si lo es o no; aclarando así la forma en cómo los humanos entienden y manejan la complejidad; y aportando a los políticos información sobre el estado del desarrollo sustentable; así como información respecto a la necesidad de intervenciones específicas.

1.6 Enfoque de multiescalas para la evaluación de sustentabilidad

De Camino y Muller (1993) proponen diversos niveles espaciales de estudio y aclaran que los ISs deben adaptarse a cada uno de ellos; pero ¿Cómo evaluar cuando un sistema es sustentable?, ¿Cómo saber cuándo las alternativas diseñadas incrementarán la sustentabilidad del sistema?, ¿Cómo evaluar la sustentabilidad de un SMRN en una escala dada?

López-Ridaura *et al.* (2005a) presentan de forma preliminar un novedoso Marco Metodológico Multiescala para la Evaluación de Sustentabilidad (MMMEES). Es presentada una estrategia operativa general para derivar indicadores a diferentes escalas; la estrategia para derivar indicadores es basada en la definición de impacto, para los diferentes organismos institucionales interesados y sus principales objetivos y limitaciones.

Un conjunto fijo de indicadores para diferentes Sistemas de manejo de recursos naturales (SMRN) es inapropiado, considerando que en cada sistema diferentes indicadores pueden ser relevantes en cada escala; más aún, la presentación de un conjunto de indicadores sin estrategias claras sobre la integración de su información, produce un entendimiento fragmentado y hasta erróneo del sistema bajo análisis (Smith y McSorely, 2000).

En los niveles jerárquicos muy localizados como son la parcela y la finca el principal objetivo de la evaluación ha sido la valoración de la factibilidad e impacto

de prácticas alternativas de manejo para sugerir estrategias específicas que incrementan la sustentabilidad del SMRN; en esta escala, mercados y políticas se han considerado siempre como factores exógenos al sistema. A niveles de análisis jerárquicamente mayores, tales como los niveles regionales y suprarregionales, la evaluación se dirige comúnmente a valorar el impacto de políticas y programas de desarrollo (Reintjes *et al.*, 1992).

Sólo entendiendo las relaciones ó conexiones entre diferentes escalas será posible formular, por una parte alternativas de manejo y por otra parte políticas de desarrollo que optimicen la sustentabilidad total de los SMRN (Reintjes *et al.*, 1992). Ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico (Conway, 1994).

De acuerdo con López-Ridaura *et al.* (2005a) existen atributos específicos derivados de tendencias disciplinarias y aquellos que pueden ser considerados apropiados a cualquier sistema independiente de la escala de análisis o del enfoque disciplinario. Aún estos pueden ser clasificados en dos tipos: a) aquellos que se refieren al funcionamiento del sistema en un ambiente específico, independiente de los cambios en su funcionamiento interno y en las interacciones con el ambiente y otros sistemas coexistentes (tales como: productividad, eficiencia, reproducibilidad, existencia y efectividad); y b) aquellos que se refieren al funcionamiento continuo del sistema cuando enfrenta cambios en su funcionamiento interno, en su ambiente y en otros sistemas coexistentes (tales como: estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, coexistencia y seguridad).

López-Ridaura *et al.* (2005a) menciona que el ciclo de evaluación bajo este enfoque puede ser dividido en dos fases: la fase de análisis del sistema y la fase de síntesis del sistema. En la primera son analizados y derivados conjuntos de indicadores estratégicos a diferentes escalas de investigación, estos indicadores están directamente relacionados con los atributos básicos, ya que reflejan el estado o cambio de ellos y se fundamentan en los objetivos y limitaciones identificados por los productores a diferentes escalas. En la fase de síntesis del

sistema son analizados los resultados de los indicadores, comparando diferentes alternativas por medio del análisis de escenarios basado en escalas de impacto.

Pacini *et al.* (2002) observaron que los factores regionales relacionados con el suelo y el clima tienen fuerte influencia en la pérdida de nutrientes, erosión del suelo, riesgo por pesticidas y biodiversidad de herbáceas; mientras que los factores específicos del sitio, por su parte influyen en la pérdida de nutrientes y erosión.

Ronchi *et al.* (2002) aclaran que los países desarrollan sus propios enfoques sobre los estándares internacionales; adaptándolos y buscando un delicado balance entre ISs globales, nacionales y locales. Es importante evitar perder la comparatividad internacional al considerar variaciones espaciales y temporales específicas y las políticas nacionales. Ellos afirman que la diversidad biológica y los mecanismos de reciclaje de nutrientes son factores clave o procesos comunes en el funcionamiento y persistencia de agro-ecosistemas tradicionales; en contraste los tipos de suelos, climas y prácticas de cultivo son de naturaleza regional y difieren considerablemente entre ecosistemas.

La adaptación a ambientes locales es denominada por Edwards *et al.* (1993) especificidad de sitios; la finca se ubica dentro de una jerarquía de niveles que incluye parcela, finca, comunidad, cuenca y región; ante éste enfoque de multiescalas ellos consideran que la biodiversidad puede ser espacial (estratificación) o temporal (rotaciones, relaciones interespecíficas y sucesión); y es relativamente fácil de manipular por medio de prácticas de cultivo. En contraste, el relieve y el clima son difíciles de manipular (sólo por medio del riego).

Es importante aclarar la escala de producción posible o deseable de los sistemas sustentables; ya que ante la separación geográfica de productores y consumidores orgánicos, el proceso de certificación es el vínculo que los une (Rigby y Cáceres, 2001).

Edwards *et al.* (1993) señala que un sistema agrícola se dice sustentable a nivel de finca si satisface las necesidades del productor mientras conserva los recursos naturales. La conservación de recursos es manejada separadamente de la satisfacción del productor. Incluye aspectos tales como productividad, rentabilidad, estabilidad y aceptabilidad social; el rendimiento y frecuencia de pérdida de cultivos son indicadores para la satisfacción del productor; mientras que profundidad de suelo, contenido de carbono orgánico y porcentaje de cobertura vegetal, lo son para la conservación de recursos.

Edwards *et al.* (1993) la sustentabilidad de un sistema puede ser representada en dos formas: 1) como el promedio combinado de las preferencias para la satisfacción del productor y la conservación de los recursos; 2) como un polígono de radar. El proceso permite al trabajador comparar fincas o sistemas de cultivo y monitorear cambios en el tiempo; así como la comparación de diferentes escenarios modificando los umbrales para la satisfacción del productor o añadiendo otros indicadores.

Edwards *et al.* (1993) indica que cada una de estas cualidades es compleja y puede ser definida en varias formas; no es sorprendente que la definición y medición de agricultura sustentable sea muy elusiva. El principio de especificidad local evita la dificultad de seleccionar y aprobar un conjunto común de indicadores, tema que es siempre controversial. Este permite a los practicantes la libertad de elegir sus propios indicadores, situación que es muy atractiva entre los trabajadores a nivel de localidad. Un obstáculo mayor con el enfoque de la especificidad local es la dificultad de comparar resultados de fincas donde han sido seleccionados diferentes indicadores.

Aquí radica la fuerza del segundo enfoque de indicadores constantes entre fincas, donde todas las mediciones están basadas en los mismos indicadores y los resultados son comparables entre fincas y son más fáciles de analizar para su repetitividad y replicabilidad. Gomes *et al.* (1996) asumen que el segundo principio

de definición y conjunto de indicadores comunes para medir la sustentabilidad es un concepto mucho más fuerte y útil para estudiar agricultura sustentable.

La especificación de los niveles umbrales debe denotar los límites entre valores sustentables y no sustentables; a menos que este nivel sea claramente especificado para cada indicador, no es posible distinguir entre condiciones sustentable y no sustentables. En su trabajo Gomes *et al* (1996). Consideran el nivel umbral como el promedio de la comunidad, en lugar de un valor absoluto para toda situación.

Lovell *et al.* (2002) afirman que el manejo integrado de recursos naturales (MIRN) es complejo y deben ser apuntadas muchas interacciones; consecuentemente la escala de investigación puede restringir la generalidad y utilidad de los resultados. Existe la necesidad de reconciliar los enfoques corrientes de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, ya que ambos son necesarios para alcanzar logros efectivos en programas estructurados. El MIRN está entonces siendo promovido a un rango muy amplio de escalas y en todos los casos busca direccionar agro-ecosistemas íntegros cuya naturaleza es compleja.

Según Lovell *et al.* (2002) la escala ha sido definida como “tamaño o grado relativo”, y por ello es una característica dimensional tanto de espacio como de tiempo de una observación, un proceso o un modelado del proceso; es una indicación de un orden de magnitud más que un valor específico. El escalado por su parte representa los conceptos trascendentes que ligan procesos y actores a diferentes niveles de tiempo y espacio.

Lovell *et al.* (2002) explica que el escalado enfatiza cambios en procesos y actores hacia arriba o hacia abajo, en una escala dada de observación; reconoce la interconectividad de escala e incluye las limitaciones interacciones, retroalimentaciones y flujos laterales importantes que deben ser asociados con tales cambios de escala. Incluidos en el concepto de escalado están los cambios en variabilidad espacial y temporal en patrones de distribución y en sensibilidad; el

escalado entonces va mas allá de la simple agregación o desagregación de resultados a una escala para alcanzar resultados a una escala más deseable.

Lovell *et al.* (2002) Los problemas de escalado relacionados a tiempo, espacio, instituciones y ambientes han sido apuntados por diversos investigadores quienes han propuesto diversas soluciones; se han discutido diversos aspectos de las escalas temporales, biofísicas e institucionales, enfatizando el “fuera de escala”, el cual es utilizado para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares; lo que es replicación a la misma escala pero en diferentes localidades. Este involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

Lovell *et al.* (2002) indica que los ejemplos de escalas temporales biofísicas e institucionales y sus contextos y dinámicas físicas y sociales, resaltan que los enfoques serán invariablemente específicos para localidad y tiempo hasta cierto grado. Los estudios en cada programa temático deben enfocarse a dos niveles: 1) estudios estratégicos que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional; y 2) estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones clave o vacíos del conocimiento, que deben concentrarse en la interconectividad de escalas.

En su trabajo Pacini *et al.* (2002) describen diversos niveles espaciales (región, geoforma, finca, parcela), e incluyen factores morfoedafológicos y agrícolas (geoforma, tipo de suelo según la FAO, textura, riego, cultivos y rotación).

Cumming (2006) afirma que la escala es un concepto que trasciende las fronteras disciplinarias. En la ecología y la geografía, la escala se define generalmente en términos de dimensiones espaciales y temporales; el concepto de escala sociológica también incorpora el espacio y el tiempo, pero añade ideas sobre la representación y la organización. Aunque la ubicación espacial y temporal determina el contexto de las dinámicas sociales y ecológicas, las interacciones socio-ecológicas pueden crear espirales de retroalimentación dinámica en el que

los humanos tanto influyen y son influidos por los procesos de los ecosistemas. Su hipótesis es que muchos de los problemas de las sociedades en la gestión de los recursos naturales se presentan debido a una falta de correspondencia entre la escala de la gestión y la escala (s) de los procesos ecológicos se está manejando.

Özkaynak (2010) plantea que a pesar de la reciente popularidad de los ejercicios de escenarios multi-escala, la literatura revela que faltan elementos en relación con la elaboración de escenarios a escala local. Él comenta que los escenarios construidos a nivel local son a menudo una reducción de escala de los escenarios de mayor escala o desarrollados dentro de las condiciones de las escalas globales y nacionales sin tomar las circunstancias locales en cuenta. En su trabajo analiza el tema de la escala en el desarrollo de escenarios local y desarrolla un enfoque metodológico formal para la elaboración de escenarios a escala local.

Zurek (2007) afirma que comúnmente, los ejercicios de escenarios se han centrado en los procesos a una escala geográfica específica. Recientemente enfoques basados en escenarios también se han utilizado para tratar los procesos multi-escala o para unir escenarios desarrollados en varias escalas geográficas entre sí con el fin de comprender mejor la interacción de los procesos a través de las escalas.

Vervoort (2012) discute como los problemas de escala desempeñan un papel crucial en la gestión de los sistemas socio-ecológicos. Sin embargo, los intentos de superar las perspectivas interdisciplinarias sobre el papel de la escala hasta ahora han sido en gran parte limitada al ámbito científico. Él trabaja la escala para permitir la inclusión de la perspectiva de la práctica basada en la escala. El introduce el término de "dimensiones", que se utilizan para describir los aspectos de fenómenos, tales como el tiempo, el espacio y la energía, estructurados por las escalas y niveles. El sostiene que esta extensión permite una comprensión más clara de la diversidad de dimensiones y escalas que se puede utilizar para explorar socio-ecológica sistemas.

Ahlborg (2012) señala la importancia que tiene la dinámica de escala y los desajustes de escala en los resultados de la gestión de los recursos naturales es un tema ampliamente discutido. En su investigación desarrolla teóricamente el concepto de 'conocimiento' de escalas e ilustra con ejemplos empíricos. Define las escalas de conocimiento como el grado y el carácter de conocimientos que poseen las personas y colectivos temporal y espacial, y argumenta que las escalas dispares de conocimiento son importantes en la 'desigualdad de escala ', que junto con la política de escala, conducen a conflictos en el manejo forestal de Nepal.

Buizer (2011) afirma que cualquier enfoque actual de los problemas ambientales más apremiantes del mundo implica cuestiones de escala y de gobierno. Después de todo, los eventos locales actuales podrían tener consecuencias globales a largo plazo (el problema de escala) y la solución de problemas ambientales complejos requiere responsables políticos para pensar y gobernar más allá de las escalas espacio-temporales generalmente utilizados (el problema de la gobernabilidad). El argumenta que los problemas de escala, las prácticas de gobierno, así como sus interdependencias mutuas deben ser considerados como construcciones humanas, aunque dialécticamente relacionado con la naturaleza de materialidad, y por lo tanto genera procesos controvertidos, lo que requiere el diálogo y la cooperación intensiva y permanente entre los científicos naturales, ciencias sociales, políticos y ciudadanos por igual.

Cumming (2006) plantea que los desajustes de escala se producen cuando la escala de la variación ambiental y la escala de la organización social en la que reside la responsabilidad de gestión están alineados de tal manera que una o más funciones del sistema socio-ecológico se rompen, se producen ineficiencias, y / o componentes importantes del sistema se pierden. Se generan por una amplia gama de enlaces y procesos socio-ecológicos sociales y ecológicos. Las diferencias entre las escalas de los procesos ecológicos y las instituciones que son responsables de la gestión de los mismos pueden contribuir a una disminución en la capacidad de recuperación socio-ecológico, incluyendo el mal manejo de los

recursos naturales y una disminución en el bienestar humano. Las soluciones a desajustes de escala por lo general requieren cambios institucionales en más de un nivel jerárquico. Las soluciones a largo plazo a problemas de desajuste de escala dependerán del aprendizaje social y el desarrollo de instituciones flexibles que pueden ajustar y reorganizar respuestas a los cambios en los ecosistemas. Se necesita más investigación para mejorar nuestra capacidad de diagnosticar, comprender y solucionar inconsistencias de escala en los sistemas socio-ecológicos.

1.7 Prospectiva y Construcción de Escenarios

Según Estébanez la base teórica se encuentra en Holding que señala que *“El concepto de imagen o realidad percibida es el eslabón que media entre el medio real y el comportamiento del hombre y, por tanto no puede comprenderse ni este comportamiento, ni la relación medio/hombre, sin entender la imagen”* Miklos (2008) excepto los radicales, el resto de las corrientes geográficas, como hemos podido ver, entendía que el espacio era objetivo. Se creía en la “transparencia del medio” y en los individuos como seres que tomaban sus decisiones en base al clásico juego de “costes-beneficios” (Massiris, 2006).

La prospectiva, sea cual sea, constituye una anticipación (pre activa y proactiva) para iluminar las acciones presentes con la luz de los futuros posibles y deseables. Prepararse ante los cambios previstos no impide reaccionar para provocar los cambios deseados Godet (2007). La prospectiva es un intento de mirar al futuro, especialmente para ver cómo pueden hacerse posibles los futuros que nos parecen deseables. En otros países no se habla de prospectiva sino de futurología, palabra que hace énfasis en el hecho de que se trata de estudiar el futuro, pero de estudiarlo rigurosamente. La prospectiva nunca coloca un único futuro posible, se puede hablar hasta de un escenario tendencial, de un escenario más probable pero de un escenario único (Villaveces, 2002).

La construcción de escenarios yace bajo el entendido paisajístico, de acuerdo con los geógrafos del comportamiento y la percepción partirán de la base de que *“El*

entorno en tanto que percibido no es algo neutro y con organización propia, sino un conjunto de signos que se leen y se estructuran en forma de paisaje según una sistemática semiológica propia del sujeto (...) El paisaje es en gran parte una composición mental (...) (que) está sustancialmente influida por la personalidad, la cultura, los intereses y, en general, por todo lo que constituye el 'punto de vista' del observador" (Miklos, 2008).

Miklos (2008) añade que este proceso de construcción de escenarios involucra un método complejo que se apoya en múltiples herramientas, es apropiada para dar cuenta de fenómenos multicausales porque busca desvendar la influencia relativa de los diferentes factores que afectan un determinado problema, aunque la prospectiva contribuye con método y herramientas propias, ellas interactúan con las otras herramientas de la gerencia social. Así constituye una gran ayuda para iniciar la construcción de escenarios disponer de un análisis del ambiente y de los involucrados, de los conflictos y de la construcción del árbol de problemas bajo estudio. La prospectiva representa la habilidad para llevar a grupos humanos a tomar decisiones relevantes que los lleven a alcanzar el mejor de los futuros posibles, enfrentando situaciones de incertidumbre. En gran medida, dichas situaciones provienen en primera instancia de considerar que los fenómenos estudiados requieren de una visión integral de largo plazo y donde los actores sociales intervienen sensiblemente.

De igual forma Miklos (2008), señala que desde el punto de vista metodológico, si bien existen múltiples técnicas y procedimientos que han sido desarrollados y aplicados durante los últimos años, básicamente comprende procesos de reflexión colectiva y comprometida para lograr un fin determinado en el largo plazo, a través de escenarios secuenciados estratégicamente. En todo caso, la reflexión debe ser interactuada, holística, inteligente y comprometida.

En el fondo, tal reflexión debe comprenderse casi literalmente: "reflexión", pensar iterativa e interactivamente, y volver a hacerlo tantas veces como resulte pertinente. Estos ejercicios repetitivos, holísticos y teleológicos (con un fin

determinado a largo plazo) incluyen necesariamente las aportaciones de la ciencia, la objetivación, la intuición, la imaginación y la creatividad más inteligente y comulgada, entre conocedores, estudiosos y actores sociales. En tanto se utilice la metodología prospectiva, su aplicación requiere de las tres etapas siguientes: conocer, diseñar y construir (Miklos, 2008).

Miklos (2008). La primera (**conocer**) engloba la identificación y conformación de los futuros posibles a partir de la información diversa y dispersa que proviene de múltiples fuentes. La segunda (**diseñar**) se orienta a la elaboración de modelos de la realidad ante la cual habrán de tomarse las decisiones, y a la identificación inteligente, razonada y consensuada del “futurible” (el mejor de los futuros posibles). En la tercera etapa (**construir**), a partir del “**futurible**” se evalúa su pertinencia, se comprometen los actores sociales y se cumplen los compromisos establecidos, dando seguimiento y adecuación permanentes de este proceso.

Miklos (2008). La prospectiva, entonces, propone como metodología él, “conocer-diseñar y construir”, incorporando a este proceso tanto el “futurible” como la reinterpretación del pasado y del presente, a partir de todo ello, diseñar y construir el mejor de los futuros posibles. Este proceso se desarrolla siguiendo una triple dinámica interactiva: una reflexión compartida con amplia participación experta para conocer las necesidades y los deseos sociales, una reflexión estratégica para diseñar e interpretar el futuro deseable y posible, y una reflexión colectiva al confrontar la realidad durante la construcción de un futuro aceptado por expertos y aceptable para la sociedad.

El escenario deseado

El escenario deseado es a través de la participación social, este se logra mediante la organización social de los principales actores sociales que tengan influencias políticas, económicas, culturales, religiosas, etc. de esta forma la idea de las personas, hace que el rumbo de la organización tenga éxito (Gutiérrez, 2013).

El escenario tendencial

Extrapolación basada en las estructuras del presente, mediante estadísticas o variables que permiten ver la tendencia de los fenómenos a través del tiempo, el escenario tendencial se considera longitudinal por la historia de los hechos en un lugar (Gutiérrez, 2013).

De acuerdo con González *et al.* (2004), actualmente existe una gran variedad de trabajos y proyectos, los cuales involucran el uso de SIG e imágenes de satélite, cada uno de ellos trata de explicar las interrelaciones entre los factores del medio físico y la biota propia del lugar, con el objetivo de minimizar el grado de impacto en sus masas forestales. Queda de manifiesto que la principal ventaja del uso de sensores remotos en el manejo forestal es la facilidad de evaluar los tipos de vegetación y uso de suelo, orientando los trabajos de campo y la sistematización de información durante el desarrollo de inventarios (Burrough, 1986; Lang, 1998; Treviño *et al.*, 1997; Treviño, 2000).

Thorp y Bronson, (2013) desarrollaron una caja de herramientas geoespaciales, utilizada para gestionar simulaciones de modelos basados en puntos con múltiples ubicaciones, utilizando datos geoespaciales dentro de un sistema de información geográfica (SIG). Una característica importante de su herramienta es la naturaleza independiente del modelo, lo que significa que cualquier modelo de simulación basado en puntos que utiliza archivos ASCII para entradas y salidas puede ser gestionado espacialmente. El diseño flexible de su sistema le permite soportar ejercicios de modelización espacial para una variedad de modelos y aplicaciones ambientales.

Di Matteo, *et al.* (2017) desarrollan e ilustran un marco de optimización mediante SIG y técnicas participativas, para abordar problemas complejos de gestión ambiental que involucran a múltiples partes interesadas. En este marco, los conflictos se representan como una serie de problemas de optimización más pequeños e interconectados, que reflejan los intereses individuales de las partes interesadas. El marco utiliza análisis visuales interactivos para explorar y analizar

los resultados de optimización, y el concepto de *Mejores Alternativas a un Acuerdo Negociado*; así como un enfoque para replantear las visualizaciones dirigidas a estimular la negociación de las partes interesadas. Los resultados que obtuvieron indican que el marco propuesto permite la identificación de soluciones que proporcionan equilibrios óptimos entre muchos objetivos y proporciona un medio eficaz y eficiente de ayudar a las partes interesadas a identificar soluciones aceptables.

Yagoub *et al.*(2015) encontraron que los objetivos principales de detectar el uso de la tierra y el cambio de cobertura de la tierra, utilizando técnicas de teledetección, y posteriormente identificar las causas de la degradación de los pastizales y la cubierta arbórea en el bosque. En su estudio analizaron y monitorearon los cambios del uso de la tierra y el cambio de cobertura usando el deterioro de datos Landsat multi-temporal en el bosque y evaluaron el mejor método para la restauración de la vegetación. Ellos usaron datos Landsat multi-temporales para los años 1984, 1994 y 2013; que les permitieron valorar los grados del uso de la tierra y el cambio de cobertura en el esquema de clasificación. Se utilizaron clasificaciones individuales basadas en la máxima probabilidad de algoritmo.

Gadiga (2015) monitoreó la dinámica de la vegetación con el fin de entender el estado de la cubierta vegetal y sugerir posibles medidas de conservación. En su estudio utilizó el método de diferenciación de regresión de detección de cambios para identificar el estado y la dinámica de la cubierta vegetal en la región. Las imágenes satelitales Landsat fueron utilizadas para crear el Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (NDVI) utilizando el software IDRISI. Las imágenes NDVI fueron sometidas a diversos análisis que van desde el registro de imágenes a la regresión de imagen, diferenciación y umbral.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El procedimiento de evaluación fue dividido en dos fases. Una fase de análisis de sistemas, en la cual los criterios e indicadores específicos para las diferentes escalas fueron derivados; y una fase de síntesis del sistema, en la que la cuantificación e integración de indicadores es llevada a cabo y las alternativas fueron evaluadas para análisis de los escenarios.

2.1 Contextualización del área de estudio e identificación de actores a diferentes escalas.

Como primer paso se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac y la escala local, en la comunidad de San Juan Coapanoaya.

En lo que se refiere a la contextualización del área de estudio, fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; así como la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las dos escalas.

Las herramientas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos son el desarrollo o uso de tipologías campesinas y en términos biofísicos la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos para manejo de recursos naturales como son: precipitación, temperatura y tipo de suelo.

2.2 Definición de escalas de análisis y objetivos de los actores a diferentes escalas

Como primer paso se involucró a los actores sociales. La principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas relevantes de evaluación. Las escalas de análisis para evaluar sustentabilidad están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos.

A continuación se realizó una breve descripción de los cuadros por medio de los cuales se hizo la selección de atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en las dos escalas de análisis.

En el cuadro 1, se reportan los atributos generales e indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.

En el cuadro 2, se presenta la selección de atributos generales e indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México. A este nivel de análisis se trabajó con los mismos atributos que en la escala a nivel local, cabe destacar que los indicadores son más generales en esta escala.

En el cuadro 3, se muestra la determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México. En este nivel de análisis la principal fuente de información fue por medio de encuestas y entrevistas aplicadas a los habitantes de la Comunidad.

En el cuadro 4, se presenta la determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México. Para esta escala de análisis la principal forma de obtención de la información fueron las estadísticas de fuentes gubernamentales.

2.3 Selección de atributos e indicadores en ambas escalas.

La selección de atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción de la comunidad	1. Producción.
		Carácter de la producción de la comunidad	2. Beneficio/ porcentaje de costo 3. Ingresos.
		Autosuficiencia alimentaria	4. Producción de maíz/consumo de maíz.
		Labores de retorno	5. Generación de ingresos por unidad de labor.
		Independencia de entradas externas	6. Entradas externas/Total de entradas. 7. Autosuficiencia de forrajes. 8. Periodo de deficiencia de forrajes.
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Diversidad de actividades	Ingresos de la Comunidad	9. Ingresos de la granja/ingresos totales de la familia. 10. Valor agregado de producción por transformación familiar.
	Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos	Riesgo de pérdida de cultivos	11. Variación de la producción con variación de temperaturas. 12. Variación de la producción con variación de lluvias.
		Tiempo de recuperación de la pérdida de producción	13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)
		Diversidad de actividades	14. Practica de técnicas agro ecológicas
Autogestión	Mayor capacidad de organización	Participación	15. Asistencia a asambleas y otros eventos.
	Recuperar zonas en litigio	Autosuficiencia Control	16. Mecanismos de planeación ejecución y vigilancia.
Autoorganización	Mejorar los procesos de toma de decisiones	Organización comunitaria	17. Acceso a créditos seguros, u otros mecanismos.
Equidad		Distribución de beneficios y toma de decisiones.	18. Mecanismos de toma de decisiones.
		Grado de democratización	19. Distribución de utilidades y beneficios.

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En el cuadro 2, se presentan los atributos generales e indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Cuadro 2. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción municipal	1. Total de Producción. 2. Valor de la producción.
		Autosuficiencia alimentaria	3. Producción de maíz/Población en actividades primarias. 4. Producción de maíz/Población total municipal.
	Utilización de abonos orgánicos	Contaminación del agua	5. Uso de fertilizantes. 6. Uso de Plaguicidas.
	Mantener la productividad agrícola	Riesgos de la producción	7. Área de no cosecha. 8. Valor de la producción en años secos. 9. Valor de la producción en años fríos.
	Disminuir la deforestación	Degradación del suelo	10. Tasa de deforestación.
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Capacitación a productores	Mecanismos comunales de control y manejo de recursos naturales	11. Actividades para el manejo de recursos naturales. 12. Área bajo administración comunal.
	Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima	Variación de la producción debido a la variación del clima	13. Variación del valor de la producción con variación de temperaturas. 14. Variación del valor de la producción con variación de lluvias.
	Mantener la productividad	Diversidad de actividades	15. Control de erosión y mejoramiento del suelo. 16. Reforestación y cuidado del bosque. 17. Regeneración de pastizales.
Autogestión	Incrementar la capacidad de organización	Control	18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo.
Autoorganización		Organización	19. Tipo, estructura y permanencia de las organizaciones locales.
Equidad		Distribución de costos, beneficios y toma de decisiones.	20. Beneficiarios del sistema 21. Grado de democratización

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Para la selección y definición de indicadores estratégicos a partir de los Atributos de Sustentabilidad se realiza el análisis de congruencia entre los puntos críticos e indicadores. Los criterios de diagnóstico deben contemplar los diferentes atributos de sustentabilidad. A partir de ellos se deriva en una lista de indicadores para cada criterio seleccionado. Se asegura así que exista vínculo entre indicadores, criterios de diagnóstico, puntos críticos y atributos de sustentabilidad. Una vez confeccionada la lista de los posibles indicadores, es importante seleccionar y generar un conjunto de indicadores estratégicos con los que se trabajó. Es conveniente que sean indicadores integradores, fáciles de medir, confiables y que posean las propiedades de un indicador.

2.4 Determinación de métodos y unidades de medición.

En el Cuadro 3 se muestran los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en escala local. En este nivel de análisis la principal fuente de información fueron las encuestas y entrevistas aplicadas a los habitantes de la Comunidad.

Cuadro 3. Determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.

Indicador	Unidad de medición	Método de medición
1. Producción	Kg./ha * área cultivada	Encuestas
2. Beneficio/ porcentaje de costo(-)	\$ utilidad/ha * área cultivada	Análisis de costo beneficio
3. Ingresos		
4. Producción de maíz/Consumo de maíz(-)	%	Encuestas
5. Generación de ingresos por unidad de labor.	\$/ha/año	Encuestas Análisis de costos beneficio
	\$/año	
	\$/actividad/año	
6. Autosuficiencia de forrajes(-)	Producción de forraje/consumo de forraje. Meses	Encuestas
7. Periodo de deficiencia de forrajes(-)		
8. Ingresos de la granja/ingresos totales de la familia (-)	\$/Producto/año	Encuestas, entrevistas
9. Valor agregado de producción por transformación familiar		
10. Variación de la producción con variación de temperaturas	Kg./°C, \$/ °C Kg./mm, \$/mm	Encuestas, entrevistas
11. Variación de la producción con variación de lluvias		
12. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (perdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)	Meses, años.	Encuestas, entrevistas
13. Practica de técnicas agro ecológicas	Actividades/año, ha/año	Encuestas, entrevistas
14. Dependencia de recursos externos	Toneladas de fertilizantes/año. Lts, Kg. pesticidas/año	Estadísticas
15. Asistencia a asambleas y otros eventos.	No asambleas/año Personas dedicadas a la planeación (No). Actividades de planeación/año. Actividades de ejecución/año Actividades de vigilancia/año	Encuestas Reglamento del comunal
16. Mecanismos de planeación ejecución y vigilancia.		
17. Acceso a créditos seguros, u otros mecanismos.		
17. Acceso a créditos seguros, u otros mecanismos.	No. de créditos/año, \$ en crédito/año	Encuestas
18. Mecanismos de toma de decisiones.	Asambleas/año. Comités/año. Comisiones/año.	Entrevistas
19. Distribución de utilidades y beneficios.	\$/persona	Encuestas

Fuente: Elaboración propia, 2014.

En el Cuadro 4 se presentan los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal. Para esta escala de análisis la principal forma de obtención de la información fueron las estadísticas de fuentes gubernamentales.

Cuadro 4. Determinación de métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.		
Indicador	Unidad de medición	Método de medición
1. Total de Producción	tons	Censos
2. Valor de la producción	M\$	
3. Producción de maíz/Población en actividades primarias(-)	kg/hab.	SEDAGRO, INEGI Entrevista estructurada
4. Producción de maíz/Población total municipal (-)	kg/hab.	
5. Uso de fertilizantes	kg/ha	SEDAGRO, verificación con la entrevista, observación en campo.
6. Uso de plaguicidas	lt pesticidas/año	
7. Área de no cosecha.	Ha,% de la superficie agrícola municipal. M\$ M\$	Censo agropecuario, entrevista estructurada.
8. Valor de la producción en años secos.		
9. Valor de la producción en años fríos.		
10. Variación del valor de la producción con variación de temperaturas	\$/ ^o C, Kg/ ^o C \$/mm, Kg/mm	Entrevista estructurada
11. Variación del valor de la producción con variación de lluvias		
12. Tasa de deforestación	ha/año	Plan de desarrollo municipal, fotointerpretación
13. Control de erosión y mejoramiento de suelos	No. de actividades	CONAFOR, verificación en campo.
14. Cuidado del bosque		
15. Regeneración de pastizales.		
16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos	No. de actividades ha, %	PROBOSQUE, SEDAGRO
17. Área bajo administración comunal		
18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo.	No. de organizaciones. No. de asociaciones. % de propietarios en alguna organización.	Entrevista no estructurada, padrón de asociaciones.
19. Tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales.	No. de organizaciones/estructura No. de asociaciones/estructura Años de existencia/organizaciones Años de existencia de asociaciones. Padrón de asociaciones, cooperativas, uniones de crédito.	Entrevista no estructurada.

20.	Beneficiarios del sistema	Número y tipo de beneficiarios por género, edad. No. de personas beneficiadas.	Entrevista estructurada.	no
21.	Grado de democratización	Mecanismos de distribución del poder en la toma de decisiones. No. de reuniones. No. de participantes/reunión. % de participantes respecto a la población activa.	Entrevista estructurada.	no

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Se elaboró una lista de chequeo para identificar los aspectos de interés sobre cada indicador y de ahí se construyó el cuestionario, para definir las preguntas referentes a las actividades que se quisieron conocer para procesar la información y proceder a la etapa de medición y monitoreo de los indicadores.

2.5 Medición y monitoreo de indicadores

Consiste en la presentación de resultados y conclusiones sobre la evaluación de la sustentabilidad. Se realiza mediante instrumentos de análisis y obtención de la información, como entrevistas no estructuradas, cuestionarios estructurados, observación directa en campo y análisis de las características del agro ecosistema, que permitan identificar los problemas ambientales, económicos y sociales del territorio elegido.

2.6 Integración e indización de indicadores y atributos en las dos escalas

En esta etapa del desarrollo de la investigación se realizó una integración conceptual y metodológica, en relación con los objetivos de los actores sociales, esto permitió comparar los indicadores de cada una de las escalas de análisis. Los indicadores son indizados mediante la determinación de valores óptimos. La Integración de índices de cada indicador fue representado por el análisis de los valores, mediante un diagrama de tipo Radial. Para la integración conceptual de los indicadores en las dos escalas, se realizó buscando la afinidad entre los indicadores de las dos escalas, así como a las fuentes de información en cada escala.

2.7 Construcción de escenarios deseados y tendenciales de acuerdo a la situación actual y a los objetivos sociales

Los escenarios de análisis han sido parte de muchos estudios para el análisis de alternativas en estudios de uso de tierras. El objetivo principal es describir la relación entre indicadores con y entre sistemas a diferentes escalas de análisis. Para el propósito de evaluación de sustentabilidad multi-escala, se han desarrollado modelos multi-escala usando sistemas de modelamiento algebraico general, y aplicando programación lineal. El principio básico es que los objetivos de los actores sociales de una escala de análisis pueden ser incluidos como restricción para optimizar otras escalas.

2.7.1 Escenarios deseados

La generación del escenario correspondiente a la localidad de San Juan Coapanoaya, en la escala local la información se obtuvo mediante entrevistas estructuradas con la población, la encuesta se aplicó a 50 personas de un total de 150 personas que tienen derechos sobre la propiedad comunal de San Juan Coapanoaya y el correspondiente al municipio de Ocoyoacac, consistió en la realización de encuestas a líderes del municipio, se realizaron 30 entrevistas estructuradas a líderes sociales del Municipio, con trabajo y observación directa en campo, para conocer cómo visualizan el comunal y el municipio en el futuro, posteriormente se analizaron las respuestas y se obtuvieron los indicadores decisivos de la comunidad.

2.7.2 Escenarios tendenciales

Mediante Programación en SIG, se elaboraron escenarios tendenciales para la dimensión socio-económica, la dimensión político electoral y la dimensión ambiental, esto fue de importancia ya que permitió en la dimensión socio-económica obtener la marginación social del municipio por localidad, posteriormente se obtuvo en la dimensión político- electoral, la volatilidad electoral para el municipio y por localidad, finalmente en la dimensión ambiental se obtuvo por localidad del municipio y finalmente se obtuvieron los usos del suelo para el municipio.

1. Dimensión Socio-Económica.

Para la valoración de la dimensión socio-económica se generó un índice de marginación social. De acuerdo con Rodríguez (2012), el índice de marginación es uno de los parámetros más utilizados en las ramas sociales para ponderar el nivel de exclusión social que existe en un territorio.

El CONAPO (Consejo Nacional de Población) señala que la marginación social es un fenómeno estructural que diagnostica la situación social con respecto a la distribución de la riqueza; ayuda a determinar el éxito o fracaso de las políticas de desarrollo social (CONAPO, 2005).

El cálculo del índice de marginación se realizó usando el procedimiento del Consejo Nacional de Población (CONAPO), que establece el uso de nueve indicadores relacionados con la existencia de analfabetismo, falta de instrucción educativa básica y falta de bienes básicos en las viviendas. Los indicadores que se emplearon se muestran a continuación:

- *Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años.*
- *Porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa.*
- *Porcentaje de viviendas que no disponen de agua*
- *Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje.*
- *Porcentaje de viviendas que no disponen de excusado.*
- *Porcentaje de viviendas que disponen de piso de tierra.*
- *Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica.*
- *Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento.*
- *Porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador.*

Cabe destacar que se generaron modelos de marginación social para el año 2005 y 2010, para los límites del área de estudio. La información que se empleó fue obtenida del Índice de Territorialidad (ITER) de localidades del INEGI, por tanto, el nivel de análisis espacial empleado fue a un nivel de localidad.

A. Índice de marginación por localidad para el año 2005.

Con la información del ITER de localidades del INEGI, para el Censo Nacional de Población y Vivienda 2005, se pudo generar un índice de marginación por

localidad. Los indicadores que se emplearon y sus respectivas ecuaciones con respecto a las variables censales que se usaron, se exponen enseguida:

- Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años.

$$Pc1 = \frac{(P15_analf)}{P15mas} * 100$$

Donde:

$Pc1$ = Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años.

$P15_analf$ = Población de 15 años y más, que no sabe leer y escribir.

$P15mas$ = Población de 15 años y más.

- Porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa.

$$Pc2 = \frac{(P15_siinstr + P15_sprima)}{P15mas} * 100$$

Donde:

$Pc2$ = Porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa.

$P15_analf$ = Población de 15 años y más sin instrucción

$P15_sprima$ = Población de 15 años y más que no tiene la primaria completa.

$P15mas$ = Población de 15 años y más.

- Porcentaje de viviendas que no disponen de agua.

$$Pc3 = \frac{(Vivparhab - Vp_agua)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc3$ = Porcentaje de viviendas que no disponen de agua

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_agua = Viviendas particulares habitadas que cuentan con el servicio de agua potable

- Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje.

$$Pc4 = \frac{(Vivparhab - Vp_dren)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc4$ = Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_dren = Viviendas particulares habitadas que cuentan con el servicio de agua drenaje

- Porcentaje de viviendas que no disponen de excusado.

$$Pc5 = \frac{(Vivparhab - Vp_sersan)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc5$ = Porcentaje de viviendas que no disponen de servicio de excusado

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_sersan = Viviendas particulares habitadas que cuentan con el servicio de excusado

- Porcentaje de viviendas que disponen de piso de tierra.

$$Pc6 = \frac{(Vivparhab - Vp_pisodes)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc6$ = Porcentaje de viviendas que tienen piso de tierra

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

$Vp_pisodes$ = Viviendas particulares habitadas que tienen piso diferente de tierra

- Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica.

$$Pc7 = \frac{(Vivparhab - Vp_elect)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc7$ = Porcentaje de viviendas que no cuentan con energía eléctrica

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_elect = Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica.

- Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento.

$$Pc8 = \log(Po_ovp)$$

Donde:

$Pc8$ = Porcentaje de viviendas con hacinamiento

Po_ovp = Promedio de número de ocupantes por vivienda

- Porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador.

$$Pc9 = \frac{(Vivparhab - Vp_refri)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc9$ = Porcentaje de viviendas que no cuentan con refrigerador.

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_refri = Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador.

Una vez que se obtuvieron los porcentajes se calculó, para cada indicador, su valor tipificado; éste se obtuvo con la ayuda del paquete estadístico SPSS. Con la ayuda de los valores tipificados se obtuvo una medida resumen mediante el método estadístico de componentes principales El índice de marginación

corresponde a la primera componente estandarizada de la combinación lineal de los indicadores sugeridos anteriormente:

Se usó la siguiente formalización matemática dentro del paquete estadístico:

$$Y_{i1} = \sum_{j=1}^n c_j z_{ij} = c_1 z_{i1} + c_2 z_{i2} \dots$$

Donde:

Y_{i1} = Valor de la unidad de análisis i en la primera componente principal analizada

c_j = Ponderador del indicador j para determinar la primera componente principal estandarizada

z_{ij} = Indicador estandarizado j de la unidad de análisis espacial

Una vez que se llevó a cabo el proceso se obtuvo una medida resumen acompañada de una tabla de varianzas total explicada (Cuadro 5). Este parámetro determina la validez del modelo estadístico con respecto a los indicadores utilizados. Para el caso del índice de marginación propuesto se obtuvo un valor del 68.5%; esto implica que el modelo y los indicadores usados fueron los adecuados:

Cuadro 5. Varianza total explicada para el índice de marginación socioeconómica, 2005							
	Componente	Autovalores iniciales ^a			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
		Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
Bruta	1	5.111	56.789	56.789	5.111	56.789	56.789
	2	1.058	11.755	68.544			
	3	.938	10.422	78.965			
	4	.815	9.054	88.019			
	5	.501	5.569	93.588			
	6	.279	3.099	96.687			
	7	.165	1.831	98.518			
	8	.090	.996	99.514			
	9	.044	.486	100.000			

Reescalada	1	5.111	56.789	56.789	5.111	56.789	56.789
	2	1.058	11.755	68.544			
	3	.938	10.422	78.965			
	4	.815	9.054	88.019			
	5	.501	5.569	93.588			
	6	.279	3.099	96.687			
	7	.165	1.831	98.518			
	8	.090	.996	99.514			
	9	.044	.486	100.000			
Método de extracción: Análisis de Componentes principales.							
a. Al analizar una matriz de covarianza, los autovalores iniciales son los mismos en la solución bruta y en la reescalada.							

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuando finalizó el cálculo de las componentes principales para la totalidad de las localidades se aplicó el método de estratificación de Dalenius & Hodge. Este método se utiliza en el área de las ciencias sociales y la geografía para agrupar valores cuantitativos de un índice, en estratos de orden cualitativo. Se siguió la metodología planteada en los trabajos de Campos (2009) y Rodríguez (2012) para la estratificación cualitativa del índice obtenido que se tipificó en las siguientes categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

B. Índice de marginación por localidad para el año 2010.

Se generó también un índice de marginación social por localidad para las localidades del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Los indicadores que se emplearon fueron los mismos que en el modelo anterior, aunque se hicieron algunas adecuaciones para generar medidas sintéticas comparables entre los años 2005 y 2010.

Los indicadores que se emplearon y sus respectivas ecuaciones con respecto a las variables censales que se usaron, se exponen enseguida:

- Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años.

$$Pc1 = \frac{(P15_analf)}{P15mas} * 100$$

Donde:

Pc1 = Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años.

P15_analf = Población de 15 años y más, que no sabe leer y escribir.

P15mas = Población de 15 años y más.

- Porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa.

$$Pc2 = \frac{(P15_siinstr + P15_sprima)}{P15mas} * 100$$

Donde:

Pc2 = Porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa.

P15_analf = Población de 15 años y más sin instrucción

P15_sprima = Población de 15 años y más que no tiene la primaria completa.

P15mas = Población de 15 años y más.

- Porcentaje de viviendas que no disponen de agua.

$$Pc3 = \frac{Vp_Sagua}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

Pc3 = Porcentaje de viviendas que no disponen de agua

Vivparhab = Viviendas particulares habitadas

Vp_Sagua = Viviendas particulares habitadas que no cuentan con el servicio de agua potable

- Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje.

$$Pc4 = \frac{Vp_ndren}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

Pc4 = Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje

Vivparhab = Viviendas particulares habitadas

Vp_ndren = Viviendas particulares habitadas que no cuentan con el servicio de agua drenaje

- Porcentaje de viviendas que no disponen de excusado.

$$Pc5 = \frac{(Vivparhab - Vp_sersan)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

Pc5 = Porcentaje de viviendas que no disponen de servicio de excusado

Vivparhab = Viviendas particulares habitadas

Vp_sersan = Viviendas particulares habitadas que cuentan con el servicio de excusado

- Porcentaje de viviendas que disponen de piso de tierra.

$$Pc6 = \frac{Vp_pisoti}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc6$ = Porcentaje de viviendas que tienen piso de tierra

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_pisoti = Viviendas particulares habitadas que tienen piso de tierra

- Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica.

$$Pc7 = \frac{Vp_Sinelect}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc7$ = Porcentaje de viviendas que no cuentan con energía eléctrica

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

$Vp_Sinelect$ = Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica.

- Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento.

$$Pc8 = \log(Po_ovp)$$

Donde:

$Pc8$ = Porcentaje de viviendas con hacinamiento

Po_ovp = Promedio de número de ocupantes por vivienda

- Porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador.

$$Pc9 = \frac{(Vivparhab - Vp_refri)}{Vivparhab} * 100$$

Donde:

$Pc9$ = Porcentaje de viviendas que no cuentan con refrigerador.

$Vivparhab$ = Viviendas particulares habitadas

Vp_refri = Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador.

Para el cálculo del índice se obtuvieron los valores tipificados de cada indicador y éstos finalmente se procesaron con la metodología de componentes principales para la obtención del índice (Cuadro 6). Igual que el índice de marginación para el año 2005, se obtuvo el parámetro de varianza total explicada que resultó del 61.9%, lo cual indica que la robustez del modelo estadístico es suficiente para dictaminarlo como válido:

Cuadro 6. Varianza total explicada para el índice de marginación socioeconómica, 2010							
	Componente	Autovalores iniciales ^a			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
		Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
Bruta	1	3.721	41.340	41.340	3.721	41.340	41.340
	2	1.854	20.599	61.938			
	3	1.178	13.085	75.023			
	4	.787	8.741	83.764			
	5	.637	7.074	90.838			
	6	.452	5.017	95.855			
	7	.162	1.800	97.655			
	8	.113	1.251	98.906			
	9	.098	1.094	100.000			
Reescalada	1	3.721	41.340	41.340	3.721	41.340	41.340
	2	1.854	20.599	61.938			
	3	1.178	13.085	75.023			
	4	.787	8.741	83.764			
	5	.637	7.074	90.838			
	6	.452	5.017	95.855			
	7	.162	1.800	97.655			
	8	.113	1.251	98.906			
	9	.098	1.094	100.000			

a. Al analizar una matriz de covarianza, los autovalores iniciales son los mismos en la solución bruta y en la reescalada.
Método de extracción: Análisis de Componentes principales

Fuente: Elaboración propia, 2015

Al igual que el índice anterior se aplicó el método de estratificación de Dalenius & Hodge para tipificar los valores del índice en las siguientes categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

2. Dimensión Político-electoral

La valoración de la dimensión política se llevó a cabo mediante un índice de volatilidad política. De acuerdo con el trabajo de Rodríguez (2012), este índice ayuda a discernir las particularidades de la población de cada localidad respecto a su congruencia en decisiones políticas de cualquier tipo.

El índice de volatilidad pondera el cambio en la preferencia política de un territorio y puede precisarse como el cambio en la preferencia de los electores por un determinado partido político o candidato, de una elección a otra. De acuerdo con Rodríguez (2012), la ecuación para obtener este escalar es la siguiente:

$$V_{UT1} = \sum_{P=1}^{PT=TT-1} (tc_{UT1n})$$

Donde:

V_{UT1} = Volatilidad electoral de la sección electoral considerada.

PT = Periodo total considerado, que es equivalente al total de años considerados, menos 1.

P = Periodo/año de elección.

tc = Cambio de la preferencia electoral ocurrida en la unidad territorial 1 en el periodo P.

Para la obtención del índice de volatilidad electoral se usó la información por sección electoral, la cual, mediante procesos de análisis espacial, fue trasladada a información por localidades. Una sección electoral es la fracción territorial de los distritos electorales uninominales; es la delimitación territorial más pequeña dentro de la geografía electoral; cada sección debe tener como mínimo 50 electores y como máximo 1500 (IFE, 2009).

La información empleada se obtuvo del ECEG II (Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales) del año 2010, así como en los resultados definitivos de preferencia electoral del instituto Electoral del Estado de México. Con esta información se generó un índice de volatilidad política por localidad para el periodo 1993-2012, el cual fue cartografiado.

3. Dimensión Ambiental

Para la valoración de esta dimensión se emplearon dos imágenes de satélite, obtenidas del servicio de infraestructura de imágenes Landsat de la Universidad de Maryland, EU. Las imágenes satelitales del sensor Landsat TM son ampliamente utilizadas para ponderar e identificar tres tipos de coberturas: suelos, agua y vegetación.

Se emplearon dos imágenes satelitales del sensor Landsat TM, la primera es del año 1989 y la segunda del año 2007; ambas imágenes correspondieron al path 26, row 37, de la matriz de trayectoria WRS2 del sensor Landsat. El servidor de la Universidad de Maryland permitió la adquisición de las imágenes satelitales, pero éstas estaban codificadas en sub-imágenes correspondientes a cada banda espectral. Se aplicó un módulo implícito en un software de SIG para unir las bandas espectrales en una sola imagen.

Posteriormente se construyó un índice normalizado de vegetación a partir de la información de las bandas 3 y 4 de cada imagen; este índice es sumamente empleado para identificar biomasa. La ecuación matemática del índice es la siguiente:

$$NDVI = (B4 - B3) / (B4 + B3)$$

Donde:

NDVI = Índice de vegetación de diferencia normalizada

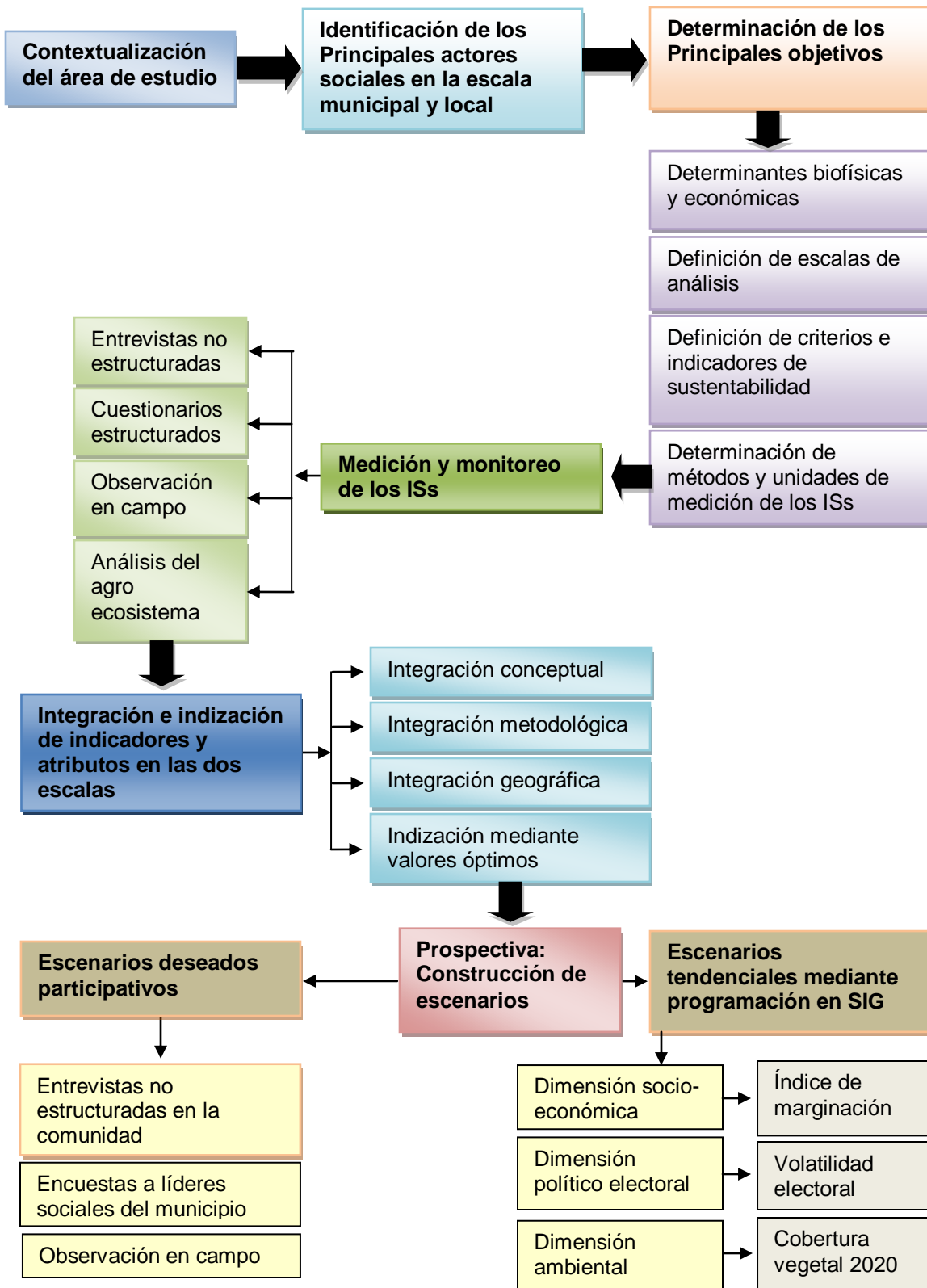
B3 = Banda espectral correspondiente al rojo visible

B4 = Banda espectral correspondiente al infrarrojo cercano.

Con el uso de técnicas de análisis y extracción de firmas espectrales, conocimiento y recorrido de la zona de estudio y vinculación de la cartografía existente con el servicio de Google Earth, se pudieron reclasificar valores de vegetación para la imagen satelital del año 2007; el mismo patrón fue aplicado a la imagen del año 1989, obteniendo, para ambos casos, un modelo de presencia de vegetación. Se obtuvieron dos modelos cartográficos que permitieron la identificación de las siguientes coberturas:

- Ocupación urbana, caminos y suelos desnudos
- Vegetación rala y propia de los espacios urbanos (parques, zonas de recreación); se incluyen pastizales.
- Vegetación arbustiva y pastizales
- Zonas agrícolas y pastizales
- Zonas boscosas

Diagrama Metodológico



CAPÍTULO III

RESULTADOS

PRIMER ARTÍCULO

3.1. Evaluación de sustentabilidad en dos niveles de análisis y dos escalas espaciales. El municipio de Ocoyoacac y la comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Publicado en la Revista Quivera con ISSN: 1405-8626 Número 17, Volumen 2. 2015

Evaluación de sustentabilidad en dos niveles de análisis y dos escalas espaciales. El municipio de Ocoyoacac y la comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Sustainability assessment at two analysis levels and two spatial scales. Ocoyoacac municipality and San Juan Coapanoaya community, State of Mexico

Margarito Jiménez Cruz¹, Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo², Carlos Ernesto González Esquivel³, José Isabel Juan Pérez⁴

Resumen

En este trabajo se aplicó un marco metodológico para la evaluación de la sustentabilidad, que permite cuantificar y comparar en diferentes niveles de análisis, indicadores y atributos de sustentabilidad en dos escalas geográficas. La investigación se realizó en el municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya, en el Estado de México, México. El ciclo de evaluación fue dividido en dos fases: En la primera fase de análisis se derivaron los criterios e indicadores específicos para ambas escalas; en la segunda etapa de síntesis del sistema, se llevó a cabo la cuantificación de indicadores y atributos. Se obtuvieron valores altos para los indicadores ambientales y sociales, y valores bajos para los indicadores económicos. La autogestión y la equidad fueron los atributos relevantes.

Palabras clave: Evaluación de sustentabilidad, escalas de análisis, niveles de análisis.

Abstract

In this research was applied a methodological framework for sustainability assessment, this allows to quantify and compare at different analysis levels, sustainability indicators and attributes at two geographical scales. The research was conducted at the municipality of Ocoyoacac and the Community of San Juan Coapanoaya, State of Mexico, Mexico. The evaluation cycle has been divided into two phases: At first analysis stage were derived specific criteria and indicators for both scales; at second stage about synthesis of the system, was carried out quantification of indicators and attributes. High values were obtained for environmental and social indicators, and low values for economic indicators. Equity and auto management were relevant attributes.

Key words: Sustainability evaluation, analysis scales, analysis levels.

¹ Centro Universitario UAEM Tenancingo, ² Facultad de Geografía, UAEM, ⁴ Instituto de Estudios sobre la Universidad, Universidad Autónoma del Estado de México. ³ Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo electrónico: jggc1321@yahoo.com.mx

El estudio fue registrado ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México. Proyecto 2987/2010SF.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional y nacional se han realizado una variedad de investigaciones para evaluar la sustentabilidad (Harrington, 1992; De Camino y Muller, 1993; FAO, 1994; Mitchell, 1995; Iucn, 1995; Cifor, 1999; Lewandowsky, 1999; Lovell 2002; Barker, 2005). Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre Evaluación de Sustentabilidad, en particular en lo que se refiere a Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (SMRN⁸), es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de diferentes SMRN (Dumansky *et al.*, 1998). En México se han realizado investigaciones sobre evaluación de sustentabilidad a nivel local y regional (González *et al.*, 2000; Astier, 2003; Brunett, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2011 y 2012; López Riadura, 2008), pero no se han realizado trabajos en donde se hayan desarrollado marcos de evaluación de la sustentabilidad a diversas escalas de análisis, necesarios debido a que los actores interactúan operando políticas de desarrollo a diferentes escalas (Reintjes *et al.*, 1992); ya que ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico (Conway, 1994; De Camino y Muller, 1993).

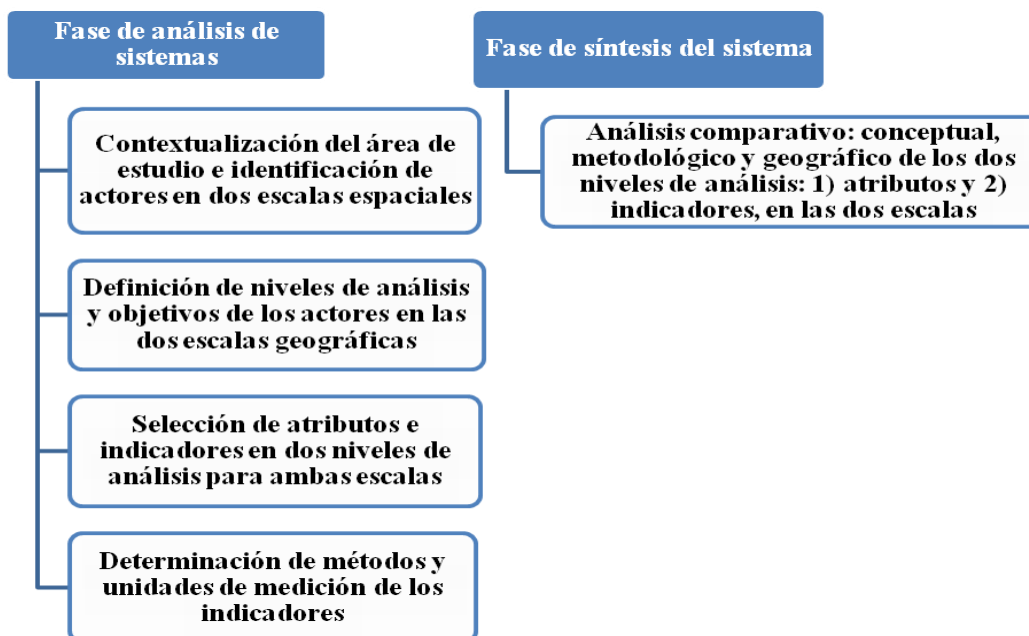
En este trabajo de investigación se buscó cuantificar e integrar los indicadores de dos escalas de análisis, el municipio y la localidad. Los objetivos particulares incluyen: 1) Identificar los objetivos de los actores sociales que permitan derivar los indicadores de sustentabilidad en ambas escalas; debido a que las prioridades de los actores sociales involucrados en el SMRN no son las mismas, dado que para la comunidad sus límites de acción son más reducidos, sus objetivos tienen que ver con su propia supervivencia. En la escala municipal tiene que ver más con programas y acciones por parte de las instituciones municipales involucradas en los SMRN, por lo tanto sus objetivos son más generales o se reflejan las acciones directamente en el sector en el que operan. 2) Construir los indicadores más apropiados para el manejo de recursos naturales en ambas escalas; Astier (2003) afirma que los indicadores son herramientas para describir confiablemente un proceso específico, que dan información para monitorear sistemas en donde es necesario cuidar o controlar; son señales, síntomas, claves, instrumentos, medidas, signos de alarma. Los indicadores son herramientas de cambio, aprendizaje y propaganda; tratan de medir lo que se valora a fin de hacer cuantificables los fenómenos complejos, de manera que se promueva la comunicación. 3) Evaluar la sustentabilidad de SMRN en dos escalas espaciales a nivel de localidad en la Comunidad de San Juan Coapanoaya y a nivel municipal en el Municipio de Ocoyoacac; y en dos niveles de análisis los atributos generales ó propiedades de sustentabilidad y los indicadores específicos y cuantificables 4) Integrar las dos escalas espaciales, mediante el análisis conceptual y metodológico de indicadores y atributos.

2. MÉTODO

El procedimiento de evaluación fue dividido en dos fases. Una fase de análisis de sistemas, en la cual fueron seleccionados y cuantificados los criterios e indicadores específicos para las dos escalas geográficas; y una fase de síntesis del sistema, en la que se realizó el análisis comparativo conceptual y metodológico de indicadores y atributos de sustentabilidad (Figura No. 1).

⁸En la evaluación de sustentabilidad, un SMRN es considerado un sistema dinámico socioambiental, en el que existen factores socioculturales, económicos y ecológicos que interactúan entre sí para generar un conjunto de beneficios.

Figura 1. Fases de estudio del sistema.



Para el logro de la evaluación, se abordaron las siguientes etapas:

2.1 Contextualización del área de estudio e identificación de actores en dos escalas espaciales

Se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para las dos escalas espaciales.

Para la información en la escala local la base de la información fueron las encuestas y entrevistas con la población, estas se realizaron a 50 personas de un total de 150 que tienen derechos sobre la Propiedad Comunal de San Juan Coapanoaya, lo cual representa el 33 % de los comuneros. Para la escala local también se realizó trabajo cartográfico mediante ortofotos escala 1: 10,000 en formato digital realizando la fotointerpretación directamente en pantalla. Las herramientas utilizadas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos, fueron tipologías campesinas aplicadas a la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos en el manejo de recursos naturales.

En la escala municipal la información se obtuvo de fuentes oficiales como es el Instituto nacional de estadística geografía e informática (INEGI), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) y se realizaron 30 encuestas a líderes sociales del Municipio.

2.2 Definición de niveles de análisis y objetivos de los actores en las dos escalas

Para involucrar a los actores sociales, la principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas relevantes de evaluación. Los niveles de análisis para evaluar sustentabilidad (atributos e indicadores), están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos.

2.3 Selección de atributos e indicadores en ambas escalas

En los Cuadros 1 y 2 se presenta la selección de atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad, en las dos escalas de análisis, la selección de atributos se realizó con base en el *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad* (MESMIS), el cual propone siete atributos básicos de sustentabilidad, para este estudio se agregó el atributo de *auto organización*. Se consideraron ocho atributos generales: Productividad, Estabilidad, Confiabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Autogestión, Autoorganización y Equidad, estos atributos se utilizaron para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y con base en ellos se realizó la derivación de los indicadores utilizados en el proceso de evaluación. En la escala municipal, se aplicaron los mismos atributos que en la escala local, si bien los indicadores son más generales en esta escala.

El Cuadro 1 muestra los atributos generales y los 19 indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México. En el Cuadro 2 se presentan los atributos generales y los 21 indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

2.4 Determinación de métodos y unidades de medición de los indicadores de sustentabilidad

En la escala local la información se obtuvo mediante entrevistas estructuradas con la población, la encuesta se aplicó a 50 personas de un total de 150 que tienen derechos sobre la Propiedad Comunal de San Juan Coapanoaya, por lo que la muestra representa el 33 % del total de comuneros. En la escala local también se realizó interpretación cartográfica, mediante orto fotos escala 1:10 000 en formato digital, realizando la fotointerpretación directamente en pantalla. La información fue verificada mediante trabajo y observación directa en campo.

En la escala municipal la información se obtuvo de fuentes oficiales, específicamente del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO, 2008), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE, 2007); adicionalmente se realizaron 30 entrevistas estructuradas a líderes sociales del Municipio, con trabajo y observación directa en campo.

2.5 Análisis comparativo conceptual, metodológico y geográfico de los dos niveles de análisis: indicadores y atributos en las dos escalas espaciales

La cuantificación de indicadores en diferentes escalas ha sido un reto constante en investigaciones y desarrollo de proyectos relacionados con la evaluación de sustentabilidad en el contexto de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales. Generalmente son medidos, calculados o estimados series de indicadores, para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes, comúnmente incluyen el sistema actual y un sistema alternativo, una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinadas y aplicadas exitosamente.

En este estudio la principal característica es la evaluación de sustentabilidad en dos niveles de análisis mediante indicadores y atributos, en dos escalas espaciales, y su integración conceptual y metodológica. La principal característica del análisis en ambas escalas, es que

se direccionó en relación con los objetivos de los actores sociales, esto se realizó contrastando indicadores y métodos de cada una de las escalas de análisis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio se presentan en el siguiente orden: primeramente se contextualiza el área de estudio y se identifican los actores en las dos escalas espaciales; posteriormente se definen los niveles de análisis y los objetivos de los actores en ambas escalas espaciales; a continuación se procede a presentar el análisis en dos niveles: por atributos de forma cualitativa; y por indicadores de manera cuantitativa en la comunidad de San Juan Coapanoaya; posteriormente se presenta el análisis en los dos niveles: por atributos y por indicadores en el municipio de Ocoyoacac; finalmente se procede a presentar la comparación conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores y objetivos de los actores sociales en las dos escalas espaciales

3.1 Contextualización del área de estudio e identificación de actores en las dos escalas geográficas.

Fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; y se realizó la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las dos escalas geográficas.

El municipio de Ocoyoacac

El municipio de Ocoyoacac forma parte del sistema montañoso de las Cruces, el cual se localiza en la porción central del Estado de México y colinda con los municipios de Lerma y Huixquilucan al norte; con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec al oeste; con Jalatlaco, Capulhuac y Santiago Tianguistenco al sur y con el Distrito Federal al este. Cuenta con una superficie de 13,471 hectáreas y una población total de 61,805 habitantes distribuidos en 32 comunidades censales. De la totalidad de población Ocoyoaquense, 24,547 habitantes son una población económicamente activa (PEA), el 96% están ocupados. Las actividades económicas del municipio por sector se distribuyen de la siguiente forma: sector primario (agricultura) el 3.88%; sector secundario (industria) 38.21%; sector terciario (comercio) 56.68%. Las industrias medianas y grandes se concentran en la parte noroeste del municipio, que sin constituir un parque industrial, sí se identifica como zona industrial en la cual predominan las empresas químicas y farmacéuticas. Destaca en este municipio la instalación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

En lo que respecta a la actividad agrícola, en el municipio se produce maíz, frijol y trigo, aunque también se produce alfalfa, cebada, haba, avena. El uso agrícola de temporal con cultivos de maíz, trigo y avena, está localizado alrededor de la cabecera municipal y en una zona importante al sureste del municipio. Otros cultivos se observan inmersos en el área forestal, con baja y mediana productividad debido al tipo de suelo.

El uso forestal se localiza al norte, este, suroeste y sureste del municipio; y está formado por bosques de coníferas (*Abies-religiosa*, *Pinus sp* y *Quercus*), y se encuentra dividido en zonas protegidas y zonas no protegidas. Las zonas protegidas corresponden al Parque Nacional “Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla”, decretado el día 9 de septiembre de 1936 bajo Protección Federal destinado a la conservación de la flora, de la fauna y de las aguas; y el Parque “Otomí-Mexica” bajo Protección Estatal, según decreto del día 8 de enero de 1980 que cubren una superficie de 4,280.05 ha del municipio. Debido a esta situación

jurídica, el Parque Nacional se encuentra contenido en lo que es el Parque Estatal Otomí-Mexica.

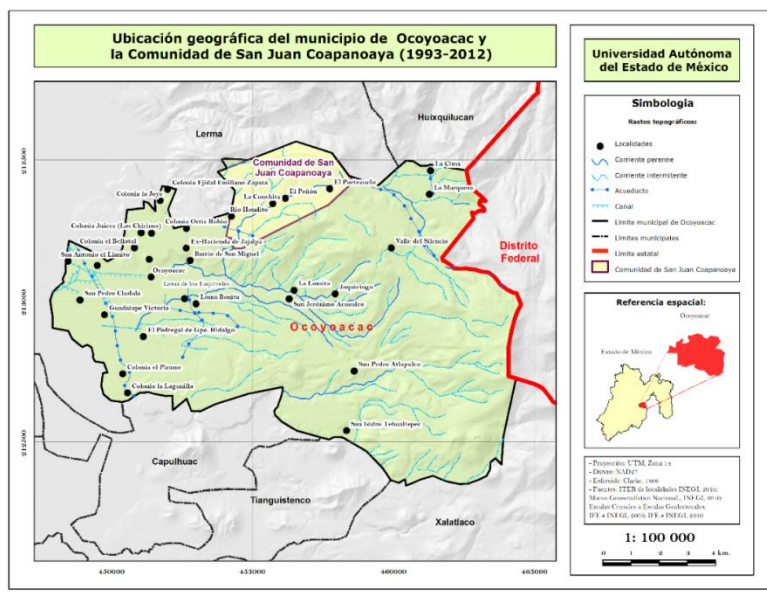
La zona forestal no protegida corresponde al área comprendida por los derrames lávicos pertenecientes a la Cordillera del Pedregal que conforman un bosque conservado de encinos. El uso recreativo se da predominantemente en el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla en torno al poblado conocido como la Marquesa, en la Presa de Salazar, y en 24 valles recreativos, entre los que destacan los valles del Columpio, del Conejo, del Silencio y del Potrero, todos dentro del territorio del municipio de Ocoyoacac; lo que destaca la importancia del municipio.

La Comunidad de San Juan Coapanoaya

La Comunidad de San Juan Coapanoaya cuenta con una población de 550 habitantes, de estos 167 son comuneros con derechos. En el aspecto ambiental, la comunidad tiene una superficie de 958.5 ha y cuenta con un clima subhúmedo con lluvias en verano, el área se encuentra conservada ya que constantemente se realizan labores de cuidado del bosque y los habitantes realizan actividades de reforestación. El 78 % de los comuneros realiza prácticas para la conservación de suelos, destacando la aplicación de abono orgánico. Socialmente es una comunidad con una organización centralizada y con poca participación, lo que genera diversos conflictos por invasión de tierras; a las asambleas sólo asisten en promedio entre 20 o 30 comuneros.

En el aspecto económico, el uso de suelo de la comunidad es predominantemente forestal con una superficie de 656 ha, al uso agrícola se destinan 85 ha, al pecuario 208 ha y con un asentamiento urbano de 10 ha; la producción agrícola es muy baja siendo el principal cultivo el maíz, con una superficie de producción promedio por comunero de 1 ha y una producción de 1.15 ton/ha. El 88% de los comuneros realizan otras actividades económicas complementarias, empleándose como albañiles, mecánicos, herreros y obreros. (Figura No. 2).

Figura No. 2. La Comunidad de San Juan Coapanoaya en el contexto del Municipio de Ocoyoacac.



3.2 Definición de escalas de análisis y objetivos de los actores en las dos escalas geográficas

Para involucrar a los actores sociales, la principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y los niveles relevantes para la evaluación. Los niveles de análisis para evaluar sustentabilidad están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos.

El cuadro 1 muestra los objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal y la escala local.

Cuadro No. 1. Principales objetivos de los actores sociales en las dos escalas

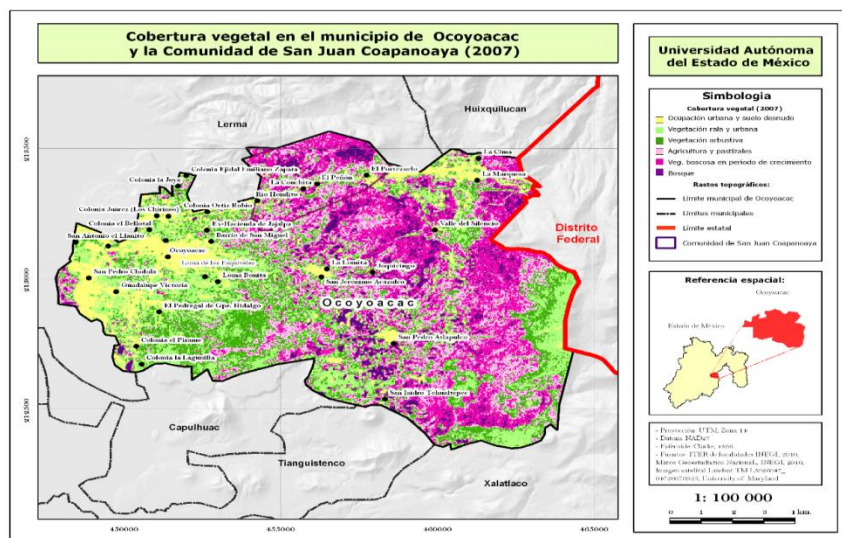
Municipio de Ocoyoacac	Comunal San Juan Coapanoaya
Principales Objetivos Incrementar la productividad Utilización de abonos orgánicos Mantener la productividad agrícola Disminuir la deforestación Capacitación a productores Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima Mantener la productividad Incrementar la capacidad de organización	Principales Objetivos Incrementar la productividad Diversidad de actividades Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos Mayor capacidad de organización Recuperar zonas en litigio Mejorar los procesos de toma de decisiones

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Análisis cuantitativo de los indicadores de sustentabilidad para el municipio.

Como se puede observar en el Cuadro No. 2, los indicadores económicos de rendimiento de los cultivos son altos para el municipio, esto es debido a que cuentan con algunos terrenos de riego y a que los suelos son aptos para estas actividades. Para los indicadores ambientales los valores son elevados, ya que el municipio presentaba una pérdida de superficie forestal de 780 ha de 1983 al año 2000; si bien el municipio se ha preocupado por realizar labores de reforestación, no han sido suficientes para frenar este fenómeno (Figura No. 3). En lo referente a los indicadores sociales, si bien existen asociaciones y organizaciones sociales en el municipio, no han logrado las estrategias necesarias para activar el desarrollo de las comunidades que integran esta municipalidad.

Figura No.3 Cobertura vegetal del Municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San JuanCoapanoaya.



Cuadro No. 2. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción municipal	1. Total de Producción (ton/ha)	Avena (10); Cebada (2.5); Haba (4); Maíz (3.87)
			2. Valor de la producción (\$/ton)	Avena \$1,100; Cebada \$1600; Haba \$6000; Maíz \$2,200
		Autosuficiencia a alimentaría	3. Producción de maíz/Población en actividades primarias (kg/hab)	5.07
	Utilización de abonos orgánicos	Contaminación del agua	4. Producción de maíz/Población total municipal (kg/hab)	0.32
			5. Uso de fertilizantes (kg/año)	500
			6. Uso de Plaguicidas (lt/año)	2
	Mantener la productividad agrícola	Riesgos de la producción	7. Área no cosechada (ha/año)	2,304.17 ha 47 % de la superficie agrícola municipal.
			8. Valor de la producción en años secos (\$/ton)	Maíz \$ 2000.00
			9. Valor de la producción en años fríos (\$/ton)	Maíz \$ 2000.00
	Disminuir la deforestación	Degradación del suelo	10. Tasa de deforestación (ha/periodo)	780 ha en 17 años = 45.9ha/año
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Capacitación a productores	Mecanismos comunales de control y manejo de recursos naturales	11. Control de erosión y mejoramiento del suelo (número de actividades)	3
			12. Reforestación y cuidado del bosque (número de actividades)	3
			13. Regeneración de pastizales (número de actividades)	3
	Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima	Variación de la producción debido a la variación del clima	14. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 200 kg/evento de helada
			15. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/evento)	Maíz 400kg/evento de sequía
	Mantener la Productividad	Diversidad de actividades	16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos (número de actividades/año)	2 actividades

Cuadro No. 2. (Continuación) Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
			17. Área bajo administración comunal (ha)	8,503 ha
Autogestión	Incrementar la capacidad de organización	Control del sistema	18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo (% de personas encuestadas pertenecientes a alguna organización)	20 /30 personasX100= 66.6%
Autoorganización		Organización	19. Tipo y permanencia de las organizaciones locales (número de organizaciones, asociaciones y años de existencia)	5 organizaciones; 9 años de existencia de organizaciones; 7 asociaciones; 9 años de existencia de asociaciones
Equidad		Distribución de costos, beneficios y toma de decisiones.	20. Beneficiarios del sistema (número de personas dedicadas a la actividad agrícola)	275/919X100=30%
			21. Grado de democratización (número de reuniones y participantes en cada reunión)	6 reuniones; 50participantes/reunión; 20% de participantes respecto a la población inscrita

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Análisis cualitativo por atributos en el municipio de Ocoyoacac

La productividad se califica como media debido a que los cultivos se destinan al autoconsumo familiar y los excedentes son vendidos, la generación de empleos es muy baja, ya que se emplea mano de obra familiar y solo en algunos casos se emplea mano de obra local. La estabilidad del sistema, también se considera media, ya que la continuidad de la producción es estable, por el hecho que algunos terrenos son de riego y aunque están expuestos a los factores del clima, el riesgo de pérdidas es por heladas y no tanto debido a la escasez de lluvias.

La confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad del municipio se califica como media, ya que las condiciones físicas del área de estudio no son muy variables, dado que son terrenos planos, lo que favorece el equilibrio en la productividad y los beneficios esperados por las actividades agrícolas realizadas. A nivel municipal existe mayor diversificación de las actividades agrícolas y en algunos casos ya se usan tecnologías como el tractor y semillas mejoradas.

La autogestión en el municipio se considera media, ya que las organizaciones existentes en el municipio gestionan actividades para beneficio de sus agremiados, y los individuos en la particular hacen gestiones ante las instituciones gubernamentales del sector. La autoorganización en el municipio se califica como media, debido a que se cuenta con acceso a créditos y apoyos por parte del gobierno. La equidad en el municipio se considera media,

ya que en general las propuestas y acciones por parte del municipio se exponen a las asociaciones civiles y sociales.

3.5 Análisis cuantitativo de los indicadores de sustentabilidad para la comunidad

Como se puede observar en el Cuadro No. 3, los indicadores económicos de rendimiento de los cultivos agrícolas son bajos, y los costos de inversión para estos cultivos son altos comparados con los beneficios económicos obtenidos por la producción de estos cultivos. Los indicadores ambientales muestran valores más elevados, ya que la comunidad se ha preocupado por mantener la zona forestal y constantemente están realizando labores para conservar el área, aunque no perciban un beneficio directo hacia la comunidad por estas actividades. En lo que se refiere a los indicadores sociales, debido al carácter social de la organización de bienes comunales, esta muestra un alto grado de participación de un sector de los integrantes de la comunidad, realizando diversas actividades dirigidas a incrementar la participación de los comuneros en las actividades de conservación y cuidado de su comunidad.

3.6 Análisis cualitativo por atributos en la comunidad de San Juan Coapanoaya

La productividad es baja debido a que el rendimiento de los cultivos es muy bajo, los cultivos se destinan al autoconsumo, la generación de empleos es casi nula, ya que se emplea la mano de obra familiar, por lo que aumentar la productividad y la diversificación de actividades se consideran como objetivos de la comunidad. La estabilidad del sistema, también se considera baja, ya que la producción no es estable por el hecho de que son terrenos de temporal expuestos a los factores del clima, lo que aumenta el riesgo de pérdidas por heladas o escasez de lluvias.

La confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad del sistema se consideran bajas, ya que las condiciones físicas del área de estudio son muy variables, lo que no permite un equilibrio en cuanto a la productividad y los beneficios esperados de las actividades agrícolas realizadas en el comunal. Aunado a esto, los comuneros no han sido capaces de encontrar nuevas estrategias para diversificar sus actividades, y de tecnologías alternas para mejorar su producción.

La autogestión es baja, debido a que el nivel de organización de la comunidad hasta el momento de realizar las entrevistas no era favorable, si bien el proceso se tornaba benéfico para la comunidad. La auto organización en la comunidad se considera baja, ya que hasta el momento de hacer la evaluación, no contaba con acceso a créditos ni apoyos por parte del gobierno ni de otras instituciones financieras. La equidad en la comunidad se considera alta, ya que todas las propuestas y acciones son llevadas a consideración en las asambleas de los comuneros.

<i>Cuadro No. 3. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México</i>				
Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción de la comunidad	1. Producción (ton/ha)	Maíz (1.27); Haba (1.12); Chícharo (1.25); Avena (2.32).
		Carácter de la producción de la comunidad	2. Beneficio/ costo (%)	Maíz (-48) Avena (0)
			3. Ingresos (\$/ha)	Haba \$3, 925.00 Chícharo \$2, 750.00

Cuadro No. 3. (Continuación) Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
		Autosuficiencia alimentaria	4. Producción de maíz/Consumo de maíz (%)	72
		Labores de retorno	5. Generación de ingresos por unidad de labor (\$/ha/año)	Maíz (\$ 2,420); Haba (\$ 5,000); Chicharo (\$ 3,750); Avena (\$3,500).
		Independencia de entradas externas	6. Dependencia de recursos externos (Entradas externas/Total de entradas) (cantidad/año)	Fertilizante 3.75 ton/año Pesticidas 1kg /año
			7. Autosuficiencia de forrajes (%)	71
			8. Periodo de deficiencia de forrajes (número de meses)	enero/mayo (5 meses)
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Diversidad de actividades	Ingresos de la Comunidad	9. Ingresos mensuales de la granja/ingresos mensuales totales de la familia (%)	\$244/\$ 4,137/mes * 100= 5.9
			10. Valor agregado de la producción por transformación familiar (\$/familia/mes)	\$545/familia/mes
	Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos	Riesgo de pérdida de cultivos	11. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 635 kg/evento de helada
12. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/evento)			Maíz 524.5kg/evento de sequía	
Tiempo de recuperación de la pérdida de producción		13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año) (número de años)	3 años	
Diversidad de actividades		14. Practica de técnicas agro ecológicas (actividades/año)	Mejoramiento de suelos (1); Cuidado del bosque (1); Control de erosión (3).	
Autogestión	Mayor capacidad de organización	Participación	15. Asistencia a asambleas y otros eventos (eventos/año)	4 asambleas/año
	Recuperar zonas en litigio	Autosuficiencia y Control	16. Mecanismos de planeación, ejecución y vigilancia (número de actividades/año)	6 actividades de planeación/año. 4 actividades de ejecución/año. 2 actividades de vigilancia/año.

Cuadro No. 3. (Continuación) Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
Auto organización	Mejorar los procesos de toma de decisiones	Organización comunitaria	17. Acceso a créditos, seguros, u otros mecanismos de financiamiento (número/año)	0
Equidad		Distribución de beneficios y toma de decisiones.	18. Mecanismos de toma de decisiones (número de comités y comisiones)	2 comités/año. 2 comisiones/año.
		Grado de democratización	19. Distribución de utilidades y beneficios(\$/persona/anual)	0

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Comparación conceptual y metodológica de los indicadores y objetivos de los actores sociales en dos escalas espaciales, y su integración geográfica

3.7.1 Comparación de los Objetivos de los Actores Sociales en las dos escalas

Como se puede observar en los Cuadros 1 y 2, los objetivos son diferentes en las dos escalas, debido a que las prioridades de los actores sociales involucrados en el SMRN no son las mismas, dado que para la comunidad sus límites de acción son reducidos, y sus objetivos tienen que ver con su propia supervivencia. En la escala Municipal los objetivos están relacionados con programas y acciones por parte de las Instituciones municipales involucradas en los SMRN.

3.7.2 Comparación Conceptual de los Indicadores para las dos escalas

En este trabajo, los indicadores fueron formulados de forma que permitan la comparación de alternativas y análisis entre indicadores y entre escalas. Al analizar las diferencias entre los indicadores construidos para ambas escalas de análisis, es evidente que los indicadores no son los mismos en las dos escalas, debido a que su construcción responde a los objetivos de los diferentes actores en cada una de las escalas, sin perder su correspondencia.

Los indicadores *total de producción y valor de la producción* del nivel municipal, son los mismos para la escala local, agregando en el nivel municipal el valor de la producción, debido a que una parte de la misma se destina a la venta, y en lo local la mayoría es para autoconsumo.

Los indicadores *producción de maíz/población en actividades primarias y producción de maíz/población total municipal* en la escala municipal, se construyeron con la finalidad de conocer la producción y el número de personas en esta actividad y el posible consumo de maíz, y con esto determinar si el municipio es autosuficiente en su producción. Para el nivel local los indicadores relacionados son el *beneficio/ porcentaje de costo, ingresos, producción de maíz/consumo de maíz y generación de ingresos por unidad de labor*, los cuales se eligieron dado que es necesario conocer los costos de la actividad y los beneficios que genera para la población, y si son autosuficientes en la producción de maíz, que es el producto básico de su alimentación.

Los indicadores *uso de fertilizantes y uso de plaguicidas* en la escala municipal, representan entradas al sistema y son utilizados para mantener la productividad del sistema; en la escala local los indicadores relacionados que representan entradas externas, son los indicadores locales *dependencia de recursos externos, entradas externas/total de entradas, autosuficiencia de forrajes, periodo de deficiencia de forrajes, los indicadores área no cosechada, valor de la producción en años secos, valor de la producción en años fríos, variación del valor de la producción con variación de temperaturas y variación del valor de la producción con variación de lluvias* en la escala municipal permiten conocer la superficie que es apta para las actividades agrícolas, pero que por alguna razón no es aprovechada, esto indica la importancia de utilizar esta superficie para aumentar la producción. Uno de los objetivos de los actores sociales es reducir la variabilidad de la producción al variar los fenómenos climáticos que afectan la producción de alimentos.

En la escala local es importante conocer los ingresos de las familias y el valor agregado que ofrece la transformación de los productos que se obtienen del sistema, y que permite aumentar el valor de la producción, con este fin se derivaron los indicadores *ingresos de la granja/ingresos totales de la familia, valor agregado de producción por transformación familiar, variación de la producción con variación de temperaturas, y variación de la producción con variación de lluvias*, que permitieron conocer la variación de la producción, ya que los cultivos son de temporal y dependen de las condiciones climáticas. El indicador *tasa de deforestación* en la escala municipal, permite conocer la presión que existe sobre los recursos naturales, por parte de la población; para la escala local el indicador relacionado es el *tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)* y permite conocer el tiempo en que el sistema se recupera de estos eventos.

Los indicadores *control de erosión y mejoramiento del suelo, reforestación y cuidado del bosque y regeneración de pastizales* para la escala municipal, se relaciona en la escala local con el indicador *practica de técnicas agro ecológicas*, que se determinó con la finalidad de conocer las actividades que se están realizando para frenar el deterioro de los recursos a nivel de localidad.

Los indicadores *actividades de regulación para acceso y manejo de recursos, área bajo administración comunal, poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo, tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales, beneficiarios del sistema y grado de democratización* en la escala municipal están orientados a los aspectos sociales de regulación y manejo de los recursos naturales, así como a los beneficios que se obtienen de los mismos; en la escala local los indicadores relacionados son del *asistencia a asambleas y otros eventos, mecanismos de planeación ejecución y vigilancia, acceso a créditos seguros, u otros mecanismos, distribución de utilidades y beneficios y mecanismos de toma de decisiones*, estos indicadores muestran los beneficiarios directos del sistema, la toma de decisiones sobre sus recursos, la forma en que se manejan y la forma de decidir el futuro de los mismos (Cuadro No. 4).

<i>Cuadro No. 4. Comparación conceptual y metodológica de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en escala local y municipal</i>			
Escala Municipal		Escala Local	
Método	Indicador	Indicador	Método
Análisis estadístico de Censos (SEDAGRO, 2008)	1. Total de Producción 2. Valor de la producción	1. Producción.	Encuesta con entrevista estructurada

Escala Municipal		Escala Local	
Método	Indicador	Indicador	Método
Análisis estadístico de SEDAGRO (2008), INEGI (2010). Encuesta con entrevista estructurada	3. Producción de maíz/Población en actividades primarias 4. Producción de maíz/Población total municipal	2. Beneficio/ porcentaje de costo(-) 3. Ingresos. 4. Producción de maíz/Consumo de maíz. 5. Generación de ingresos por unidad de labor.	Análisis costo-beneficio Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de SEDAGRO (2008). Verificación con entrevista y observación en campo.	5. Uso de fertilizantes 6. Uso de plaguicidas	6. Dependencia de recursos externos. Entradas externas/Total de entradas. 7. Autosuficiencia de forrajes. 8. Periodo de deficiencia de forrajes.	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico del Censo Agropecuario (SEDAGRO, 2008). Encuesta con entrevista estructurada	7. Área no cosechada. 8. Valor de la producción en años secos. 9. Valor de la producción en años fríos.	9. Ingresos de la granja/ingresos totales de la familia. 10. Valor agregado de producción por transformación familiar.	Encuesta con entrevista estructurada
Encuesta con entrevista estructurada	10. Variación del valor de la producción con variación de temperaturas 11. Variación del valor de la producción con variación de lluvias	11. Variación de la producción con variación de temperaturas. 12. Variación de la producción con variación de lluvias.	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis del Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.Fotointerpretación cartográfica	12. Tasa de deforestación	13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de (CONAFOR, 2009). Verificación con observación en campo.	13. Control de erosión y mejoramiento del suelo 14. Reforestación y cuidado del bosque 15. Regeneración de pastizales.	14. Practica de técnicas agro ecológicas	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de (PROBOSQUE, 2007); y de (SEDAGRO, 2008). Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.	16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos 17. Área bajo administración comunal	15. Asistencia a asambleas y otros eventos	Encuesta con entrevista estructurada
Encuesta con entrevista estructurada. Análisis del Padrón de Asociaciones Municipal.	18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo.	16. Mecanismos de planeación ejecución y vigilancia	Análisis del Reglamento de los Bienes Comunes
Entrevista no estructurada.	19. Tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales.		
Entrevista no estructurada.	20. Beneficiarios del sistema	17. Acceso a créditos seguros, u otros mecanismos. 18. Distribución de utilidades y beneficios.	Encuesta con entrevista estructurada Encuesta con entrevista estructurada
Entrevista no estructurada.	21. Grado de democratización	19. Mecanismos de toma de decisiones.	Encuesta con entrevista estructurada

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3 Comparación Metodológica de los Indicadores para las dos escalas

En la escala local, la información se obtuvo mediante entrevistas estructuradas aplicadas a los líderes de la Comunidad, y al 30% de los comuneros con derechos sobre las tierras del Comunal de San Juan Coapanoaya. También se realizaron entrevistas no estructuradas a varios integrantes de la Comunidad y se realizaron visitas de campo en los terrenos del comunal.

En la escala municipal la información se obtuvo de información documental mediante análisis de información oficial del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO, 2008), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE, 2007). También se realizaron entrevistas estructuradas con líderes sociales para abordar los indicadores del ámbito social (Cuadro No. 3).

3.7.4 Integración Geográfica de las dos escalas espaciales

En relación con la actividad agrícola, en la escala de la localidad los valores de producción son más bajos que en la escala municipal, debido a que los terrenos de cultivo en los que se lleva a cabo la actividad agrícola son terrenos con pendiente y de temporal; lo que provoca que su productividad sea baja. La tecnología que utilizan en la comunidad corresponde a la agricultura manual y uso muy poco frecuente de maquinaria agrícola; el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas es escaso, dado que la mano de obra familiar es una constante.

En contraste, en la escala municipal, se observan extensas zonas con baja pendiente y con disponibilidad de riego, lo que permite disminuir los riesgos derivados de las inclemencias del tiempo. En estas áreas localizadas en la porción central del municipio, rodeando a la zona urbana, la producción es más elevada y se logra alta productividad, dado que el uso de tecnología moderna con fertilizantes químicos y plaguicidas es mayor. Lo que representa la mayor producción agrícola del municipio; si bien en los últimos años, el avance de la mancha urbana y las instalaciones para la industria, están ocupando estos terrenos altamente productivos.

Estas condiciones permiten inferir que en relación con la actividad agrícola esta localidad presenta baja productividad, debido a las condiciones inadecuadas para este sector; mientras que el municipio históricamente ha presentado condiciones favorables para la actividad agrícola, que actualmente se van deteriorando debido a los procesos acelerados de urbanización e industrialización del municipio.

En lo que respecta a la actividad forestal, en la escala de la comunidad fue posible observar preocupación por el cuidado de su bosque, ya que de forma constante los comuneros realizan trabajos de reforestación; y organizan brigadas contra incendios y la tala clandestina. En contraste, en la escala del municipio, el crecimiento de la zona urbana e industrial ha ido en aumento; por lo que la preocupación por el cuidado del bosque, es una actividad que es retomada principalmente por los gobiernos estatal y federal. Debido a estas condiciones, la actividad forestal a nivel local es importante para el municipio, debido a que la localidad posee las áreas con recurso forestal mejor conservadas del municipio.

Desde el punto de vista social, uno de los problemas que se observan en la comunidad, es que la población joven no se involucra con las actividades relacionadas con la agricultura, debido a que encuentran trabajo en las zona industrial del municipio o en Toluca, lo que está generando abandono de estas actividades; lo que aunado a que el sembrar sus terrenos de cultivos genera incertidumbre económica, debido a la dependencia de esta actividad de la variabilidad del clima. Este fenómeno de migración pendular laboral hacia las zonas

industriales, se observa en general en todo el municipio, por lo que en este sentido, la comunidad de San Juan, no escapa a esta tendencia.

En la escala municipal el acceso a préstamos y apoyos gubernamentales es mayor que en la comunidad, con excepción a los apoyos que se refieren al cuidado del bosque, ya que la comunidad recibe apoyos para esta actividad por parte del Gobierno del Estado y del Gobierno Federal, pero no todos los comuneros tienen acceso al mismo.

3.8 Consideraciones finales

Lovell *et al.* (2002) afirman que la escala de investigación puede restringir la generalidad y utilidad de los resultados. Los problemas de escalado relacionados a tiempo, espacio, instituciones y ambientes han sido apuntados por diversos investigadores ((Reintjes *et al.*, 1992; De Camino y Muller, 1993), quienes han propuesto diversas soluciones; se han discutido diversos aspectos de las escalas temporales, biofísicas e institucionales, enfatizando el “fuera de escala”, el cual es utilizado para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares; lo que es replicación a la misma escala pero en diferentes localidades. Este concepto involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

Los estudios en cada programa temático deben enfocarse a dos niveles: 1) estudios estratégicos que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional; y 2) estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones clave o vacíos de conocimiento, que deben concentrarse en la interconectividad de escalas (Conway, 1994). En este sentido López-Ridaura (2008) presenta de forma preliminar un novedoso Marco Metodológico Multiescala para la Evaluación de Sustentabilidad (MMMEES); la estrategia para derivar indicadores es basada en la definición de impacto, para los diferentes organismos institucionales interesados y sus principales objetivos y limitaciones.

De acuerdo con López-Ridaura (2008) existen atributos específicos derivados de tendencias disciplinarias y aquellos que pueden ser considerados apropiados a cualquier sistema independiente de la escala de análisis o del enfoque disciplinario. Aún estos pueden ser clasificados en dos tipos: a) aquellos que se refieren al funcionamiento del sistema en un ambiente específico, independiente de los cambios en su funcionamiento interno y en las interacciones con el ambiente y otros sistemas coexistentes (tales como productividad, eficiencia, reproducibilidad, existencia y efectividad); y b) aquellos que se refieren al funcionamiento continuo del sistema cuando enfrenta cambios en su funcionamiento interno, en su ambiente y en otros sistemas coexistentes, tales como estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, coexistencia y seguridad. En este trabajo hemos abordado ambos tipos.

CONCLUSIONES

Sólo entendiendo las relaciones o conexiones entre diferentes escalas será posible formular, por una parte alternativas de manejo y por otra parte políticas de desarrollo que optimicen la sustentabilidad total de los SMRN, ya que ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico y los ISs deben adaptarse a cada uno de ellos. En el presente estudio se derivaron los indicadores de sustentabilidad de acuerdo a los objetivos de los diferentes actores sociales en las dos escalas de análisis, ya que ellos tienen diferentes intereses y prioridades a la hora de manejar los recursos naturales. En la escala local uno de las prioridades es incrementar la productividad, pero las condiciones naturales

del terreno, en donde se desarrolla la actividad agrícola son terrenos con vocación forestal, en los que se tienen rendimientos agrícolas muy bajos, por lo que no se cuenta con los medios necesarios para realizar un mejor manejo de la zona y con esto contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población. Mientras que en el nivel municipal un la mayor parte de la zona agrícola son terrenos planos y en algunos lugares tienen riego por lo que su productividad es más elevada.

El manejo integrado de recursos naturales (MIRN) es complejo y deben ser apuntadas muchas interacciones; consecuentemente la escala de investigación restringe la generalidad y utilidad de los resultados. Los problemas de escalado deben ser subsanados para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares; esto involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

Los estudios en cada programa temático deben enfocarse tanto a estudios estratégicos que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional; como a estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones, y que deben concentrarse en la interconectividad de escalas. Para esto es necesario involucrar a los actores sociales de las diferentes escalas, ya que estos pueden tener objetivos diferentes y en muchas ocasiones pueden ser totalmente opuestos, dado que cada uno espera un beneficio en el aprovechamiento de los recursos existentes en el ámbito de su escala.

REFERENCIAS

- Astier, M., 2003. Evaluación de sustentabilidad. Memorias del curso sobre evaluación de sustentabilidad para el manejo de recursos naturales. México.
- Astier, Martha y J. Hollands, 2005: Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Mundiprensa-GIRA-ILEIA, México D.F. pp. 262.
- Barker, Adam, 2005: Capacity building for sustainability: towards community development in coastal Scotland, *Journal of Environmental Management* 75, 11 – 19.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, 2009: Programa de Manejo para Plantaciones Forestales Comerciales, México.
- Conway, Gordon, 1994: “Sustainability in Agricultural Development: Trade-offs Between Productivity, Stability, and Equitability”. *Journal for Farming Systems Research and Extension*.
- CIFOR, Center for International Forestry Research, 1999: The criteria & indicators. Toolbox series. Jakarta, Indonesia.
- De Camino, Ronnie y Sabine Muller, 1993: “Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales, bases para establecer indicadores”. IICA: 44-93. Germany.
- Dumanski, Julian y otros, 1998: “Performance indicators for sustainable agriculture”. The World Bank. Washington.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994: FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Soil Resources Report. Rome, Italy.
- GEM, Gobierno del Estado de México, 2013: Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Ocoyoacac 2013-2015. México.

- Gutiérrez, Jesús y otros, 2011: Evaluación preliminar de la sustentabilidad de una propuesta agroecológica, en el Subtrópico del Altiplano Central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 14, Núm. 2: 567-580.
- Gutiérrez, Jesús y otros, 2012: Evaluación de la sustentabilidad posterior a una intervención agroecológica, en el Subtrópico del Altiplano Central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 15, Núm. 1: 15-24.
- González, Carlos y otros, 2000: Desarrollo de indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas del Valle de Toluca. *Red Gestión de Recursos Naturales*, num.13: 77-87. Toluca, México.
- Harrington, L.W., 1992: Measuring sustainability: issues and alternatives. *J. Farming Systems Resources*, Extension 3: 1-20.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010: Anuario Estadístico del Estado de México. Aguascalientes, México.
- IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 1997: Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sustentabilidad. Serie: Herramientas y capacitación. Cambridge, Reino Unido.
- López-Ridaura, Santiago, 2008: La evaluación multiescalar de la sustentabilidad: retos y avances metodológicos, en *Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*, Mundi-prensa México, 95 – 138.
- Lovell, Chris, y otros, 2002: “The question of scale in integrated natural resource management”, *Conservation Ecology*: 225.
- Lewandowsky, Iris y otros, 1999: Sustainable crop production: Definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability, *Crop Science*, num. 39.
- Mitchell, Gordon, y otros, 1995: PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development international, *Sustainable Development World Ecology*, num. 2.
- Reinjes, Coen y otros, 1992: “Farming for the future”. MacMillan. London. 250.
- PROBOSQUE, Protectora de Bosques del Estado de México, 2007: *Programa de Reforestación y Restauración Integral de Micro cuencas en el Estado de México*. Estado de México. México.
- SEDAGRO, Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México, 2008: *Proyectos Productivos*. Estado de México, México.

SEGUNDO ARTÍCULO

3.2. EVALUACION DE SUSTENTABILIDAD MULTIESCALAR. EL MUNICIPIO Y LA LOCALIDAD DESDE UN ENFOQUE INTEGRADO

Enviado a la Revista Periplo Sustentable con ISSN electrónico: 1870-9036

EVALUACION DE SUSTENTABILIDAD MULTIESCALAR. EL MUNICIPIO Y LA LOCALIDAD DESDE UN ENFOQUE INTEGRADO

MULTISCALE SUSTAINABILITY EVALUATION. MUNICIPALITY AND LOCALITY FROM AN INTEGRATED APPROACH

Margarito Jiménez Cruz¹, Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo², Carlos Ernesto González Esquivel³, José Isabel Juan Pérez⁴

Resumen

El objetivo del estudio fue realizar la evaluación de sustentabilidad multiescalar del municipio y la localidad desde un enfoque integrado. La evaluación de sustentabilidad para el municipio de Ocoyoacac y el Comunal de San Juan Coapanoaya se realizó en una sola etapa. Los atributos analizados fueron Productividad, Estabilidad, Confiabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Autogestión, Autoorganización y Equidad. La cuantificación de los indicadores incluyó aspectos ambientales, sociales y económicos. Para cada indicador se definieron valores óptimos de acuerdo con la literatura existente. Posteriormente, se indizó cada valor calculando la relación existente entre el valor obtenido y el valor óptimo. Los valores indizados se presentaron en una gráfica radial y se obtuvo el índice total de cada uno de los sistemas, el del municipio de Ocoyoacac y el Comunal de San Juan Coapanoaya. Los resultados muestran valores altos para los indicadores ambientales y sociales, y valores bajos para los indicadores económicos. La autogestión y la equidad fueron los atributos relevantes.

Palabras clave: Evaluación de sustentabilidad, enfoque integrado, escalas de análisis, niveles de análisis.

1. Introducción

Diferentes autores hacen énfasis en la importancia de realizar evaluaciones de sustentabilidad multinivel y multi-escala. Termeer, (2010) sostiene que durante las últimas décadas se ha vuelto común en los ámbitos de la administración pública, ciencias políticas, y ciencias ambientales hacer hincapié en el carácter multinivel y multi-escala de los problemas actuales y la política de hoy. A pesar de que la escala no es un tema nuevo, su importancia ha crecido en los últimos años, y juega un papel clave en la investigación interdisciplinaria en la gestión de los sistemas ecológicos sociales. Esto puede explicarse por el aumento de la preocupación por los problemas de sostenibilidad en el contexto de un mundo globalizado.

Elbakidze (2010) afirma que explícita o implícitamente, todos estos enfoques reconocen la complejidad de los ecosistemas y los sistemas sociales y tratan de responder a los retos de acomodar las reivindicaciones e intereses de varios usuarios. Esto implica tomar decisiones que apoyan las visiones de aprendizaje social para la sostenibilidad; facilitando la planificación, negociación y ejecución de las actividades a través de toda una zona geográfica; aprender de otras iniciativas similares; y apoyar el desarrollo a través de evaluaciones continuas y síntesis de los resultados y avances.

Para Elbakidze (2010) la satisfacción de las diferentes dimensiones del Desarrollo Sustentable también requiere que los sistemas de gobierno que apoyan, coordinan y cooperan a través de las dimensiones organizativas horizontales y verticales de un territorio. En el contexto de los recursos naturales, la gobernabilidad se refiere a los procesos de toma de decisiones y trabajo en red dirigido a la resolución de problemas y la aplicación de políticas. Como tal, el concepto se centra en los procesos de concertación participativa y deliberativa con el objetivo de mejorar la cooperación y la coordinación entre una amplia gama de partes interesadas. Estas plataformas pueden facilitar una estrategia y coordinación primordial de la planificación y gestión de las actividades de los representantes de diversos sectores de la sociedad (público, privado y civil), que representan necesidades e intereses de las partes interesadas en diferentes niveles.

Dale (2010) propone que estos aspectos de los sistemas ecológicos son complejos, y la forma cómo interactúan puede variar ampliamente de un ecosistema a otro. Los diferentes componentes, de forma individual o en combinación, proporcionan un conjunto de servicios ecológicos tales como el agua y la purificación del aire, la provisión de hábitat de vida silvestre.

Para la contextualización del área de estudio e identificación de actores en las dos escalas geográficas, fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; y se realizó la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las dos escalas geográficas.

El municipio de Ocoyoacac

El municipio de Ocoyoacac forma parte del sistema montañoso de las Cruces, el cual se localiza en la porción central del Estado de México y colinda con los municipios de Lerma y Huixquilucan al norte; con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec al oeste; con Jalatlaco, Capulhuac y Santiago Tianguistenco al sur y con el Distrito Federal al este. Cuenta con una superficie de 13,471 hectáreas y una población total de 61,805 habitantes distribuidos en 32 comunidades censales. De la totalidad de población Ocoyoaquense, 24,547 habitantes son una población económicamente activa (PEA), el 96% están ocupados. Las actividades económicas del municipio por sector se distribuyen de la siguiente forma: sector primario (agricultura) el 3.88%; sector secundario (industria) 38.21%; sector terciario (comercio) 56.68%. Las industrias medianas y grandes se concentran en la parte noroeste del municipio, que sin constituir un parque industrial, sí se identifica como zona industrial en la cual predominan las empresas químicas y farmacéuticas. Destaca en este municipio la instalación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

En lo que respecta a la actividad agrícola, en el municipio se produce maíz, frijol y trigo, aunque también se produce alfalfa, cebada, haba, avena. El uso agrícola de temporal con cultivos de maíz, trigo y avena, está localizado alrededor de la cabecera municipal y en una zona importante al sureste del municipio. Otros cultivos se observan inmersos en el área forestal, con baja y mediana productividad debido al tipo de suelo.

El uso forestal se localiza al norte, este, suroeste y sureste del municipio; y está formado por bosques de coníferas (*Abies-religiosa*, *Pinus sp* y *Quercus*), y se encuentra dividido en zonas protegidas y zonas no protegidas. Las zonas protegidas corresponden al Parque Nacional “Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla”, decretado el día 9 de septiembre de 1936 bajo Protección Federal destinado a la conservación de la flora, de la fauna y de las aguas; y el Parque “Otomí-Mexica” bajo Protección Estatal, según decreto del día 8 de enero de 1980 que cubren una superficie de 4,280.05 ha del municipio. Debido a esta situación jurídica, el Parque Nacional se encuentra contenido en lo que es el Parque Estatal Otomí–Mexica.

La zona forestal no protegida corresponde al área comprendida por los derrames lávicos pertenecientes a la Cordillera del Pedregal que conforman un bosque conservado de encinos. El uso recreativo se da predominantemente en el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla en torno al poblado conocido como la Marquesa, en la Presa de Salazar, y en 24 valles recreativos, entre los que destacan los valles del Columpio, del Conejo, del Silencio y del Potrero, todos dentro del territorio del municipio de Ocoyoacac; lo que destaca la importancia del municipio.

La Comunidad de San Juan Coapanoaya

La Comunidad de San Juan Coapanoaya cuenta con una población de 550 habitantes, de estos 167 son comuneros con derechos. En el aspecto ambiental,

la comunidad tiene una superficie de 958.5 ha y cuenta con un clima subhúmedo con lluvias en verano, el área se encuentra conservada ya que constantemente se realizan labores de cuidado del bosque y los habitantes realizan actividades de reforestación. El 78 % de los comuneros realiza prácticas para la conservación de suelos, destacando la aplicación de abono orgánico. Socialmente es una comunidad con una organización centralizada y con poca participación, lo que genera diversos conflictos por invasión de tierras; a las asambleas sólo asisten en promedio entre 20 o 30 comuneros.

En el aspecto económico, el uso de suelo de la comunidad es predominantemente forestal con una superficie de 656 ha, al uso agrícola se destinan 85 ha, al pecuario 208 ha y con un asentamiento urbano de 10 ha; la producción agrícola es muy baja siendo el principal cultivo el maíz, con una superficie de producción promedio por comunero de 1 ha y una producción de 1.15 ton/ha. El 88% de los comuneros realizan otras actividades económicas complementarias, empleándose como albañiles, mecánicos, herreros y obreros.

Al elaborar las integración geográfica de las dos escalas espaciales, se observa que en relación con la actividad agrícola, en la escala de la localidad los valores de producción son más bajos que en la escala municipal, debido a que los terrenos de cultivo en los que se lleva a cabo la actividad agrícola son terrenos con pendiente y de temporal; lo que provoca que su productividad sea baja. La tecnología que utilizan en la comunidad corresponde a la agricultura manual y uso muy poco frecuente de maquinaria agrícola; el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas es escaso, dado que la mano de obra familiar es una constante.

En contraste, en la escala municipal, se observan extensas zonas con baja pendiente y con disponibilidad de riego, lo que permite disminuir los riesgos derivados de las inclemencias del tiempo. En estas áreas localizadas en la porción central del municipio, rodeando a la zona urbana, la producción es más elevada y se logra alta productividad, dado que el uso de tecnología moderna con fertilizantes químicos y plaguicidas es mayor. Lo que representa la mayor producción agrícola del municipio; si bien en los últimos años, el avance de la mancha urbana y las instalaciones para la industria, están ocupando estos terrenos altamente productivos.

Estas condiciones permiten inferir que en relación con la actividad agrícola esta localidad presenta baja productividad, debido a las condiciones inadecuadas para este sector; mientras que el municipio históricamente ha presentado condiciones favorables para la actividad agrícola, que actualmente se van deteriorando debido a los procesos acelerados de urbanización e industrialización del municipio

En lo que respecta a la actividad forestal, en la escala de la comunidad fue posible observar preocupación por el cuidado de su bosque, ya que de forma constante los comuneros realizan trabajos de reforestación; y organizan brigadas contra incendios y la tala clandestina. En contraste, en la escala del municipio, el crecimiento de la zona urbana e industrial ha ido en aumento; por lo que la preocupación por el cuidado del bosque, es una actividad que es retomada

principalmente por los gobiernos estatal y federal. Debido a estas condiciones, la actividad forestal a nivel local es importante para el municipio, debido a que la localidad posee las áreas con recurso forestal mejor conservadas del municipio.

Desde el punto de vista social, uno de los problemas que se observan en la comunidad, es que la población joven no se involucra con las actividades relacionadas con la agricultura, debido a que encuentran trabajo en las zona industrial del municipio o en Toluca, lo que está generando abandono de estas actividades; lo que aunado a que el sembrar sus terrenos de cultivos genera incertidumbre económica, debido a la dependencia de esta actividad de la variabilidad del clima. Este fenómeno de migración pendular laboral hacia las zonas industriales, se observa en general en todo el municipio, por lo que en este sentido, la comunidad de San Juan, no escapa a esta tendencia.

En la escala municipal el acceso a préstamos y apoyos gubernamentales es mayor que en la comunidad, con excepción a los apoyos que se refieren al cuidado del bosque, ya que la comunidad recibe apoyos para esta actividad por parte del Gobierno del Estado y del Gobierno Federal, pero no todos los comuneros tienen acceso al mismo.

2. Metodología

El procedimiento de evaluación fue dividido en dos fases. Una fase de análisis de sistemas, en la cual los criterios e indicadores específicos para las diferentes escalas son derivados; y una fase de síntesis del sistema, en la que la cuantificación e integración de indicadores es llevada a cabo y las alternativas son evaluadas para análisis de los escenarios.

2.1 Contextualización del área de estudio e identificación de actores a diferentes escalas.

Como primer paso se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para las diferentes escalas respectivamente.

En lo que se refiere a la contextualización del área de estudio, fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; así como la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las diferentes escalas.

Las herramientas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos son el desarrollo o uso de tipologías campesinas y en términos biofísicos la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos para manejo de recursos naturales como son: precipitación, temperatura y tipo de suelo.

2.2 Definición de escalas de análisis y objetivos de los actores a diferentes escalas

Como primer paso se involucró a los actores sociales. La principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas

relevantes de evaluación. Las escalas de análisis para evaluar sustentabilidad están relacionadas con los actores que interactúan en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos. Se trabajó con líderes del municipio de Ocoyoacac, involucrados en el manejo de recursos naturales mediante entrevistas estructuradas y no estructuradas para definir sus objetivos. Para el Comunal de San Juan Coapaoaya, también se consultó con los líderes del comunal mediante entrevistas no estructuradas, de la misma forma se entrevistó a integrantes de la Comunidad involucrados en el MRN para establecer sus objetivos con respecto al SMRN.

2.3 Selección de atributos e indicadores en ambas escalas.

La selección de atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac y en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México, se realizó con base a los objetivos de las dos escalas, se seleccionaron los atributos, criterios e indicadores. Los atributos generales seleccionados fueron: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, autogestión, auto organización, y equidad, en este nivel de análisis se trabajó con los mismos atributos en la escala municipal y en el Comunal, cabe destacar que los indicadores son más generales en la escala municipal.

Para la selección y definición de indicadores estratégicos a partir de los Atributos de Sustentabilidad se realiza el análisis de congruencia entre los puntos críticos e indicadores. Los criterios de diagnóstico deben contemplar los diferentes atributos de sustentabilidad. A partir de ellos se deriva en una lista de indicadores para cada criterio seleccionado. Se asegura así que exista vínculo entre indicadores, criterios de diagnóstico, puntos críticos y atributos de sustentabilidad. Una vez confeccionada la lista de los posibles indicadores, es importante seleccionar y generar un conjunto de indicadores estratégicos con los que se va a trabajar. Es conveniente que sean indicadores integradores, fáciles de medir, confiables y que posean las propiedades de un indicador.

Tomando como base estos criterios se construyeron 21 ISs para el nivel municipal de los cuales 6 son Ambientales, 6 Sociales y 9 Económicos. Para la localidad se derivaron 19 ISs de los cuales 4 Ambientales, 5 Sociales y 10 Económicos.

2.4 Determinación de métodos y unidades de medición.

Generalmente, son medidos, calculados o estimados series de indicadores, para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes, comúnmente incluyen el sistema actual y un sistema alternativo, una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinados y aplicados exitosamente. Para este caso los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en escala local se procedió de la siguiente forma: Se elaboró una lista de chequeo para identificar los aspectos de interés sobre cada indicador y de ahí se construcción del cuestionario, para definir las preguntas referentes a las actividades que se quisieron conocer para procesar la información y pasar a la etapa de medición y monitoreo de los indicadores. En este nivel de

análisis la principal fuente de información fueron las encuestas y entrevistas aplicadas a los habitantes de la Comunidad.

Por otra parte la determinación de los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal se definieron a partir de diversos métodos y técnicas. Para esta escala de análisis la principal forma de obtención de la información fueron las estadísticas de fuentes gubernamentales.

2.5 Medición y Monitoreo de indicadores

Consiste en la presentación de resultados y conclusiones sobre la evaluación de la sustentabilidad. Se realizó mediante instrumentos de análisis y obtención de la información, como entrevistas no estructuradas, cuestionarios estructurados, observación directa en campo y análisis de las características del agro ecosistema, que permitieron identificar los problemas ambientales, económicos y sociales del territorio elegido.

2.6 Integración e Indización de indicadores y atributos en las dos escalas

La cuantificación e integración de indicadores han sido una pregunta común en investigaciones y desarrollo de proyectos relacionados con la evaluación de sustentabilidad en el contexto de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales.

Generalmente, series de indicadores son medidos, calculados o estimados para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes, comúnmente incluyen el sistema actual y un sistema alternativo, una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinadas y aplicadas exitosamente.

En esta etapa del desarrollo de la investigación se realizó una integración conceptual y metodológica, en relación con los objetivos de los actores sociales, esto permitió comparar los indicadores de cada una de las escalas de análisis.

Los indicadores son indizados mediante la determinación de valores óptimos [Para $VO = V. \text{Máximo}$; Índice = $(VI / VO) \times 100$; para $VO = V. \text{mínimo}$; Índice = $(VO / VI) \times 100$]. La Integración de índices de cada indicador fue representado por el análisis de los valores, mediante un diagrama de tipo Radial.

3. Resultados y discusión

Indización e Integración de Indicadores

Al ser indizados de acuerdo a la metodología los ISs, el valor de sustentabilidad para el municipio de Ocoyoacac es (28.6), es un poco superior con respecto al valor de la sustentabilidad de la localidad de San Juan Coapanoaya que es de (20.8).

Cuadro 1 Indización de indicadores a nivel de localidad.					
Indicador	Valor actual	Valor óptimo	Índice	Criterio seguido para asignar el valor óptimo	Fuente del Valor Óptimo
1. Producción (ton/ha)	Maíz (1.27); Haba (1.12); Avena (2.32); Chicharo (1.25)	Maíz (3.87); Haba (4); Avena (10), Chicharo (6.7)	Maíz (32.8); Haba (28); Avena (23.2); Chicharo (18.7)= 25.6	El precio del chícharo se comparó con el valor Estatal	SNIIM (2014); SIAP (2014)
2. Beneficio/costo (%)	Maíz (-48) Avena (0)	4.80*1.27= \$6,096	-0.78	El precio máximo del maíz se retomó de la central de abasto de Toluca	SNIIM (2014); SIAP (2014)
3. Ingresos (\$/ha)	Haba \$3, 925 Chicharo \$2, 750	Haba \$6,000 Chicharo (7,923)	Haba (65.4) Chicharo (34.7)= 50	El precio del chícharo se comparó con el valor Estatal	SNIIM (2014); SIAP (2014)
4. Producción de maíz/Consumo de maíz (%)	72	40	55.5	El autoconsumo de la familia idealmente se considera de 40% para tener excedentes para venta	SNIIM (2014); SIAP (2014)
5. Generación de ingresos por unidad de labor (\$/ha/año)	Maíz (\$ 2,420); Haba (\$ 5,000); Chicharo (\$ 3,750); Avena (\$3,500)	Maíz (\$ 6,096); Haba (\$44,800); Chicharo (\$ 26,171); Avena (\$4,600)	Maíz (39.7); Haba (11.2); Chicharo (14.3); Avena (76)= 35.3	Precios máximos de los productos en la central de abasto de Toluca	SNIIM (2014); SIAP (2014)
6. Dependencia de recursos externos (Entradas externas/Total de entradas) (cantidad/año)	Fertilizante 3.75 ton/año Pesticidas 1kg /año	1	26.6	El valor óptimo se considera de 1 porque no se debe depender de los fertilizantes	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
7. Autosuficiencia de forrajes (%)	71	1	1.4	Se considera de 1 porque se debe ser autosuficiente en el forraje	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
8. Periodo de deficiencia de forrajes (número de meses)	enero/mayo (5 meses)	1 mes	20	El valor óptimo para el déficit en forrajes se considera de 1 mes	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
9. Ingresos mensuales de la granja/ingresos mensuales totales de la familia (%)	\$244/\$ 4,137/mes * 100= 5.9	40	14.8	El valor óptimo de los ingresos mensuales de la granja entre los ingresos familiares se considera de 40%	Torres (2002)
10. Valor agregado de la producción por transformación familiar (\$/familia/mes)	\$545/familia/mes	Queso \$18,000/ familia/mes por venta de queso	3	Se considera 18,000 porque es lo que se vende mensualmente de productos transformados en la localidad	Gutiérrez <i>et al.</i> (2011); Vandermeer (1995)
11. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 635 kg/evento de helada	100	15.8	El valor óptimo para la variación de producción por evento se considera de 100 para evitar el mínimo de pérdidas	Avilés <i>et al.</i> (2006)
12. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/ evento)	Maíz 524.5kg/evento de sequía	100	19	Para la variación de producción por evento se considera de 100 para evitar el mínimo de pérdidas	Avilés <i>et al.</i> (2006)
13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios)	3 años	1 año	33.3	El valor óptimo para recuperarse de eventos catastróficos se considera de 1 año	Avilés <i>et al.</i> (2006)

forestales, robo o muerte de animales por año) (número de años)					
14. Práctica de técnicas agro ecológicas (actividades/año)	Mejoramiento de suelos (1); Cuidado del bosque (1); Control de erosión (3)	Mejoramiento de suelos (20); Cuidado del bosque (20); Control de erosión (20)	Mejoramiento de suelos (5); Cuidado del bosque (5); Control de erosión (15)= 8.3	Se considera de 20 actividades por cada práctica	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
15. Asistencia a asambleas y otros eventos (eventos/año)	4 asambleas/año	12 asambleas/año	33.3	El valor óptimo para asistencia en asambleas se considera de 12, una por cada mes	Bell y Morse (2003); Córdova (2005); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
16. Mecanismos de planeación, ejecución y vigilancia (número de actividades/año)	6 actividades de planeación/año. 4 actividades de ejecución/año. 2 actividades de vigilancia/año.	36 actividades	33.3	Para los mecanismos de planeación, ejecución y vigilancia se considera de 36 actividades por año	Bell y Morse (2003); Córdova (2005); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
17. Acceso a créditos, seguros, u otros mecanismos de financiamiento (número/año)	0	15 personas/año	0	El valor óptimo de personas con crédito se considera de 10% del total de ejidatarios	Bell y Morse (2003); Rendón (2001); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
18. Mecanismos de toma de decisiones (número de comités y comisiones)	2 comités/año. 2 comisiones/año.	6 comités/año. 24 comisiones/año.	Comités (33.3); Comisiones (8.3)= 20.8	Para los comités de toma de decisiones se consideran 36 comités y 24 comisiones	Uphoff (2002); Córdova (2005); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
19. Distribución de utilidades y beneficios(\$/persona/a/año)	0	10	0	El valor óptimo de distribución de utilidades se considera de 10% de las utilidades	Uphoff (2002); Rendón (2001); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
Índice total del sistema a nivel localidad			20.8		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Mapa de sustentabilidad a nivel de localidad



Fuente: Elaboración propia, 2015.

3.1 Análisis de los indicadores

Se observa que los indicadores económicos son más elevados en el municipio que en la localidad, ya que se tienen niveles de producción mayores (3.87 ton/ha), esto es debido a que el área de cultivo con mayor productividad en el nivel municipal se encuentra en terrenos planos localizados alrededor de la cabecera municipal. En comparación con los del Comunal (1.15 ton/ha), que se encuentran en las faldas de la zona forestal, en suelos que no son aptos para la agricultura, por lo tanto su productividad es baja y con alto riesgo de erosión. Mientras que el valor óptimo para el distrito de desarrollo rural No. 1, en el cual se encuentra el municipio de Ocoyoacac es de 4.4 ton/ha, con base a estos resultados podemos ver que el valor para el Comunal son muy bajos.

Con respecto a la producción de otros cultivos es importante mencionar que en el Comunal, la producción de avena solo se utiliza como forraje para su ganado o es intercambiada por grano de maíz con otros comuneros, son pocos los comuneros que venden este producto, por lo que los ingresos por este cultivo son escasos (Cuadro 1).

En lo que se refiere a los indicadores ambientales (Cuadro 2), en la escala municipal son bajos, ya que el número de actividades es de tres al año, mientras que el valor óptimo es de veinte. En el Comunal también el índice es bajo, ya que solo realizan una actividad para el mejoramiento de suelos, cabe mencionar que la actividad que realizan es el vertido de abono orgánico en sus áreas de cultivo, para el cuidado del bosque solo realizan la actividad de proteger su área boscosa de la tala clandestina. Para las actividades de control de la erosión realizan los surcos en contorno y actividades de reforestación.

En cuanto a los indicadores sociales en el municipio, los indicadores más elevados son el ISs 17 área bajo administración comunal y el 18 Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo (% de personas encuestadas pertenecientes a alguna organización), para el primero la superficie total del municipio es de 13,471 ha y la superficie con régimen de propiedad social es de 8,503 ha, esto es de vital importancia ya que más del 50% de su superficie pertenece a la población nativa del lugar, pero también está sometida a la presiones económicas, sociales y políticas, ya que es un municipio que se encuentra en medio de la zona metropolitana de la Ciudad de México y del Valle de Toluca y por su territorio cruza una de las principales vías de comunicación que es la carretera México – Toluca, con todas las implicaciones que esto lleva, generando una fuerte presión en el cambio de uso del suelo y venta de terrenos a particulares, para el establecimiento de comercios en el municipio.

3.2 Análisis de los atributos

En la localidad la productividad es baja debido a que el rendimiento de los cultivos es minúscula, por esta situación los cultivos son de autoconsumo, la generación de empleos es casi nula, ya que se emplea la mano de obra familiar, por lo que aumentar la productividad y la diversificación de actividades se convierten en objetivos de la comunidad. En el municipio la productividad es alta debido por esta situación los cultivos son para autoconsumo y los excedentes son vendidos, la generación de empleos es casi nula, ya que se emplea la mano de obra familiar y solo en algunos casos se emplea mano de obra local.

En lo que se refiere a la estabilidad del sistema comunal, también es baja, ya que la constancia de la producción no es estable por el hecho que son terrenos de temporal está expuesto a los factores del clima, aumentando el riesgo de pérdidas por heladas o escasez de lluvias. La estabilidad del municipio también es media, ya que la constancia de la producción es más estable por el hecho que algunos terrenos son de riego y aunque están expuestos a los factores del clima, el riesgo de pérdidas por heladas y no tanto por la escasez de lluvias.

En cuanto a la confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad del comunal como en los atributos anteriores es baja, ya que las condiciones físicas del área de estudio son muy variables, lo que no permite un equilibrio en cuanto a la productividad y los beneficios esperados por las actividades agrícolas realizadas en el comunal. Aunado a esto los comuneros no han sido capaces de encontrar nuevas estrategias para diversificar sus actividades, así como de tecnologías para mejorar su producción. Estos atributos para el nivel municipal como en los atributos anteriores es media, ya que las condiciones físicas del área de estudio son menos variables, dado que son terrenos planos, lo que permite un equilibrio en cuanto a la productividad y los beneficios esperados por las actividades agrícolas realizadas en el municipio. En el municipio existe una mayor diversificación de las actividades agrícolas y en algunos casos ya se usan tecnologías como el tractor y semillas mejoradas.

En lo que se refiere a la autogestión es baja ya que el nivel de organización de la comunidad hasta el momento de realizar las encuestas no era muy favorable, aunque el proceso se tornaba bueno para la comunidad. En el municipio la autogestión es media ya que las organizaciones existentes en el municipio gestionan actividades para beneficio de sus agremiados, así como los particulares hacen gestiones ante las instituciones gubernamentales del ramo.

La auto organización en la comunidad resultó baja, ya que hasta el momento de hacer la evaluación no contaba con acceso a créditos ni apoyos por parte del gobierno ni de otras instituciones financieras. Este atributo en la escala municipal es media, ya que hasta el momento de hacer la evaluación se cuenta con acceso a créditos y apoyos por parte del gobierno.

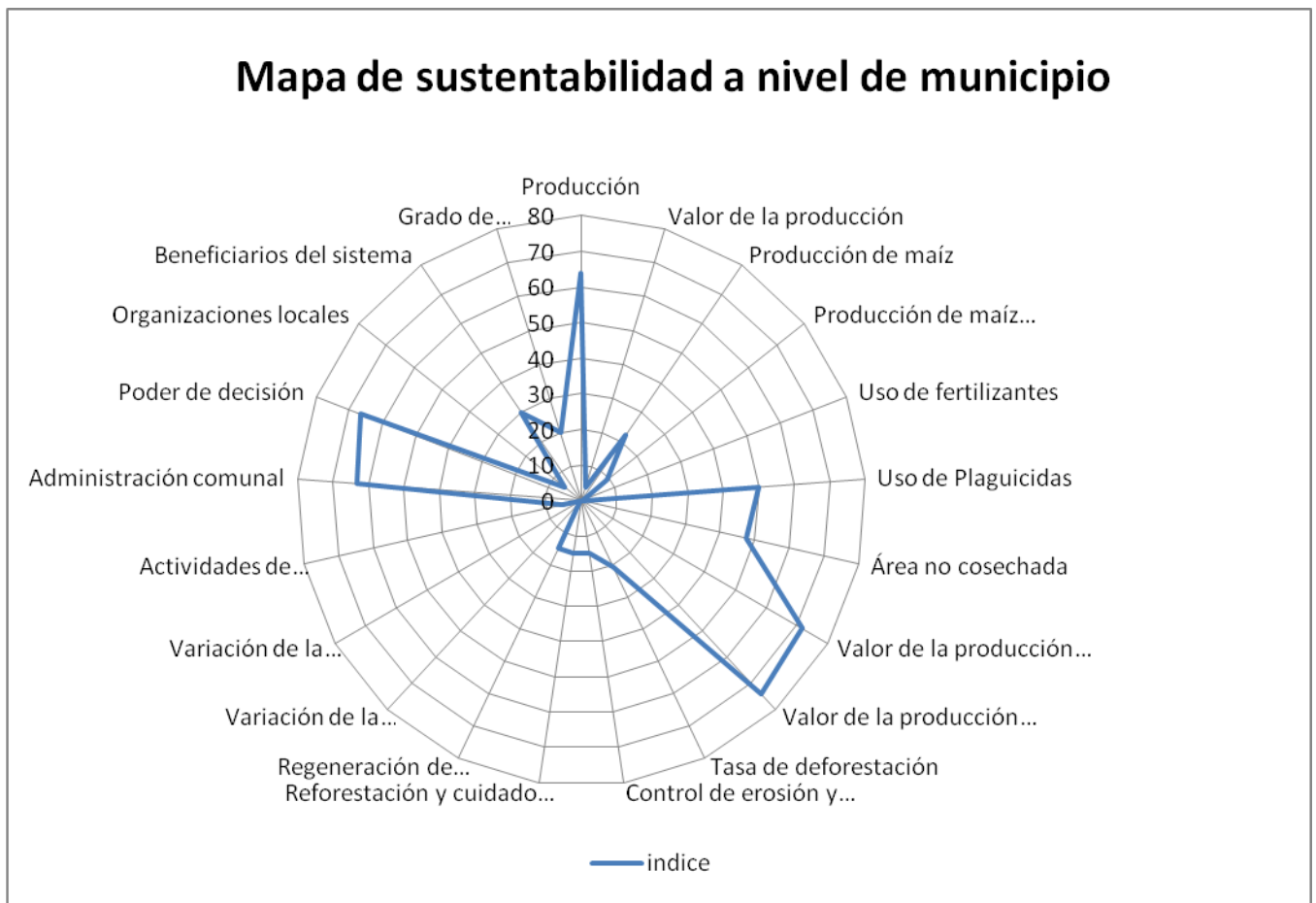
La equidad en la comunidad se considera alta ya que todas las propuestas y acciones son llevadas a consideración en las asambleas de los comuneros. La equidad del municipio es media ya que todas las propuestas y acciones por parte del municipio se exponen a las asociaciones.

Cuadro 2. Indización de indicadores a nivel de municipio.					
Indicador	Valor actual	Valor óptimo	Índice	Criterio seguido para asignar el valor óptimo	Fuente del Valor Óptimo
1. Total de Producción (ton/ha)	Avena (10); Haba (4); Maíz (3.87)	Avena 24; Haba 6.5; Maíz 4.4	Avena(41.7); Haba (61.5); Maíz (87.9)= 63.7	El valor óptimo se tomó de la producción a nivel de distrito de producción	SNIIM (2014); SIAP (2014)
2. Valor de la producción (\$/ton)	Avena \$1,100; Haba \$6000; Maíz \$2,200	Avena \$100,189; Haba \$53,047; Maíz \$1,437,838	Avena (1.1); Haba (11.3); Maíz (0.15)= 4.1	El valor óptimo se tomó del valor de la producción a nivel de distrito de producción	SNIIM (2014); SIAP (2014)
3. Producción de maíz/Población en actividades primarias (kg/hab)	5.07	4,390/19,304=2 2.7	22.3	El valor óptimo es igual a la producción de maíz entre la población en actividades primarias a nivel estatal	SNIIM (2014); SIAP (2014)
4. Producción de maíz/Población total municipal (kg/hab)	0.32	529,762/15,175, 862= 3.4	9.4	El valor óptimo es igual a la producción de maíz entre la	SNIIM (2014); SIAP (2014)

				población Estatal	
5. Uso de fertilizantes (kg/año)	500	1	0.2	El valor óptimo se considera de 1 porque no se debe utilizar fertilizante	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
6. Uso de Plaguicidas (lt/año)	2	1	50	El valor óptimo se considera de 1 porque no se debe utilizar pesticida	Altieri (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
7. Área no cosechada (ha/año)	2,304.1 ha 47% de la superficie agrícola municipal	4,859	47.4	El valor óptimo se obtuvo de la superficie sembrada del municipio	Lampkin (1998); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
8. Valor de la producción en años secos (\$/ton)	Maíz \$2,000	\$2,787	71.7	El valor óptimo se obtuvo del valor del maíz en temporada seca a nivel distrital	Avilés <i>et al.</i> (2006)
9. Valor de la producción en años fríos (\$/ton)	Maíz \$2,000	\$2,699	74.1	El valor óptimo se obtuvo del valor del maíz en temporada lluvia a nivel distrital	Avilés <i>et al.</i> (2006)
10. Tasa de deforestación (ha/periodo)	780 ha en 17 años = 45.9ha/año	1	20.8	El valor óptimo se considera de 1 porque no debería existir deforestación	Gliessman (1998); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
11. Control de erosión y mejoramiento del suelo (número de actividades)	3	20	15	El valor óptimo se considera de 20 actividades para control de erosión y mejoramiento del suelo	Gliessman (1998); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
12. Reforestación y cuidado del bosque (número de actividades)	3	20	15	El valor óptimo se considera de 20 actividades para reforestación y cuidado del bosque	Gliessman (1998); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
13. Regeneración de pastizales (número de actividades)	3	20	15	El valor óptimo se considera de 20 actividades para regeneración de pastizales	Gliessman (1998); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
14. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 200 kg/evento de helada	1	0.5	El valor óptimo se considera de 1 porque idealmente no debería haber pérdidas	Avilés <i>et al.</i> (2006)
15. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/evento)	Maíz 400kg/evento de sequía	1	0.25	El valor óptimo se considera de 1 porque idealmente no debería haber pérdidas	Avilés <i>et al.</i> (2006)
16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos (número de actividades/año)	2 actividades	36 actividades	5.5	El valor óptimo se considera de 36 actividades para el manejo de los recursos	Altieri (2002); Gutiérrez, <i>et al.</i> (2011)
17. Área bajo administración comunal	Ejidal 8,503ha	13,471ha	63.1	El valor óptimo es igual a la superficie ejidal en el municipio entre la superficie total municipal	SEDATU (2014)
18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo (% de personas encuestadas pertenecientes a alguna organización)	20/30 personas X100= 66.6%	100	66.6	El valor óptimo es igual a 100 porque todas las personas deben tener el poder de decisión	Bell y Morse (2003); Córdova (2005); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)

19. Tipo y permanencia de las organizaciones locales (número de organizaciones, asociaciones y años de existencia)	5 organizaciones; 9 años de existencia de organizaciones; 7 asociaciones; 9 años de existencia de asociaciones	100	Organizaciones (5) Asociaciones (7)= 6	El valor óptimo es igual a 100 porque todo ciudadano debe estar dentro de alguna organización y asociación	Bell y Morse (2003); Rendón (2001); Gutiérrez, <i>et al.</i> (2011)
20. Beneficiarios del sistema (número de personas dedicadas a la actividad agrícola)	275/919X100=30%	100	30	El valor óptimo se considera de 100 porque todas las personas tienen derecho de recibir beneficios	Uphoff (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
21. Grado de democratización (número de reuniones y participantes en cada reunión)	6 reuniones; 50 participantes/reunión; 20% de participantes respecto a la población inscrita	100	20	El valor óptimo se considera de 100 porque todas las personas tienen derecho a tomar decisiones en torno a la organización	Uphoff (2002); Rendón (2001); Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)
Índice total del sistema a nivel municipal			28.6		

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Integración de las escalas

La problemática que se presenta en la escala local, es que la gestión de recursos y en si los recursos asignados al Comunal por parte de los niveles municipal, estatal y federal son escasos y en ocasiones los únicos beneficiados son los líderes del Comunal, sin permear en los demás comuneros, esto genera la desigualdad social y marginación que prevalece en la escala local.

En la escala municipal han sido capaces de gestionar más recursos para el cuidado del bosque y hacer un aprovechamiento turístico de la zona de la marquesa, generando una derrama económica para los habitantes de la zona, como para el municipio de Ocoyoacac, es importante señalar que diversas instituciones de nivel federal y estatal han designado recursos para fortalecer el desarrollo turístico de esta zona.

De acuerdo con los resultados de la indización de los indicadores podemos visualizar que el área forestal en la escala local se encuentra en buenas condiciones y la pérdida de superficie forestal es baja, además que se encuentra dentro del Parque Otomí Mexica, siendo esta de carácter estatal, por lo que las medidas restrictivas para el manejo del bosque no las toma el municipio, sino el Gobierno del Estado de México, a través de la Secretaría de Medio Ambiente, y una de las medidas es que no pueden hacer uso de los recursos maderables, a menos que estén plagados o hayan sido afectados por un incendio.

Esto trae como consecuencia que los comuneros de San Juan Coapanoaya no puedan tener un aprovechamiento de la zona, pero también existe un consenso dentro de los comuneros que debe de ser cuidada para beneficio de ellos, pero también influye en la marginación social que tienen los habitantes del comunal, ya que no pueden hacer uso de sus recursos y no han logrado organizarse de manera adecuada para poder gestionar recursos y mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Mientras que a nivel municipal, también el área forestal se encuentra en el Parque Otomí Mexica, y tiene las mismas restricciones de manejo, pero al mismo polígono se sobrepone el Parque Miguel Hidalgo, mejor conocido como la Marquesa, y en esta área los ejidatarios si se han organizado y han sido susceptibles de apoyo tanto estatal, como federal, lo que ha traído como consecuencia en detonante para el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Pero los más beneficiados han sido los habitantes de San Pedro Atlapulco y San Jerónimo Acazulco, y a la vez las instituciones tanto federales como estatales y municipales han favorecido los subsidios hacia la marquesa que a otras zonas del municipio, generando un desarrollo desigual.

Conclusiones

En la presente investigación se seleccionaron los indicadores que fueran los más representativos para las dos escalas de análisis, de acuerdo con Binder, et al (2009), los indicadores (o conjuntos de indicadores) deberían incluir, por un lado a los que proporcionan información clave sobre el estado del medio ambiente, económico y social de un sistema. Por otro lado, deben permitir la comprensión de las interacciones entre los indicadores, así como las compensaciones entre ellos y apoyar a los tomadores de decisiones en los diferentes niveles espaciales (Capello y Nijkamp, 2002; Van Passel et al., 2007).

En este mismo sentido Hezri, et al (2006) afirman que diferentes tipos de indicadores se han desarrollado para diferentes propósitos y por lo tanto tienen diferentes enfoques, y operan a diferentes escalas espaciales.

Con la información obtenida de la indización de los indicadores es evidente que en las dos escalas el nivel de sustentabilidad está muy por debajo del ideal, ya que para la escala municipal el índice es de 28.6 y para el nivel comunal es de 20.8. Ya que para la escala municipal los niveles de producción son bajos, tienen poco acceso a recursos gubernamentales; y en el nivel municipal el acceso a recursos municipales, estatales y federales es mayor, pero se concentran en un porcentaje mayor en la zona conocida como La Marquesa, generando un crecimiento desigual en el resto de las comunidades del municipio.

De esta manera en la escala local fueron los comuneros los que trazaron sus objetivos y a partir de ahí se generaron los indicadores que permitieran conocer las condiciones en las que se encuentra el SMRN, lo mismo sucedió para la escala municipal. Con base en esto, uno de los desafíos de trabajar con diferentes escalas, es que los actores en cada una de las escalas de análisis perciben la problemática desde diferentes puntos de vista, en el caso de la comunidad su preocupación es seguir manteniendo la base de sus recursos y poderlos aprovechar de manera adecuada, para mejorar su calidad de vida. Mientras que para la escala municipal, es importante el lograr acceso a recursos de los niveles institucionales estatal y federal; ya que dependen de estos recursos para proteger sus recursos naturales. Es importante señalar que las políticas agrícolas y de cuidado del medio ambiente son de carácter estatal y federal.

La metodología utilizada, permitió identificar la problemática de los sistemas en las dos escalas de trabajo. Para realizar la integración conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores es necesario estudiar a fondo primeramente los sistemas por separado; posteriormente encontrar las relaciones políticas, sociales, económicas y ambientales que se presentan entre el nivel municipal y la localidad. Esto permitió finalmente integrar los indicadores y evaluar así su pertinencia para el caso de evaluación de sustentabilidad multiescalar.

Bibliografía

Altieri, M. A. 2002. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 93: 1-24.

Avilés, M.; González. A. y Martínez, M. (2006). Análisis de riesgo, portafolios óptimos y diversificación en la agricultura. *Agrociencia*, vol. 40, núm. 3, mayo-junio, 2006, pp. 409-417. Colegio de Postgraduados. México.

Bell, S. y S. Morse (2003). *Measuring Sustainability: Learning from Doing*, Earthscan. UK: 187 pp.

Binder Claudia R., Feola Giuseppe and Steinberger Julia K., Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture, *Environmental Impact Assessment Review, Volume 30, Issue 2, February 2010, Pages 71-81*

Córdova, G. (2005). Participación ciudadana y gestión del agua: los líderes de Comités de Vecinos en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios Fronterizos*, vol. 6, núm. 12, julio-diciembre, pp. 79-118. Universidad Autónoma de Baja California, México.

Dale, V. H., R. Lowrance, P. Mulholland, and G. Phillip Robertson. 2010. Bioenergy sustainability at the regional scale. *Ecology and Society* **15**(4): 23.

Elbakidze, M., P. K. Angelstam, C. Sandström, and R. Axelsson. 2010. Multi-stakeholder collaboration in Russian and Swedish Model Forest initiatives: adaptive governance toward sustainable forest management?, *Ecology and Society* **15**(2): 14.

Gutiérrez, J.; Aguilera, L.; González, C. y Juan, J. (2011). Evaluación preliminar de la sustentabilidad de una propuesta agroecológica, en el Subtrópico del altiplano central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, núm. 2, mayo-agosto, 2011, pp. 567-580. Universidad Autónoma de Yucatán. México.

Hezri A. A., Dovers R. S. (2006). Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics 60: 86 – 99

Lampkin, N. (1998). *Agricultura ecológica*. Mundiprensa, España.

Rendón, A. (2001). Elección de comités vecinales del 4 de julio de 1999. La ley de participación ciudadana no pasó la prueba. *El Cotidiano*, vol. 17, núm. 106, marzo-abril, pp. 24-36. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México.

Secretaría de Economía de México. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). Precios de maíz en la central de abasto de Toluca. Consultado el 11 de diciembre de 2014. http://www.economia-sniim.gob.mx/Precios_de_Maiz.htm.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de México. Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). Producción de cultivos a nivel Distrital. Consultado el 11 de diciembre de 2014.

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Termeer, C. J. A. M., A. Dewulf, and M. van Lieshout. 2010. Disentangling scale approaches in governance research: comparing monocentric, multilevel, and adaptive governance. *Ecology and Society* 15(4): 29.

Torres, L. (2002). Autoconsumo y reciprocidad entre los campesinos andinos: Caso Fómeque. Cuadernos de Desarrollo Rural, núm. 48. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

Uphoff, N. 2002. Agroecological innovations: Increasing food production with participatory development. Earthscan, London.

Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 26: 201-224.

TERCER ARTÍCULO

3.3. EVALUACIÓN MULTIESCALAR MEDIANTE INDICADORES. UNA VISIÓN PROSPECTIVA DEL MUNICIPIO Y LA LOCALIDAD

Enviado a la Revista Ciencia Ergo Sum con ISSN: 1405-0269

EVALUACIÓN MULTIESCALAR MEDIANTE INDICADORES. UNA VISIÓN PROSPECTIVA DEL MUNICIPIO Y LA LOCALIDAD

MULTISCALE EVALUATION BASED ON INDICATORS. A PROSPECTIVE VISION OF MUNICIPALITY AND LOCALITY

Margarito Jiménez Cruz¹, Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo², Carlos Ernesto González Esquivel³, José Isabel Juan Pérez⁴

Resumen

En este trabajo se aplicó una evaluación geográfica multiescalar, con una visión prospectiva en el municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya, en el Estado de México, México. La evaluación se realizó mediante programación en sistemas de información geográfica con indicadores específicos para ambas escalas, se abordó la dimensión socioeconómica con el índice de marginación, en la dimensión político electoral se evaluó la volatilidad electoral y finalmente en la dimensión ambiental se evaluó el cambio de cobertura vegetal. Los resultados reflejan que existe alto índice de marginación en el municipio y en el comunal de San Juan Coapanoaya; la tendencia a futuro es que la marginación será mayor, tanto en el municipio como en la localidad; esto debido principalmente al bajo nivel educativo que prevalece y que disminuye mejores oportunidades de empleo. Desde el punto de vista político, la volatilidad electoral tanto en el municipio como en la localidad es alta actualmente y la tendencia es que se mantenga alta, esto debido al incremento de la marginación en ambas escalas. En la dimensión ambiental, el cambio de cobertura forestal en el municipio es acelerado, ya que al ser un municipio que atraviesa la carretera México-Toluca, esto genera una fuerte presión sobre el uso de suelo, y genera deterioro de la zona forestal debido a la instalación de nueva infraestructura, pero también por el establecimiento de unidades habitacionales e industria. En el Comunal de San Juan Coapanoaya, el cambio de cobertura forestal se muestra más lento, debido a que zona forestal de la localidad no está directamente en contacto con la carretera y a que los comuneros realizan periódicamente labores para el cuidado de su zona forestal. A futuro la cobertura forestal en el municipio tiende a disminuir debido a la presión por el crecimiento de los asentamientos humanos y la industria; la tendencia futura para la comunidad es que seguirán manteniendo su zona forestal.

Palabras clave: Prospectiva, Sistemas de Información Geográfica, marginación, volatilidad electoral.

INTRODUCCIÓN

La prospectiva va encaminada a mostrarse como un estudio de las causas científicas, técnicas, económicas, políticas, sociales y culturales que aceleran la evolución del mundo moderno y la previsión de las situaciones que surgen de sus influencias conjugadas. Hacer prospectiva es, entonces, interrogarse al respecto de los grandes problemas y desafíos de la sociedad, así como explorar los futuros posibles (Tobar, 2000).

La prospectiva provee herramientas concretas e informaciones clave para la planificación estratégica. En especial para la planificación a largo plazo, es muy útil cuando se trata de contexto de turbulencia, como frecuencia sucede en la gerencia social, lo que permite huir de las indefiniciones e inexactitudes actuales, explorando las consecuencias que los diferentes desenlaces pueden tener en el futuro.

El fundamento central de la prospectiva es considerar que el futuro no es único e inexorable, pero que los hechos y situaciones pueden adquirir diferentes configuraciones llegando a configurar conjuntos de alternativas que pueden ser explorados con anticipación. Este principio la diferencia de la llamada “futurología”. La prospectiva nunca coloca un único futuro posible, se puede hablar hasta de un escenario tendencial, de un escenario más probable pero de un escenario único.

La prognosis es una proyección hacia el futuro en la búsqueda de alternativas óptimas para aprovechar mejor las potencialidades, disminuir las limitaciones, resolver los problemas y reorientar o reforzar las tendencias identificadas en cada unidad. Estas alternativas, después de ser evaluadas y buscar su compatibilidad con los intereses sociales, económicos y ambientales, se concretan en escenarios prospectivos (situación futura deseada) presentados de manera ordenada en una propuesta técnica o esquema de ordenamiento. Se trata de una excelente propuesta de ordenamiento territorial que de aplicarse en sus dimensiones apropiadas, coadyuvará, sin duda, a resolver los conflictos territoriales.

La construcción de escenarios yace bajo el entendido paisajístico, de acuerdo con los geógrafos del comportamiento y la percepción partirán de la base de que *“El entorno en tanto que percibido no es algo neutro y con organización propia, sino un conjunto de signos que se leen y se estructuran en forma de paisaje según una sistemática semiológica propia del sujeto (...) El paisaje es en gran parte una composición mental (...) (que) está sustancialmente influida por la personalidad, la cultura, los intereses y, en general, por todo lo que constituye el ‘punto de vista’ del observador”* (Miklos, 2008).

La prospectiva representa la habilidad para llevar a grupos humanos a tomar decisiones relevantes que los lleven a alcanzar el mejor de los futuros posibles, enfrentando situaciones de incertidumbre. En gran medida, dichas situaciones provienen en primera instancia de considerar que los fenómenos estudiados

requieren de una visión integral de largo plazo y donde los actores sociales intervienen sensiblemente.

La prospectiva, entonces, propone como metodología la registrar “conocer-diseñar y construir”, incorporando a este proceso tanto el “futurible” como la reinterpretación del pasado y del presente, a partir de todo ello, diseñar y construir el mejor de los futuros posibles. Este proceso se desarrolla siguiendo una triple dinámica interactiva: una reflexión compartida con amplia participación experta para conocer las necesidades y los deseos sociales, una reflexión estratégica para diseñar e interpretar el futuro deseable y posible, y una reflexión colectiva al confrontar la realidad durante la construcción de un futuro aceptado por expertos y aceptable para la sociedad.

De acuerdo con González et al. (2004), actualmente existe una gran variedad de trabajos y proyectos, los cuales involucran el uso de SIG e imágenes de satélite, cada uno de ellos trata de explicar las interrelaciones entre los factores de medio físico y la biota propia del lugar, con el objetivo de minimizar el grado de impacto en sus masas forestales. Thorp y Bronson, (2013) desarrollaron una caja de herramientas geoespaciales, que se puede utilizar para gestionar simulaciones de modelos basados en puntos en múltiples ubicaciones utilizando datos geoespaciales dentro de un sistema de información geográfica (SIG).

Yagoub *et al.* (2015) realizaron una investigación en la que los objetivos principales fueron detectar el uso de la tierra y el cambio de cobertura de la tierra, utilizando técnicas de teledetección, y posteriormente identificar las causas de la degradación de los pastizales y la cubierta arbórea en el bosque. Gadiga (2015) monitoreó la dinámica de la vegetación, con el fin de entender el estado de la cubierta vegetal y sugerir posibles medidas de conservación. Por su parte Di Matteo, *et al.* (2017) desarrollan e ilustran un marco de optimización mediante SIG y técnicas participativas, para abordar problemas complejos de gestión ambiental que involucran a múltiples partes interesadas.

En este estudio se aborda la prospectiva mediante la utilización de sistemas de información geográfica.

2. Metodología

Escenarios tendenciales multiescala para el municipio y la localidad

2.1 Dimensión Socio-Económica.

Para la valoración de la dimensión socio-económica se generó un índice de marginación social. De acuerdo con Rodríguez (2012), el índice de marginación es uno de los parámetros más utilizados en las ramas sociales para ponderar el nivel de exclusión social que existe en un territorio.

El CONAPO (Consejo Nacional de Población) señala que la marginación social es un fenómeno estructural que diagnostica la situación social con respecto a la

distribución de la riqueza; ayuda a determinar el éxito o fracaso de las políticas de desarrollo social (CONAPO, 2005).

El cálculo del índice de marginación se realizó usando el procedimiento del Consejo Nacional de Población (CONAPO), que establece el uso de nueve indicadores relacionados con la existencia de analfabetismo, falta de instrucción educativa básica y falta de bienes básicos en las viviendas. Los indicadores que se emplearon se muestran a continuación: Porcentaje de analfabetismo en personas mayores de 15 años, porcentaje de población mayor de 15 años, sin primaria completa, porcentaje de viviendas que no disponen de agua, porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje, porcentaje de viviendas que no disponen de excusado, porcentaje de viviendas que disponen de piso de tierra, porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica, porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento, porcentaje de viviendas que no disponen de refrigerador.

Cabe destacar que se generaron modelos de marginación social para el año 2005 y 2010, para los límites del área de estudio. La información que se empleó fue obtenida del ITER de localidades del INEGI, por tanto, el nivel de análisis espacial empleado fue a un nivel de localidad.

A. Índice de marginación por localidad para el año 2005.

Con la información del ITER de localidades del INEGI, para el Censo Nacional de Población y Vivienda 2005, se pudo generar un índice de marginación por localidad.

Una vez que se obtuvieron los porcentajes se calculó, para cada indicador, su valor tipificado; éste se obtuvo con la ayuda del paquete estadístico SPSS. Con la ayuda de los valores tipificados se obtuvo una medida resumen mediante el método estadístico de componentes principales. El índice de marginación corresponde a la primera componente estandarizada de la combinación lineal de los indicadores sugeridos anteriormente:

Se usó la siguiente formalización matemática dentro del paquete estadístico:

$$Y_{i1} = \sum_{j=1}^n c_j z_{ij} = c_1 z_{i1} + c_2 z_{i2} \dots$$

Donde:

Y_{i1} = Valor de la unidad de análisis i en la primera componente principal analizada

c_j = Ponderador del indicador j para determinar la primera componente principal estandarizada

z_{ij} = Indicador estandarizado j de la unidad de análisis espacial

Una vez que se llevó a cabo el proceso se obtuvo una medida resumen acompañada de una tabla de varianza total explicada. Este parámetro determina la validez del modelo estadístico con respecto a los indicadores utilizados. Para el caso del índice de marginación propuesto se obtuvo un valor del 68.5%; esto implica que el modelo y los indicadores usados fueron los adecuados:

Cuando finalizó el cálculo de las componentes principales para la totalidad de las localidades se aplicó el método de estratificación de Dalenius & Hodge. Este método se utiliza en el área de las ciencias sociales y la geografía para agrupar valores cuantitativos de un índice, en estratos de orden cualitativo. Se siguió la metodología planteada en los trabajos de Campos (2009) y Rodríguez (2012) para la estratificación cualitativa del índice obtenido que se tipificó en las siguientes categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

B. Índice de marginación por localidad para el año 2010.

Se generó también un índice de marginación social por localidad para las localidades del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Los indicadores que se emplearon fueron los mismos que en el modelo anterior, aunque se hicieron algunas adecuaciones para generar medidas sintéticas comparables entre los años 2005 y 2010.

Igual que el índice de marginación para el año 2005, se obtuvo el parámetro de varianza total explicada que resultó del 61.9%, lo cual indica que la robustez del modelo estadístico es suficiente para dictaminarlo como válido: Al igual que el índice anterior se aplicó el método de estratificación de Dalenius & Hodge para tipificar los valores del índice en las siguientes categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. El escenario tendencial fue calculado identificando las tendencias con respecto al nivel de marginación social en las localidades de Ocoyoacac, se calculó la diferencia entre los valores del índice del año 2010 y del año 2005. Posteriormente se obtuvo el rango entre las diferencias identificando posibles escenarios, resultantes de la diferencia dividida en cinco rangos.

2.2 Dimensión Político-electoral

La valoración de la dimensión política se llevó a cabo mediante un índice de volatilidad política. De acuerdo con el trabajo de Rodríguez (2012), este índice ayuda a discernir las particularidades de la población de cada localidad respecto a su congruencia en decisiones políticas de cualquier tipo.

El índice de volatilidad pondera el cambio en la preferencia política de un territorio y puede precisarse como el cambio en la preferencia de los electores por un determinado partido político o candidato, de una elección a otra. De acuerdo con Rodríguez (2012), la ecuación para obtener este escalar es la siguiente:

$$V_{UT1} = \sum_{P=1}^{PT=TT-1} (tc_{UT1n})$$

Donde:

V_{UT1} = Volatilidad electoral de la sección electoral considerada.

PT = Periodo total considerado, que es equivalente al total de años considerados, menos 1.

P = Periodo/año de elección.

tc = Cambio de la preferencia electoral ocurrida en la unidad territorial 1 en el periodo P.

Para la obtención del índice de volatilidad electoral se usó la información por sección electoral, la cual, mediante procesos de análisis espacial, fue trasladada a información por localidades. Una sección electoral es la fracción territorial de los distritos electorales uninominales; es la delimitación territorial más pequeña dentro de la geografía electoral; cada sección debe tener como mínimo 50 electores y como máximo 1500 (IFE, 2009). La información empleada se obtuvo del ECEG II (Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales) del año 2010, así como en los resultados definitivos de preferencia electoral del instituto Electoral del Estado de México. Con esta información se generó un índice de volatilidad política por localidad para el periodo 1993-2012, el cual fue cartografiado. Para el escenario tendencial se utilizaron los valores del índice de volatilidad político-electoral y el escenario de la dimensión socio-económica que involucra a los índices de marginación. La construcción de tal escenario se generó relacionando los valores de marginación social con respecto a los valores de volatilidad electoral.

2.3 Dimensión Ambiental

Para la valoración de esta dimensión se emplearon dos imágenes de satélite, obtenidas del servicio de infraestructura de imágenes Landsat de la Universidad de Maryland, EU. Las imágenes satelitales del sensor Landsat TM son ampliamente utilizadas para ponderar e identificar tres tipos de coberturas: suelos, agua y vegetación.

Se emplearon dos imágenes satelitales del sensor Landsat TM, la primera es del año 1989 y la segunda del año 2007; ambas imágenes correspondieron al path 26, row 37, de la matriz de trayectoria WRS2 del sensor Landsat. El servidor de la Universidad de Maryland permitió la adquisición de las imágenes satelitales, pero éstas estaban codificadas en sub-imágenes correspondientes a cada banda espectral. Se aplicó un módulo implícito en un software de SIG para unir las bandas espectrales en una sola imagen.

Posteriormente se construyó un índice normalizado de vegetación a partir de la información de las bandas 3 y 4 de cada imagen; este índice es sumamente empleado para identificar biomasa. La ecuación matemática del índice es la siguiente:

$$NDVI = (B4 - B3) / (B4 + B3)$$

Donde:

NDVI = Índice de vegetación de diferencia normalizada

B3 = Banda espectral correspondiente al rojo visible

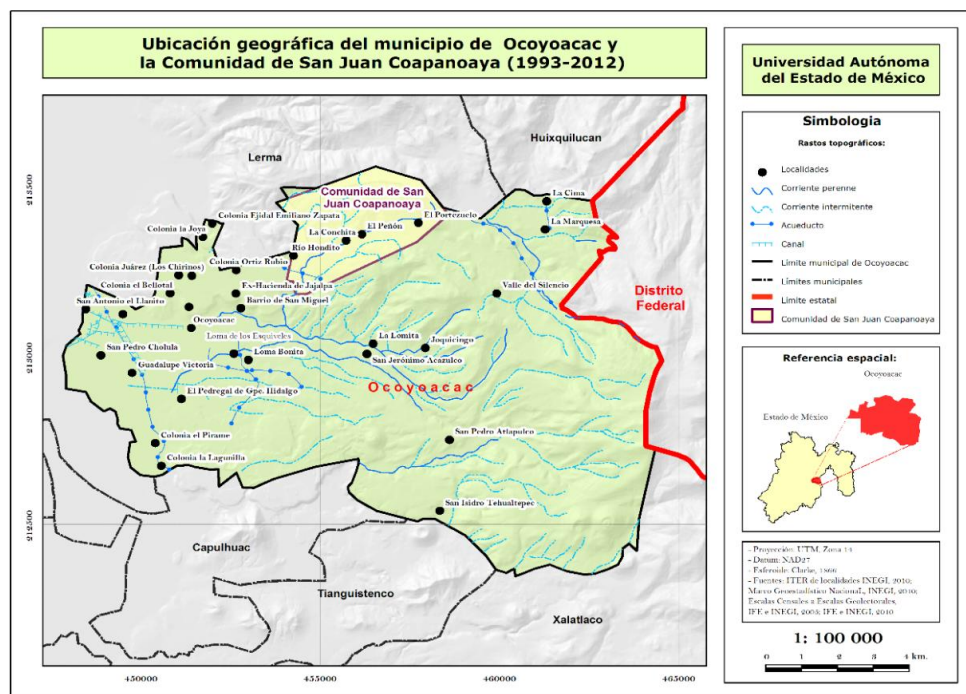
B4 = Banda espectral correspondiente al infrarrojo cercano.

Con el uso de técnicas de análisis y extracción de firmas espectrales, conocimiento y recorrido de la zona de estudio y vinculación de la cartografía existente con el servicio de Google Earth, se pudieron reclasificar valores de vegetación para la imagen satelital del año 2007; el mismo patrón fue aplicado a la imagen del año 1989, obteniendo, para ambos casos, un modelo de presencia de vegetación. Se obtuvieron dos modelos cartográficos que permitieron la identificación de las siguientes coberturas: ocupación urbana, caminos y suelos desnudos, vegetación rala y propia de los espacios urbanos (parques, zonas de recreación); se incluyen pastizales, vegetación arbustiva y pastizales, zonas agrícolas y pastizales, zonas boscosas. El escenario tendencial fue calculado con la ayuda de los mapas de cobertura vegetal obtenidos se pudo generar un escenario del cambio en las coberturas. Este escenario requirió de los mapas de cobertura vegetal de los años 1989 y 2007. Utilizando el módulo de trabajo Two-State Markov Chain para la plataforma ESRI ArcView, se pudo generar un escenario de la cobertura vegetal.

Cabe señalar que la utilización del módulo estuvo condicionada a una serie de premisas que indagan la probabilidad de que ocurra un cambio en las coberturas. Estas premisas fueron establecidas a partir del conocimiento de la zona de estudio, trabajos de recorrido a través del municipio e indagatorias con personas que han vivido en él.

También se realizó una discusión general con base a selección de bibliografía en diversas fuentes de consulta.

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el contexto estatal.



Fuente: Elaboración propia, 2015

3. Resultados

Escenarios tendenciales en las dos escalas

Los escenarios se lograron con base en la extrapolación de las estructuras del presente, mediante estadísticas o variables que permiten observar la tendencia de los fenómenos a través del tiempo, el escenario tendencial se considera longitudinal por la historia de los hechos en un lugar (Gutiérrez, 2013).

3.1 Escenario de la Dimensión Socio-Económica.

La generación de un escenario correspondiente a la dimensión socio – económica, consistió en el análisis de los valores del índice de marginación social de las localidades del municipio de Ocoyoacac, para los años 2005 y 2010. A partir de dicho análisis se pudieron identificar las localidades que presentan mayor incidencia o probabilidad de incrementar sus valores de marginación social, pudiendo establecer con ello pautas para la identificación de problemáticas futuras relacionadas con la dimensión económica y social.

Para generar una comparación entre los valores de marginación de las localidades, fue necesario aplicar una serie de operaciones matemáticas que permitiesen hacer equiparables (y comparables) los valores resultantes del índice de marginación.

Estas operaciones consistieron en normalizar los valores del índice en función de los valores máximos en cada caso. El dominio de valores del índice de marginación del periodo 2005 fue de 0.001 a 5.19449; para el caso del índice del año 2010, el dominio fue de 0.001 a 4.72943.

Para hacer equiparables las proporciones se aplicó una metodología de ajuste proporcional de los valores del índice del año 2005, con respecto a los valores del índice reportados para el año 2010. Esta metodología consistió en obtener la diferencia de los valores máximos y ajustar esa diferencia respecto a una proporción de decremento; todo esto permitió generar una matriz de valores comparables del índice de marginación para los años 2005 y 2010 que se muestran enseguida.

Tabla 1. Valores de marginación social ajustado, de las localidades de Ocoyoacac, 2005 y 2010		
Localidades	Índice de marginación social, 2005, ajustado respecto al índice del año 2010	Índice de marginación social, 2010
Ex-Hacienda de Jajalpa	0.00100000	0.00100000
Colonia Juárez (Los Chirinos)	0.2468	0.20344000
La Cima	0.2556	0.65150000
Ejido la Campana	1.1467	0.74903000

Guadalupe Victoria	0.6097	0.79136000
El Peñón	0.5653	0.83984000
Ocoyoacac	0.5507	0.86013000
El Pedregal de Gpe. Hidalgo	0.6084	0.88305000
Colonia el Pirame	0.4734	0.89463000
La Conchita	1.5054	1.04207000
San Antonio el Llanito	0.6924	1.09694000
La Marquesa	0.8921	1.17874000
Colonia el Bellotal	0.7561	1.18857000
Loma de los Esquiveles	1.0872	1.22083000
San Pedro Atlapulco	0.7642	1.26749000
San Pedro Cholula	0.8870	1.26765000
Estación Maclovio Herrera	0.5432	1.38265000
Colonia la Lagunilla	1.3545	1.56180000
Colonia Ortiz Rubio	0.9717	1.56670000
El Portezuelo	1.6945	1.56926000
Barrio de San Miguel	1.1130	1.65747000
Río Hondito	1.0773	1.69414000
Colonia Ejidal Emiliano Zapata	1.3950	1.83980000
San Jerónimo Acazulco	1.2307	1.84607000
La Lomita	4.7294	1.89815000
Ej. San Miguel Ameyalco	1.8498	1.91348000
Loma Bonita	1.3708	1.99156000
Joquicingo	1.7531	2.67101000
Colonia la Joya	2.2767	3.53239000
San Isidro Tehualtepec	2.2317	3.77151000
Valle del Silencio	2.7437	4.72943000

Fuente: Elaboración propia, 2015

Con los valores ajustados se generó la posibilidad de hacer comparaciones. Para identificar las tendencias con respecto al nivel de marginación social en las localidades de Ocoyoacac, se calculó la diferencia entre los valores del índice del año 2010 y del año 2005. Posteriormente se obtuvo el rango entre las diferencias identificando posibles escenarios, resultantes de la diferencia dividida en cinco rangos. La tabla resultante se muestra a continuación.

Tabla 2. Resultados para la construcción del escenario de marginación social.				
Localidades	Índice de marginación social 2005 (ajustado)	Índice de marginación social 2010	Diferencia	Escenario probable del nivel de marginación (2020)
Ex-Hacienda de Jajalpa	0.00100000	0.00100000	0.0000000 0	Se mantendrá

Colonia Juárez (Los Chirinos)	0.2468	0.20344000	- 0.0433976 6	Se mantendrá
La Cima	0.2556	0.65150000	0.3958580 9	Tenderá al incremento
Ejido la Campana	1.1467	0.74903000	- 0.3976256 7	Se mantendrá
Guadalupe Victoria	0.6097	0.79136000	0.1816452 1	Tenderá al incremento
El Peñón	0.5653	0.83984000	0.2745834 8	Tenderá al incremento
Ocoyoacac	0.5507	0.86013000	0.3094774 3	Tenderá al incremento
El Pedregal de Gpe. Hidalgo	0.6084	0.88305000	0.2746827 0	Tenderá al incremento
Colonia el Pirame	0.4734	0.89463000	0.4212763 8	Tenderá al incremento
La Conchita	1.5054	1.04207000	- 0.4633565 8	Disminuirá
San Antonio el Llanito	0.6924	1.09694000	0.4044907 5	Tenderá al incremento
La Marquesa	0.8921	1.17874000	0.2866427 8	Tenderá al incremento
Colonia el Bellotal	0.7561	1.18857000	0.4324242 3	Tenderá al incremento
Loma de los Esquivales	1.0872	1.22083000	0.1336462 6	Tenderá al incremento
San Pedro Atlapulco	0.7642	1.26749000	0.5032774 7	Tenderá al incremento
San Pedro Cholula	0.8870	1.26765000	0.3806605 2	Tenderá al incremento
Estación Maclovio Herrera	0.5432	1.38265000	0.8394815 0	Tenderá al incremento
Colonia la Lagunilla	1.3545	1.56180000	0.2073021 2	Tenderá al incremento
Colonia Ortiz Rubio	0.9717	1.56670000	0.5950185 5	Tenderá al incremento
El Portezuelo	1.6945	1.56926000	- 0.1252075 8	Se mantendrá
Barrio de San Miguel	1.1130	1.65747000	0.5444471 1	Tenderá al incremento
Río Hondito	1.0773	1.69414000	0.6168621 8	Tenderá al incremento
Colonia Ejidal Emiliano Zapata	1.3950	1.83980000	0.4448226 0	Tenderá al incremento
San Jerónimo Acapulco	1.2307	1.84607000	0.6153414 8	Tenderá al incremento
La Lomita	4.7294	1.89815000	- 2.8312800 0	Disminuirá
Éj. San Miguel Ameyalco	1.8498	1.91348000	0.0636679 4	Se mantendrá

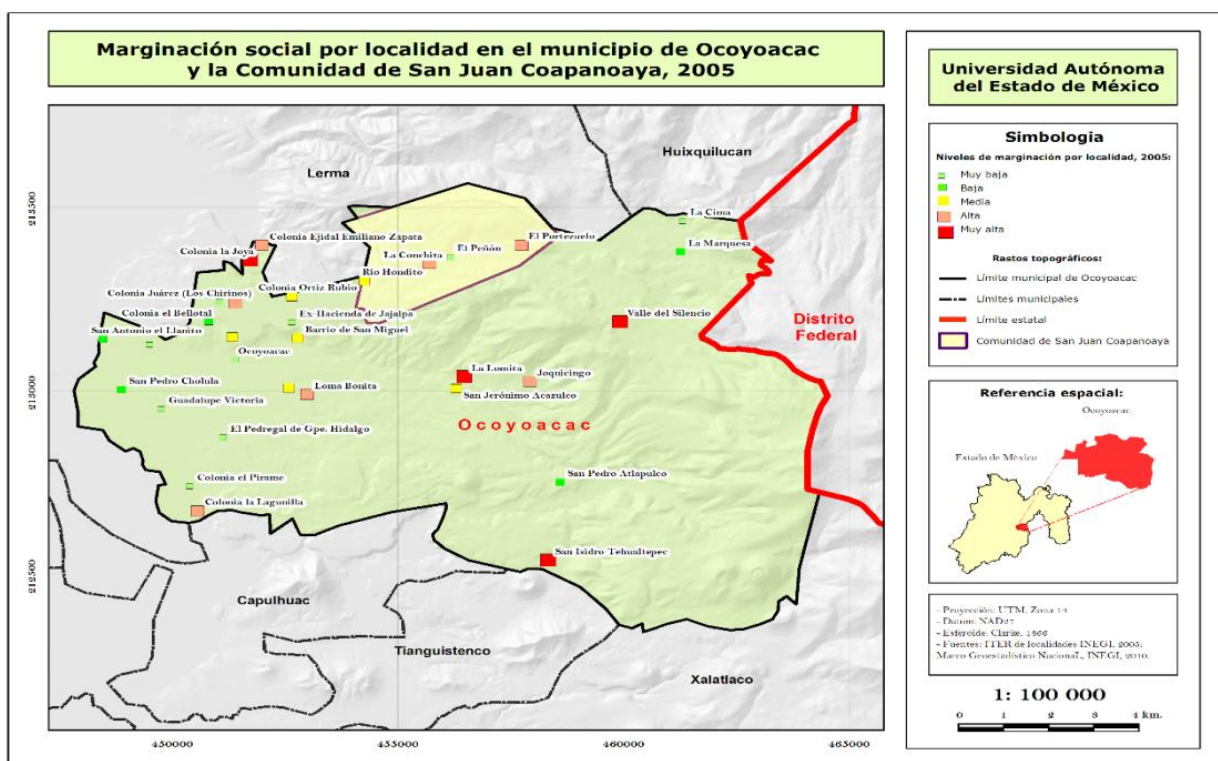
Loma Bonita	1.3708	1.99156000	0.62071917	Tendrá incremento	al
Joquicingo	1.7531	2.67101000	0.91786260	Tendrá incremento	al
Colonia la Joya	2.2767	3.53239000	1.25567653	Se incrementara	
San Isidro Tehualtepec	2.2317	3.77151000	1.53984661	Se incrementara	
Valle del Silencio	2.7437	4.72943000	1.98575441	Se incrementara	

Fuente: Elaboración propia, 2015

Con la información anterior fue posible representar espacialmente los resultados, mostrando un mapa del escenario posible de la tipología de marginación social.

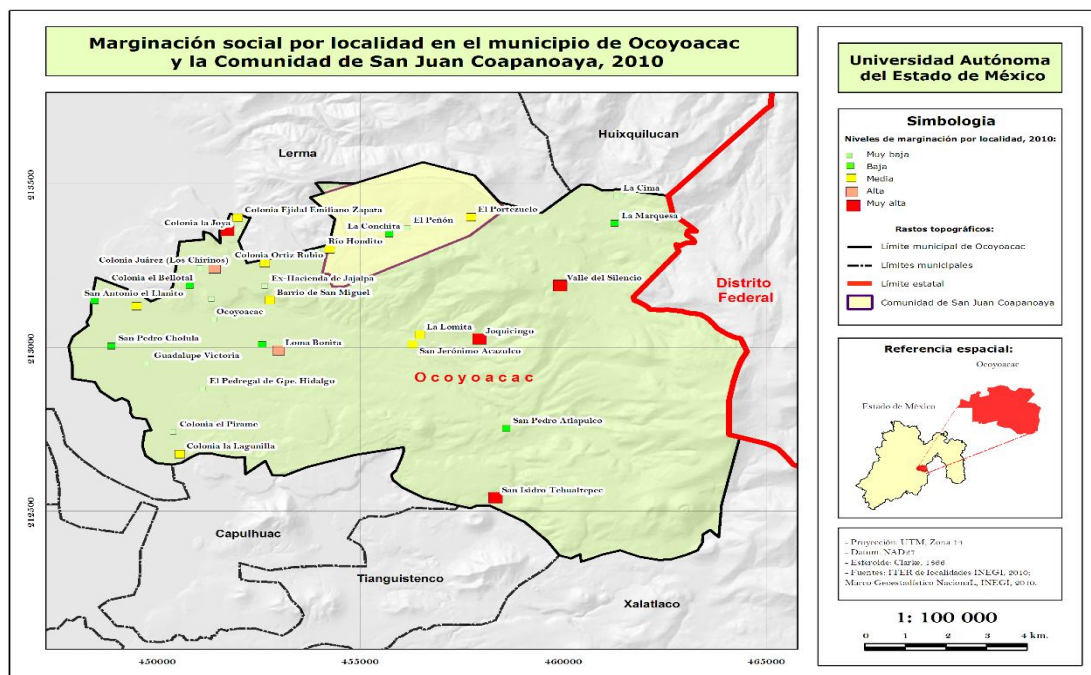
En los mapas que se presentan en la figuras 2, 3 y 4, es posible observar la evolución del índice de marginación para el municipio de Ocoyoacac y muestra cómo ha ido incrementando; la tendencia es que en la mayor parte del municipio esta incrementará. La localidad muestra la misma tendencia al crecimiento de la marginación.

Figura 2. Marginación social en la zona de estudio (2005)



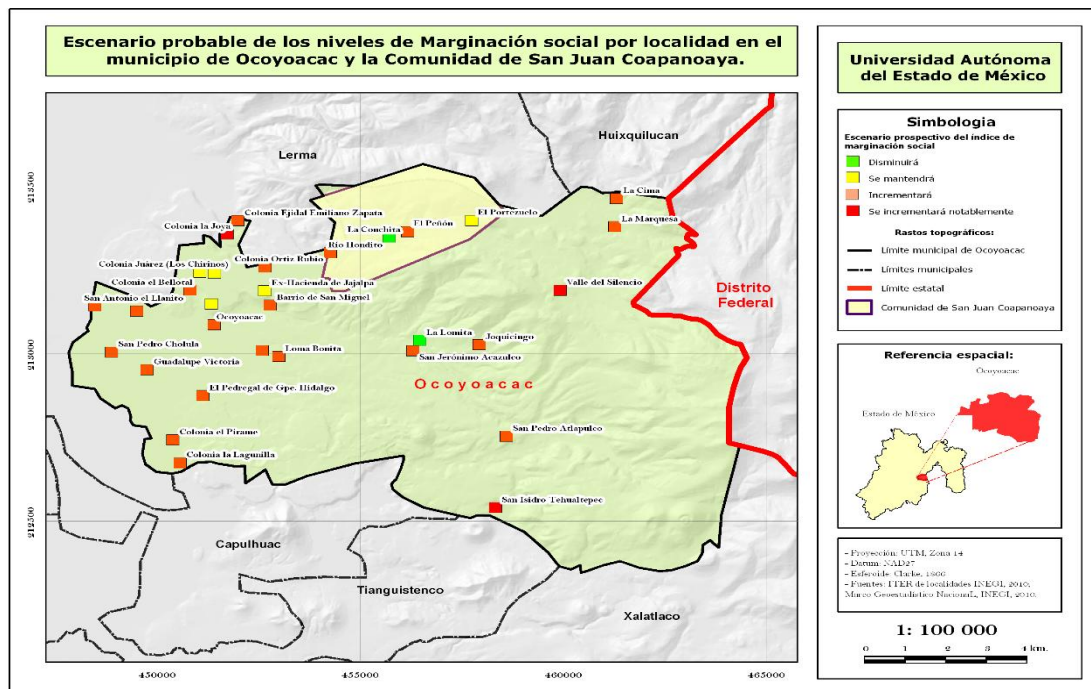
Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 3. Marginación social en la zona de estudio (2010)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 4. Marginación social en la zona de estudio (2020)



Fuente: Elaboración propia, 2015

3.2 Escenario de la Dimensión Político Electoral

Para la generación de este escenario se utilizaron los valores del índice de volatilidad político electoral y el escenario de la dimensión socio-económica que involucra a los índices de marginación. La construcción de tal escenario se generó relacionando los valores de marginación social con respecto a los valores de volatilidad electoral.

Hay trabajos que documentan la relación entre la volatilidad electoral y fenómenos de tipo estructural como la marginación. Algunos ejemplos los encontramos en Rodríguez, 2012; Valdés, 1999 y Pacheco, 1999.

Bajo la premisa anterior se construyó un escenario de volatilidad político-electoral, tipificando los valores del escenario socio-económico (valores del escenario del índice de marginación social) y los valores del índice de volatilidad electoral. Las categorías y valores asignados se muestran enseguida:

Localidad	Índice de volatilidad político-electoral	Escenario probable respecto al nivel de marginación	Valores del escenario de marginación social
Colonia la Lagunilla	3	Tenderá al incremento	3
La Cima	3	Tenderá al incremento	3
Ocoyoacac	4	Tenderá al incremento	3
Guadalupe Victoria	3	Tenderá al incremento	3
Colonia Juárez (Los Chirinos)	2	Se mantendrá	2
Colonia Ortiz Rubio	2	Tenderá al incremento	3
Ex-Hacienda de Jajalpa	2	Se mantendrá	2
Joquicingo	2	Tenderá al incremento	3
Loma Bonita	6	Tenderá al incremento	3
Loma de los Esquiveles	6	Tenderá al incremento	3
San Antonio el Llanito	4	Tenderá al incremento	3
Estación Maclovio Herrera	4	Tenderá al incremento	3
El Pedregal de Gpe. Hidalgo	4	Tenderá al incremento	3
El Peñón	3	Tenderá al incremento	3
Ejido la Campana	3	Se mantendrá	2
Río Hondito	2	Tenderá al incremento	3
La Marquesa	3	Tenderá al incremento	3
San Jerónimo Acazulco	5	Tenderá al incremento	3
San Pedro Atlapulco	2	Tenderá al incremento	3
San Pedro Cholula	3	Tenderá al incremento	3
Valle del Silencio	3	Se incrementara	4
Colonia el Bellotal	2	Tenderá al incremento	3
La Conchita	3	Disminuirá	1
Colonia el Pirame	3	Tenderá al incremento	3
El Portezuelo	3	Se mantendrá	2

San Isidro Tehualtepec	2	Se incrementara	4
Barrio de San Miguel	5	Tenderá al incremento	3
La Lomita	5	Disminuirá	1
Ej. San Miguel Ameyalco	2	Se mantendrá	2
Colonia Ejidal Emiliano Zapata	2	Tenderá al incremento	3
Colonia la Joya	2	Se incrementara	4

Fuente: Elaboración propia, 2015

A partir de la ponderación, se establecieron relaciones entre los valores del escenario de marginación social con respecto a los valores del índice de volatilidad electoral. Estas relaciones corresponden al escenario de volatilidad de la dimensión político electoral. La tabla 4. que se muestra enseguida, muestra las premisas que componen a cada relación:

Tabla 4. Premisas y consecuentes necesarios para la obtención del escenario de volatilidad político-electoral.			
Premisa 1	Premisa 2	Relación /escenario posible que se obtiene de la conjunción de las dos premisas	Valor de la relación/ escenario
Volatilidad máxima, muy alta o alta	Tendencia al incremento en los niveles de marginación social.	Los niveles de volatilidad político-electoral se mantendrán o se incrementarán	1
Volatilidad baja o muy baja	Los niveles de marginación social se han mantenido o disminuido	Los niveles de volatilidad político-electoral se mantendrán o se incrementarán	2
Volatilidad media	Cualquier escenario de marginación social	Los niveles de volatilidad político-electoral se mantienen, independientemente de la condición de marginación	3
Volatilidad baja o muy baja	Los niveles de marginación social se han incrementado	Los niveles de volatilidad podrían aumentar	4
Volatilidad muy alta o alta	Los niveles de marginación social han disminuido	El índice de volatilidad electoral se mantendrá en niveles altos y muy altos	5

Fuente: Elaboración propia

Con las premisas expuestas anteriormente y el consecuente correspondiente al escenario posible, se generó por localidad una tabla y un mapa de ese resultado. La matriz se muestra enseguida en la tabla 5:

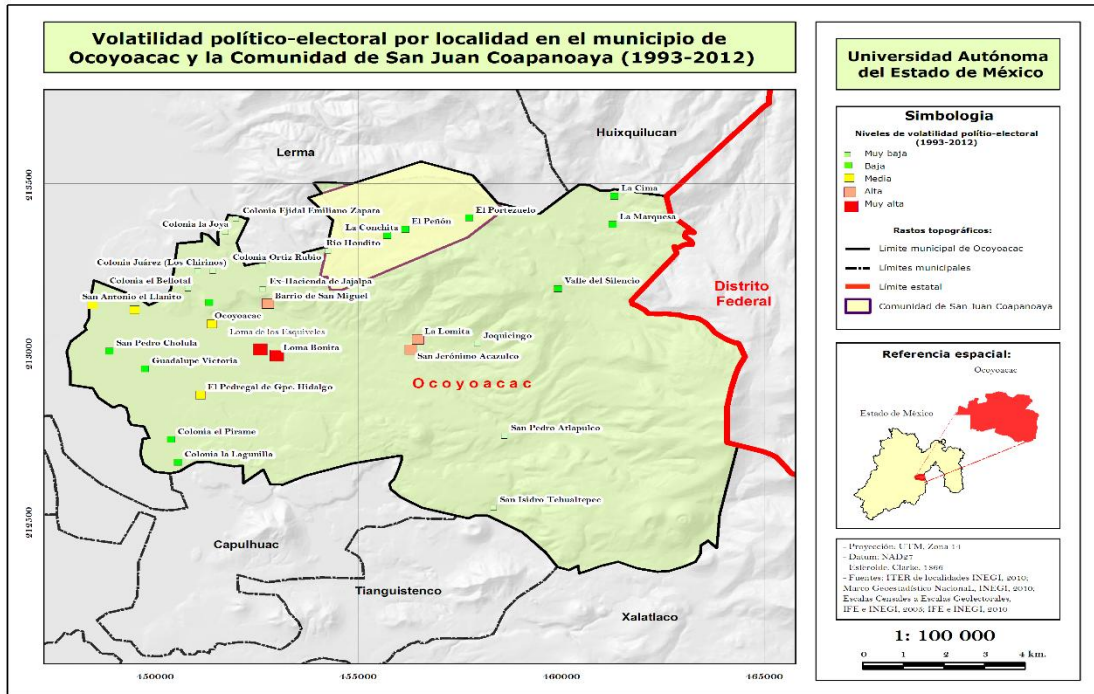
Tabla 5. Relaciones/escenarios de volatilidad político electoral por localidad en Ocoyoacac.			
Localidad	Índice de volatilidad político-electoral	Valores del escenario de marginación social	Valor de la relación/ escenario
Colonia la Lagunilla	3	3	4

La Cima	3	3	4
Ocoyoacac	4	3	3
Guadalupe Victoria	3	3	4
Colonia Juárez (Los Chirinos)	2	2	2
Colonia Ortiz Rubio	2	3	4
Ex-Hacienda de Jajalpa	2	2	2
Joquicingo	2	3	4
Loma Bonita	6	3	1
Loma de los Esquiveles	6	3	1
San Antonio el Llanito	4	3	3
Estación Maclovio Herrera	4	3	3
El Pedregal de Gpe. Hidalgo	4	3	3
El Peñón	3	3	4
Ejido la Campana	3	2	2
Río Hondito	2	3	4
La Marquesa	3	3	4
San Jerónimo Acazulco	5	3	1
San Pedro Atlapulco	2	3	4
San Pedro Cholula	3	3	4
Valle del Silencio	3	4	4
Colonia el Bellotal	2	3	4
La Conchita	3	1	2
Colonia el Pirame	3	3	4
El Portezuelo	3	2	2
San Isidro Tehualtepec	2	4	4
Barrio de San Miguel	5	3	1
La Lomita	5	1	5
Ej. San Miguel Ameyalco	2	2	2
Colonia Ejidal Emiliano Zapata	2	3	4
Colonia la Joya	2	4	4

Fuente: Elaboración propia, 2015

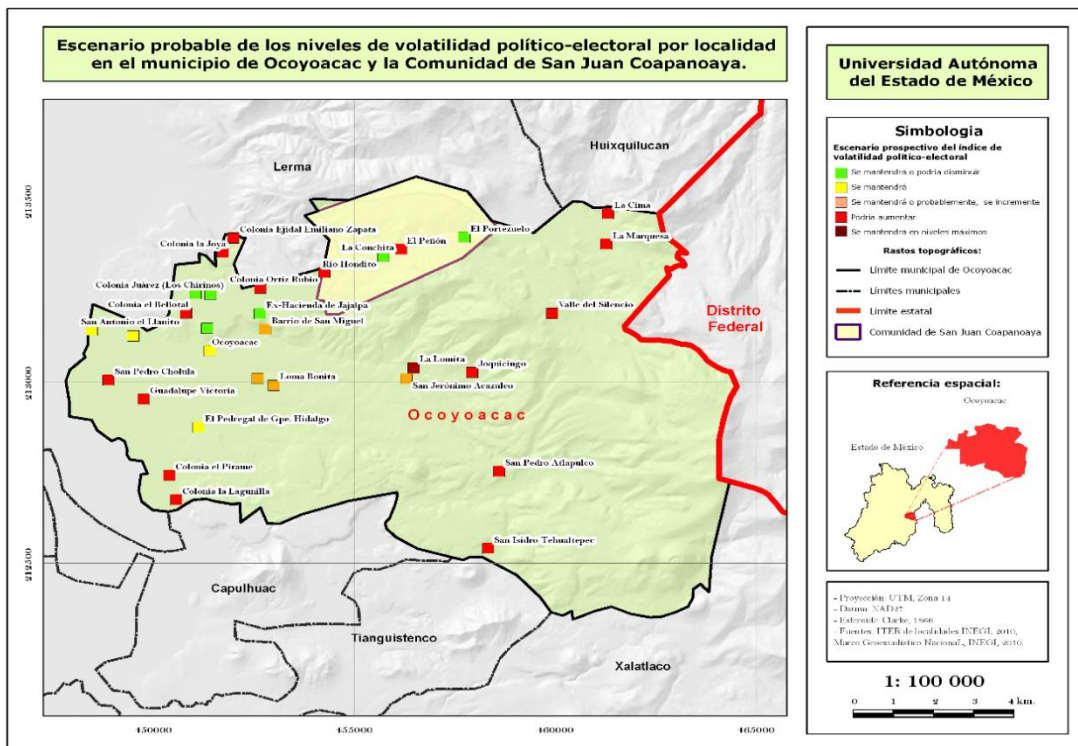
En los mapas que se presentan en las figuras 5 y 6, es posible observar que la volatilidad político electoral se incrementará en el municipio de Ocoyoac, al relacionarla con los mapas de marginación, es posible inferir que las localidades donde la marginación incrementará, también lo hará la volatilidad político electoral.

Figura 5. Volatilidad político electoral en la zona de estudio (1993-2012)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 6. Volatilidad político electoral en la zona de estudio (2020)



Fuente: Elaboración propia, 2015

3.3 Escenario de la Dimensión Ambiental.

Las premisas que se consideraron para generar un escenario de cambio en la cobertura vegetal, fueron las siguientes: 1) los valores nulos, en los mapas de cobertura de 1989 y 2007, no se tomaron en consideración para el escenario. 2) Los pixeles de la categoría de “ocupación urbana y suelos desnudo”, que existen en mapa del año 1989 o en el mapa del año 2007, deben existir y estar presentes en el mapa del escenario propuesto. 3) En el extremo poniente del municipio hay una presencia significativa de clústeres de la categoría de “ocupación urbana y suelo desnudo”.

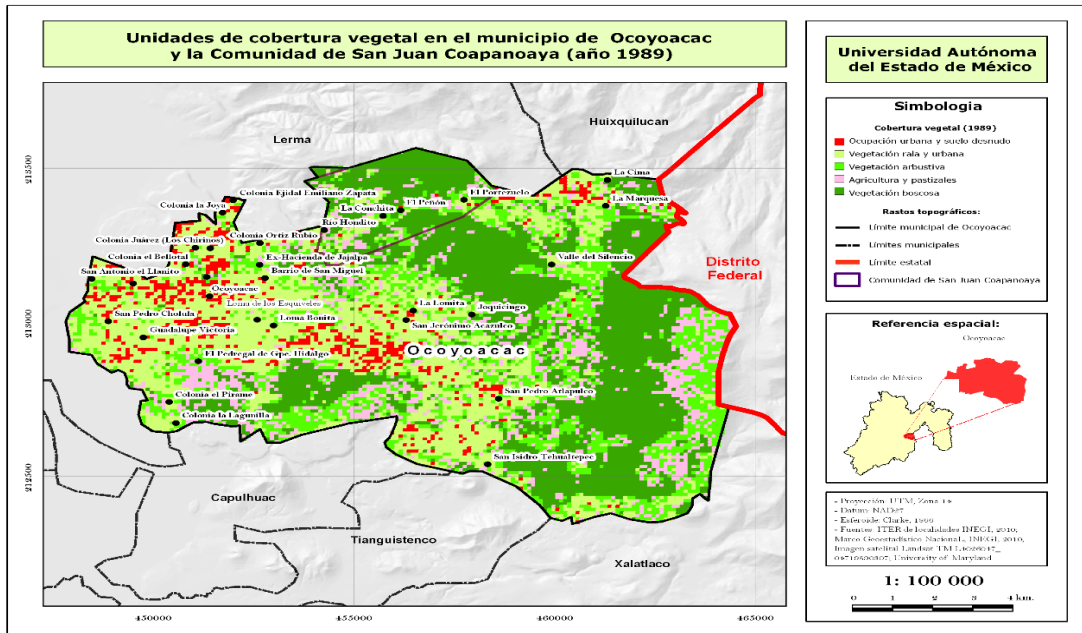
En ese sentido, se consideró que aquellos pixeles totalmente insertos dentro de clústeres de la categoría “ocupación urbana y suelos desnudo”, también pertenecen a esa categoría. 4) todos los píxeles que estén incluidos en zonas tipificadas como “agricultura y pastizales”, que existen en mapa del año 1989 y en el mapa del año 2007, deben existir y estar presentes en el mapa del escenario propuesto. 5) Los pixeles, que estuvieron totalmente insertos dentro de clústeres de la categoría “agricultura y pastizales”, también pertenecen a esa categoría, excepto pixeles previamente tipificados con el valor de “ocupación urbana y suelo desnudo”. 6) Los clústeres de la categoría “vegetación boscosa”, que existen en mapa del año 1989 y en el mapa del año 2007, deben existir y estar presentes en el mapa del escenario propuesto, excepto en aquellos pixeles tipificados previamente con las categorías “ocupación urbana y suelos desnudo” y “agricultura y pastizales”.

La premisa 7) Los clústeres de la categoría “vegetación rala y urbana”, que existen en mapa del año 1989 y en el mapa del año 2007, deben existir y estar presentes en el mapa del escenario propuesto, excepto en aquellos pixeles tipificados previamente con las categorías “ocupación urbana y suelos desnudo” y “agricultura y pastizales”. 8) Los clústeres de la categoría “vegetación arbustiva”, que existen en mapa del año 1989 y en el mapa del año 2007, deben existir y estar presentes en el mapa del escenario propuesto, excepto en aquellos pixeles tipificados previamente con las categorías “ocupación urbana y suelos desnudo” y “agricultura y pastizales”. 9) Para los pixeles sin clasificar se usó el mismo valor del mapa del año 2007, de acuerdo a la siguiente jerarquía de establecimiento de valores: “ocupación urbana y suelos desnudo”, “agricultura y pastizales”, “vegetación rala y urbana”, “vegetación arbustiva”, “vegetación boscosa”

Con la definición de las premisas anteriores, se ejecutó el módulo y el modelo definido por las premisas, generando con ello un escenario de prospección para el año 2016. A diferencia de los modelos ordinarios donde se deja al programa de computadora la decisión de los criterios de agrupamiento, el modelo ayudó a generar un escenario basado en las premisas mencionadas, haciendo uso de secuencias de programación. En los mapas que se presentan en las figuras 7,8 y 9, es posible observar la evolución que ha tenido el crecimiento de la mancha

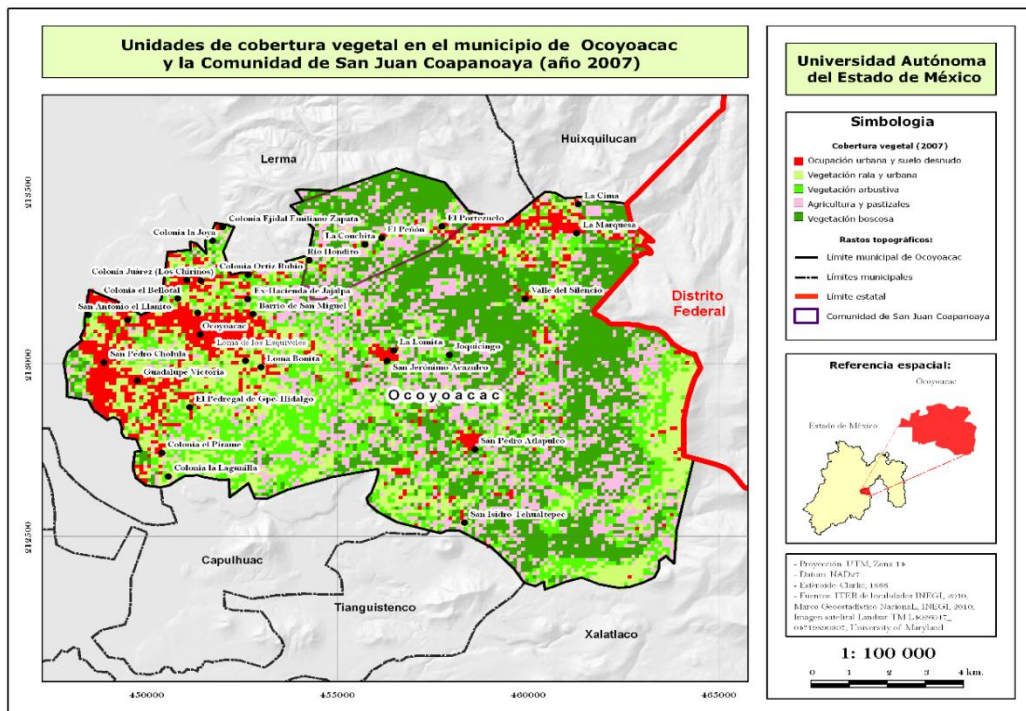
urbana en el municipio de Ocoyoacac, así como la disminución de la cobertura forestal.

Figura 7. Unidades de cobertura vegetal en la zona de estudio (1999)



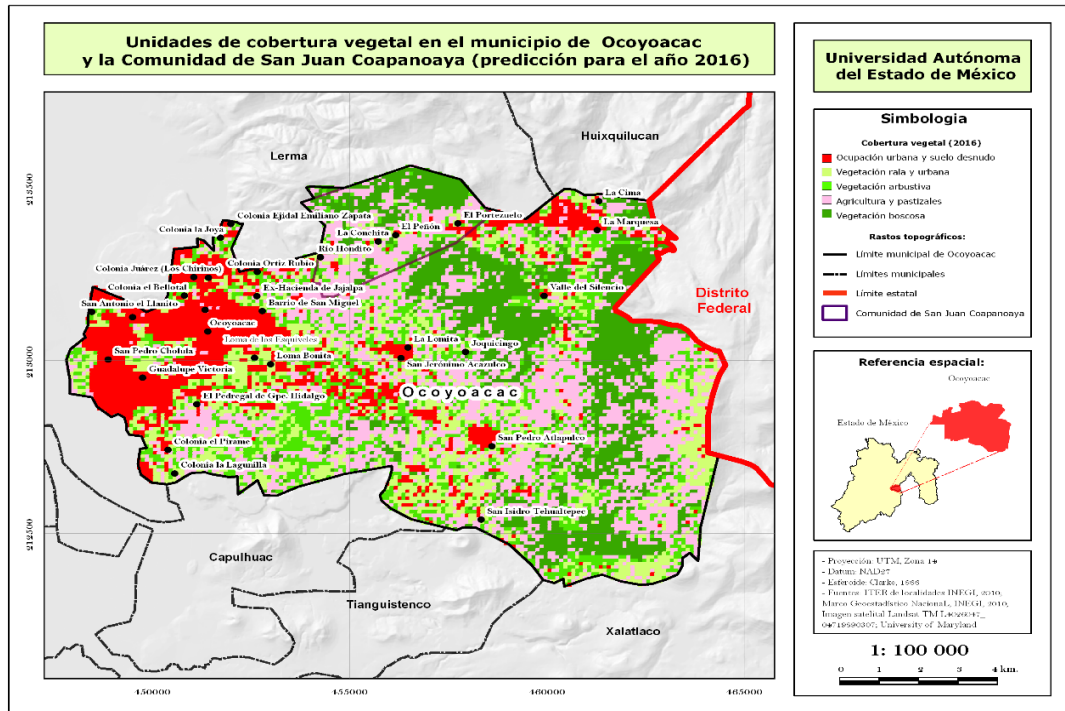
Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 8. Unidades de cobertura vegetal en la zona de estudio(2007)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 9. Unidades de cobertura vegetal en la zona de estudio (2016)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Conclusiones

Uno de los aspectos importantes que resultaron durante la investigación, es que los índices de marginación incrementara en más del 75% de las localidades del municipio, incluyendo a los habitantes del comunal de San Juan Coapanoaya, esto es un elemento preocupante, ya que la calidad de vida de los habitantes disminuirá y esto como consecuencia generará un mayor impacto sobre los recursos naturales del municipio y del comunal.

De acuerdo con los índices de la evaluación prospectiva, tanto en el municipio como en el comunal son muy bajos esto es como resultado de la baja productividad para el caso del comunal, así como la deficiente organización que se tiene y la dependencia de los factores ambientales para la producción, así como la escasez de recursos de las diferentes instituciones de los tres niveles de gobierno.

En la presente investigación analizaron las conexiones que existen entre la escala municipal, el municipio de Ocoyoacac y la escala local la comunidad de San Juan Coapanoaya, por lo que es importante reconocer esos vínculos, para esto es necesario el fortalecimiento de las instituciones en los dos niveles de escala, esto con la finalidad de realizar un uso sustentable de los recursos en ambas escalas. Pero para que esto se pueda realizar es necesario que el nivel municipal haga una distribución de los beneficios por igual, para que se lleve a cabo es necesario que el municipio implemente políticas y mecanismos para generar el desarrollo de sus comunidades.

Y en el nivel del comunal de San Juan Coapanoaya es importante que se identifiquen los vínculos que promueven el manejo sustentable de los recursos naturales. Ya que en esta comunidad las principales preocupaciones son el aumento de la productividad de sus parcelas, así como el cuidado de sus bosques.

BIBLIOGRAFÍA

Boisier, S., (1988): “Las Regiones como Espacios Socialmente Construidos” en Revista de la CEPAL, N° 35.

Campos J. (2009). *La geografía de la marginación: enfoque conceptual y metodológico alternativo para el caso de México*. Tesis de Doctorado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2005). *Índices de Marginación a nivel localidad 2005*. CONAPO. México.

Di Matteo M, Dandy Graeme C., Maier Holger R. 2017. A multi-stakeholder portfolio optimization framework applied to stormwater best management practice (BMP) selection, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 97, , Pages 16–31

IFE (Instituto Federal Electoral). (2009). *Guía para el uso e interpretación de los productos cartográficos*. Registro Federal de Electores. México.

Gadiga, B. 2015. Monitoring the Spatio-Temporal Dynamics of Vegetation Cover in Mubi Region, Adamawa State, Nigeria. *Journal of Geographic Information System*, 7, 598-606. doi: [10.4236/jgis.2015.76048](https://doi.org/10.4236/jgis.2015.76048).

González Murguía, Rene; Treviño Garza, Eduardo Javier; Aguirre Calderón, Óscar Alberto; Jiménez Pérez, Javier; Cantú Silva, Israel; Foroughbakhch Pournavab, Rahim Foroughbakhch. 2004. Rodalización mediante sistemas de información geográfica y sensores remotos, *Investigaciones Geográficas (Mx)*, núm. 53, pp. 39-57.

Gutiérrez C., J.G., (2014), “Participación Social y la Ordenación del Territorio”. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Massiris, C. A. (2006), “Prospección y Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Integral de la Cuenca del Río Sinú (Córdoba, Colombia) Universidad de Córdoba, 06 de abril de 2013.

Miklos, T. (2008), “Prospección y Escenarios para el Cambio Social”, revista UNAM Planeación Prospectiva, D.F. México, Pág. 3

Pacheco, L. (1999). "Del dominio priista a la pluralización del voto", en *La geografía del poder y las elecciones en México*. Plaza y Valdez Editores, Instituto Federal Electoral. México.

Rodríguez G. (2012). *Sistema de consulta electoral para el Estado de México. Periodo 1990-2009*. Tesis de Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). México.

SEMARNAT, INE, y UNAM (2006), "Indicadores para la Caracterización y el Ordenamiento Territorial". México: 1^{ra} Edición, Ed, UNAM, D.F., México.

Thorp, K.R, Bronson, K.F. 2013. A model-independent open-source geospatial tool for managing point-based environmental model simulations at multiple spatial locations, *Environmental Modelling & Software* Vol. 50, Pages 25-36

Valdez, M. (1999). "El voto en Guerrero. Elecciones locales de 1999", en *La geografía del poder y las elecciones en México*. Plaza y Valdez Editores, Instituto Federal Electoral. México.

Yagoub, Y. , Bo, Z. , Ding-min, J. , Jahelnabi, A. and Fadoul, S. 2015. Land Use and Land Cover Change in Northeast Gadarif State: Case of El Rawashda Forest, Sudan. *Journal of Geographic Information System*, 7, 140-157. doi: [10.4236/jgis.2015.72013](https://doi.org/10.4236/jgis.2015.72013)

3.4 RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 Escenario deseado en las dos escalas. Indicadores y métodos

La generación del escenario correspondiente a la localidad de San Juan Coapanoaya consistió en la realización de encuestas a líderes de la comunidad para conocer cómo se imaginaban el comunal en el futuro, posteriormente se analizaron las respuestas y se obtuvieron los indicadores decisivos de la comunidad. De la misma manera la generación del escenario correspondiente al municipio de Ocoyoacac, consistió en la realización de encuestas a líderes del municipio para conocer cómo se imaginaban el municipio en el futuro, posteriormente se analizaron las respuestas y se obtuvieron los indicadores decisivos del municipio. Con base a esos indicadores se plantea el escenario deseado.

La selección de atributos generales para la evaluación del escenario deseado en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México, se muestran en el Cuadro 7.

<i>Cuadro 7. Determinación de objetivos y criterios para la evaluación prospectiva en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México.</i>		
Atributo	Objetivo	Criterio
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción de la comunidad
		Carácter de la producción de la comunidad
		Autosuficiencia alimentaria
		Labores de retorno
		Independencia de entradas externas
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Diversidad de actividades	Ingresos de la Comunidad
	Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos	Riesgo de pérdida de cultivos
		Tiempo de recuperación de la pérdida de producción
Autogestión	Mayor capacidad de organización	Participación
	Recuperar zonas en litigio	Autosuficiencia

		Control
Autoorganización	Mejorar los procesos de toma de decisiones	Organización comunitaria
Equidad		Distribución de beneficios y toma de decisiones.
		Grado de democratización

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el cuadro 8 se presentan los atributos generales por objetivos, para la evaluación del escenario deseado en la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Cuadro 8. Determinación de objetivos y criterios para la evaluación prospectiva en la escala municipal, para el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Atributo	Objetivo	Criterio
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción municipal
		Autosuficiencia alimentaria
	Utilización de abonos orgánicos	Contaminación del agua
	Mantener la productividad agrícola	Riesgos de la producción
	Disminuir la deforestación	Degradación del suelo
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Capacitación a productores	Mecanismos comunales de control y manejo de recursos naturales
	Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima	Variación de la producción debido a la variación del clima
	Mantener la productividad	Diversidad de actividades
Autogestión	Incrementar la capacidad de organización	Control
Autoorganización		Organización
Equidad		Distribución de costos, beneficios y toma de decisiones.

Fuente: Elaboración propia, 2015

3.1 Escenario deseado

El escenario deseado a través de la participación social se logra mediante la organización social de los principales actores sociales que tengan influencias políticas, económicas, culturales, religiosas, etc. de esta forma la idea de las personas, hace que el rumbo de la organización tenga éxito (Gutiérrez, 2013).

3.1.1 Escenario deseado a nivel de localidad

De acuerdo con los resultados obtenidos por las encuestas aplicadas a líderes de la comunidad; realizando prospección participativa para el *ISs 1 Producción* se visualiza que uno de los escenarios posibles es incrementar la productividad de sus tierras de cultivo, dado que las superficies que cultivan son reducidas, y esto toma relevancia debido a que la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo debe ser adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar, y en el caso de los bienes comunales las superficies de cultivo van de 1 ha a 5 ha en el 80% de los encuestados, por lo que para ellos es necesario aumentar la productividad de sus cultivos, para poder tener una autosuficiencia alimentaria.

En relación con el *ISs 6 Dependencia de recursos externos*, tienen interés en diversificar sus cultivos, ya que si la producción alimentaria es diversificada es más probable que alcance para satisfacer la demanda de alimentos para las familias del comunal, para alcanzar este objetivo ellos consideran pertinente el establecimiento de invernaderos y de esta manera también disminuir la pérdida de cultivos por los efectos climatológicos. Para algunos de ellos la diversificación de cultivos implica la plantación de árboles de navidad, esto con la finalidad de aumentar sus ingresos familiares, otros comuneros planean producir animales para engorda y producción de leche.

Otro de los aspectos importantes para la comunidad relacionados con el *ISs 14 Práctica de técnicas agro ecológicas*, uno de los aspectos a resaltar son las actividades relacionadas con el cuidado del bosque, ya que si se mantiene la cobertura del bosque, disminuye el riesgo de erosión, y dado que la mayor parte del territorio de la comunidad está cubierta por bosque es de suma importancia su cuidado, ya que en el año 2014 y 2015 recibieron un apoyo del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México en una superficie de 296 ha. Esto da evidencia de la relación entre los ISs seleccionados, ya que este escenario se relaciona con los *ISs 3 Ingresos, 17 Acceso a créditos, seguros, u otros mecanismos de financiamiento; y 19 Distribución de utilidades y beneficios.*

En cuanto *al ISs18 Mecanismos de toma de decisiones (número de comités y comisiones)* tiene relación con los *ISs 15 Asistencia a asambleas y otros eventos (eventos/año)*, *16 Mecanismos de planeación, ejecución y vigilancia* y *19. Distribución de utilidades y beneficios (\$/persona/anual)* los mecanismos de toma de decisiones en la comunidad que ellos visualizan a futuro, será de vital importancia el establecer una mejor organización para tomar decisiones que mejoren el cuidado de su zona forestal y seguirla conservando como está o aumentar su cobertura forestal. Para gestionar y obtener más recursos financieros y diversificar los proyectos en su área forestal y así obtener más beneficios de su zona boscosa, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población, y que los jóvenes en el futuro se involucren más en el cuidado y conservación de sus territorio, ya que ellos van a ser los futuros dueños del Comunal.

3.1.2 Escenario deseado a nivel de municipio

De acuerdo con los resultados obtenidos por las encuestas aplicadas a líderes del municipio; realizando prospección participativa para el *ISs 1 Total de Producción* se visualiza que uno de los escenarios posibles es incrementar la productividad de sus tierras de cultivo, este ISs se relaciona con los *ISs 3 Producción de maíz/Población en actividades primarias(-)* y *4 Producción de maíz/Población total municipal (-)*, esto es de vital importancia, ya que también es uno de los objetivos que se plantearon los diferentes actores sociales del municipio, para satisfacer la demanda de granos para su consumo, esto también tiene relación con los *ISs 5. Uso de fertilizantes*, *6. Uso de plaguicidas* y *7. Área de no cosecha*, ellos visualizan el futuro haciendo uso de la misma cantidad de plaguicidas o menor, ya que cada vez es mayor el precio de estos y más difícil el poder adquirirlos, a menos que los subsidios por parte del gobierno sean mayores y tengan la posibilidad de ser acreedores de los mismos.

La actividad agrícola está localizado alrededor de la cabecera y en una zona importante al sureste dentro del área forestal, siendo éste de baja productividad por el tipo de suelo; teniendo solo un ciclo de cultivo agrícola de primavera - verano, esto debido a la humedad y la temperatura, el área agrícola que se

encuentra alrededor de la cabecera municipal cuentan con riego, pero no es suficiente para disminuir los efectos del clima, ya que si en el año agrícola se presenta escasez de agua esto se ve reflejado en la disminución de la producción de grano para el abasto del consumo familiar y la posible venta del excedente, y es en este punto donde se relaciona el *Iss 2. Valor de la producción* con el *ISs 8. Valor de la producción en años secos, ISs 9. Valor de la producción en años fríos, 10. Variación del valor de la producción con variación de temperaturas y 11. Variación del valor de la producción con variación de lluvias.*

De la misma manera el efecto de las bajas temperaturas que se presenta durante los meses de octubre a febrero las cuales provocan heladas en la zona y los cultivos no las toleran. Por lo que para ellos es importante seguir manteniendo sus niveles de producción o aumentarlos para poder mejorar su calidad de vida y depender menos de la compra de uno de los productos básicos de la base de su alimentación, y poder vender los excedentes de sus cultivos.

En cuanto a cómo visualizan los líderes del municipio en cuanto a la deforestación y cuidado de su zona forestal, tiene relación con el *ISs 12. Tasa de deforestación*, ellos visualizan su zona forestal conservada y realizando actividades de reforestación y cuidado del bosque, ya que representa una fuente importante de ingresos para su economía, sobre todo en la zona conocida como la marquesa, en donde se llevan a cabo actividades turísticas y es el bosque uno de los principales atractivos de la zona y tiene relación con los *ISs 13. Control de erosión y mejoramiento del suelo, 14. Reforestación y cuidado del bosque y 15. Regeneración de pastizales.*

Cabe destacar que dos ejidos y dos bienes comunales del municipio son beneficiados por el Programa de Pago por Servicios Ambientales implementado por el Gobierno del Estado de México, comprometiéndose por este hecho a cuidar sus recursos y realizar actividades para su conservación. Es en este aspecto en donde se relaciona con el *Iss 20. Beneficiarios del sistema.*

En lo que respecta al *ISs 16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos* los líderes municipales visualizan el municipio con más capacidad para regular el acceso a sus recursos y aprovecharlos de tal forma que no los degraden y puedan seguir con el usufructo de los mismos y que sus hijos puedan seguir haciendo uso de ellos de manera racional, esto tiene relación con los *ISs 17. Área bajo administración comunal* y *18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo*.

Para esto los líderes del municipio visualizan a las comunidades más organizadas para poder desarrollarse y esto se relaciona con el *ISs 19. Tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales*. Pero que sean organizaciones que realmente les ayuden a superar el rezago que tienen y distribuir de manera equitativa los beneficios que se obtengan del aprovechamiento de sus recursos naturales y es aquí donde se relaciona con el *ISs 21. Grado de democratización*.

Con base a los resultados de la investigación para la prospección participativa el escenario deseado para el Comunal de San Juan Coapanoaya es el de incrementar y diversificar su producción para satisfacer las necesidades de alimentación de los comuneros y de esta forma mejorar la calidad de vida, esto implica incorporar nuevas tecnologías como son la implementación de invernaderos para disminuir la dependencia del clima, ya que es un factor que influye de manera importante en los bajos rendimientos que se tienen en el Comunal.

En el municipio el escenario deseado es muy parecido, ya que también el escenario deseado es seguir manteniendo su productividad o incrementarla para mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio, otro de los aspectos importantes es la conservación de sus recursos forestales.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN GENERAL

4 DISCUSIÓN GENERAL

La sustentabilidad y desarrollo sustentable son nociones ampliamente usados actualmente en áreas de investigación, política, monitoreo y planeación. Las dos nociones son usadas en diferentes contextos (Ioannis et al., 2009). La aplicación y operación del concepto de sustentabilidad es una tarea cambiante, ya que este concepto ha sido el más vago de los paradigmas de la sociedad contemporánea (Sneddon et al., 2006; Speelman et al., 2007). Esta experiencia de evaluación de sustentabilidad en dos escalas espaciales, es un esfuerzo de concretar el concepto.

Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre Evaluación de Sustentabilidad, es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad a diferentes escalas de manejo. A nivel internacional y nacional se han realizado una variedad de investigaciones para evaluar la sustentabilidad. Con este estudio contribuimos en el ejercicio de evaluar la sustentabilidad de territorios diversos.

El planteamiento del problema en esta investigación parte de que se requieren experiencias concretas sobre evaluación de la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales integrando diferentes escalas espaciales. Las preguntas de investigación establecidas son: 1) ¿Cuáles son los objetivos de los actores sociales a nivel de localidad y a nivel de municipio que permitan derivar indicadores de sustentabilidad?; 2) ¿Cuáles son los escenarios ante diversos sistemas de manejo de recursos naturales en ambas escalas?; 3) ¿Cuáles son los indicadores de sustentabilidad más apropiados para evaluar la sustentabilidad a nivel de localidad y municipio?; 4) ¿Cómo se integran los indicadores obtenidos en diferentes escalas de análisis?; 5) ¿Cómo se desarrollan e integran los atributos generales o propiedades de sustentabilidad en diferentes escalas?

Como primer paso se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para las diferentes escalas respectivamente. En lo que se refiere a la contextualización del área de

estudio, fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales; y se realizó la identificación de los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las diferentes escalas.

Las herramientas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos son el desarrollo o uso de tipologías campesinas y la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos para manejo de recursos naturales.

Para involucrar a los actores sociales, la principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas relevantes de evaluación. Las escalas de análisis para evaluar sustentabilidad están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema, sus objetivos y de acuerdo a ello utilizan los recursos naturales de los que disponen y adoptan diferentes modos de producción, que se adaptan a sus creencias y cultura, pero que también son influidos por las instituciones de los diferentes niveles de gobierno (López-Ridauro, 2005). La consideración de los actores sociales fue una de las acciones iniciales en esta evaluación de sustentabilidad multiescalar.

Posteriormente se realizó la selección de atributos e indicadores en ambas escalas. Los atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, y el municipio de Ocoyoacac, Estado de México. Se trabajó con ocho atributos generales que son: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, autogestión, autoorganización y equidad, estos atributos se utilizaron para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y con ellos se realizó la derivación de los indicadores utilizados en el proceso de evaluación.

Después se hizo la determinación de métodos y unidades de medición. Los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en escala local. En este nivel de análisis la principal fuente de información fueron las

encuestas y entrevistas aplicadas a los habitantes de la comunidad. Sobre los métodos y unidades de medición para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal, la principal forma de obtención de la información fueron las estadísticas de fuentes gubernamentales.

La cuantificación e integración de indicadores han sido retos comunes en investigaciones y desarrollo de proyectos relacionados con la evaluación de sustentabilidad en el contexto de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales. Generalmente, son medidos, calculados o estimados series de indicadores, para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes, comúnmente incluyen el sistema actual y un sistema alternativo; una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinadas y aplicadas exitosamente (López-Ridaura, 2005). En esta investigación no fueron comparados sistemas de manejo, el objetivo fue la integración de escalas, con este fin se realizó una integración conceptual, metodológica y geográfica, en relación con los objetivos de los actores sociales, esto permitió comparar los indicadores de cada una de las escalas de análisis.

Voinov (2007) considera que hay un esfuerzo considerable para desarrollar indicadores de sostenibilidad (Moldan, 1995), pero los indicadores son números y en muchos casos valores cualitativos, que apenas ayuda en la definición, ya que son una medida universal para evaluar y comparar la sostenibilidad de sistemas. Sin embargo el análisis cualitativo sigue siendo útil, especialmente cuando operan en el nivel conceptual. En este caso la medición de los indicadores es de forma cuantitativa, pero al momento de hacer la integración de las dos escalas de análisis, se realizó de forma un tanto cualitativa.

Binder (2010) discute sobre los métodos aplicados en las últimas décadas para evaluar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, y concluye que se han destinado a superar algunas de las debilidades discutidas y proporcionar una evaluación integradora, total y holística de los sistemas agrícolas estudiados. En

su trabajo compara siete de estos indicadores basándose en métodos que representan la diversidad de los métodos desarrollados.

Para tener en cuenta los requisitos de la evaluación de la sustentabilidad mencionados, estructuró su método de análisis de la evaluación a lo largo de tres dimensiones: normativa, sistémica y de procedimiento (Wiek y Binder, 2005). Es decir, que explícitamente separan la cuestión de si un sistema está correctamente descrito por medio del conjunto de indicadores utilizados (sistémica); de la cuestión de cómo evaluar si el sistema estudiado es sustentable (normativo) y de cómo la evaluación se llevó a cabo (procedimiento). Para este trabajo de investigación, los indicadores se seleccionaron a partir de los objetivos de los principales actores sociales en las dos escalas de análisis; y así se aseguró que representan a estos objetivos, al hacer la evaluación.

Evaluar la sustentabilidad de los Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (SMRN) trasciende los estudios disciplinarios sobre procesos específicos y permite analizar de manera integral el funcionamiento de dichos sistemas, a fin de mejorar las oportunidades de éxito en el desarrollo de alternativas diseñadas para fortalecer su sustentabilidad (López-Ridaura, 2008). Para la presente investigación no se enfatizan alternativas de manejo, ya que los esfuerzos se concentraron en realizar la integración de las dos escalas de análisis.

Reed (2005) reconoce que un sistema no se puede evaluar sin tener en cuenta a los sistemas de los cuales depende, y a los cuales alternadamente dependen de él. Cornelissen (2003) considera a la sociedad como un todo, él considera las dos caras de la sustentabilidad, la cara hacia arriba, hacia los niveles más altos, es decir una sociedad como parte dependiente de un sistema global más grande; la cara hacia abajo, hacia su constitución, es de una sociedad como un todo autónomo. En este ejercicio, se trabajaron dos escalas de análisis: la municipal, en la que se toman las decisiones y se establecen políticas relacionadas al uso y manejo de los recursos; en la escala local, que es la comunidad, es donde se ejecutan esas políticas, y se realizan todos los procesos e interacciones, tanto

sociales, culturales, políticos y ambientales; es ahí donde se ilustra la complejidad del manejo de los recursos naturales.

Costanza (2007) afirma que para seguir avanzando, es necesario construir un marco que permita comprender la gama completa de los derechos humanos y las interacciones en el medio ambiente y cómo afectan el desarrollo social y capacidad de recuperación. Ahora se cuenta con la capacidad para desarrollar este marco en forma de modelos más global e integrada, la combinación de enfoques de la dinámica de los sistemas geofísicos, y los modelos basados en agentes para aplicar enfoques, incluyendo juegos de simulación y análisis de escenarios. En este estudio se generaron escenarios participativos, en los que se plasma la visión futura de la comunidad y el municipio, pero también se elaboraron escenarios tendenciales en el ámbito político electoral, la marginación desde un enfoque social y la cobertura forestal desde la visión ambiental, aspectos de importancia para la conservación y manejo de recursos naturales, en las dos escalas de análisis.

Lovell *et al.* (2002) citan ejemplos que aportan análisis de escalas temporales biofísicas e institucionales, sus contextos y dinámicas físicas y sociales; y resaltan que los enfoques serán invariablemente específicos para la localidad y el tiempo hasta cierto grado. Los estudios en cada programa temático deben enfocarse a dos niveles: 1) estudios estratégicos que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado, y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional; y 2) estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones clave o vacías de conocimiento, en que deben concentrarse para la interconectividad de escalas. En este sentido, el escalado es complejo de realizarlo debido a que los indicadores no son los mismos en las diferentes escalas de análisis, dado que las prioridades y objetivos son diferentes en cada nivel de análisis y de acuerdo a los diferentes actores sociales.

López-Ridaura *et al.* (2005a) presentan de forma preliminar un novedoso Marco Metodológico Multiescala para la Evaluación de Sustentabilidad (MMMEES); en este, la estrategia para derivar indicadores está basada en la definición de impacto, para los diferentes organismos institucionales interesados y sus principales objetivos y limitaciones. En esta investigación se retomó este marco metodológico para la derivación de los indicadores e identificación de los objetivos de los actores sociales en las escalas de análisis estudiadas.

De acuerdo con López-Ridaura *et al.* (2005a) existen atributos específicos derivados de tendencias disciplinarias, y aquellos que pueden ser considerados apropiados a cualquier sistema, independiente de la escala de análisis o del enfoque disciplinario. Aún estos pueden ser clasificados en dos tipos: a) aquellos que se refieren al funcionamiento del sistema en un ambiente específico, independiente de los cambios en su funcionamiento interno y en las interacciones con el ambiente y otros sistemas coexistentes (productividad, eficiencia, reproducibilidad, existencia y efectividad); y b) aquellos que se refieren al funcionamiento continuo del sistema cuando enfrenta cambios en su funcionamiento interno, en su ambiente y en otros sistemas coexistentes (estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, coexistencia y seguridad). Para este caso se consideraron dos más, que son la autogestión y la autoorganización; estos se relacionan con los aspectos sociales sobre como gestionan el uso y manejo de sus recursos, así como con el nivel de organización que se tiene al interior de las sociedades.

Sólo entendiendo las relaciones ó conexiones entre diferentes escalas será posible formular, por una parte alternativas de manejo y por otra parte políticas de desarrollo que optimicen la sustentabilidad total de los SMRN (Reintjes *et al.*, 1992). Ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico (Conway, 1994). De Camino y Muller (1993) proponen diversos niveles espaciales de estudio y aclaran que los ISs deben adaptarse a cada uno de ellos. En esta investigación los indicadores son diferentes en cada una de las escalas,

ya que obedecen a los objetivos de los diferentes actores en cada una, y los indicadores se derivaron de acuerdo a los objetivos de los diferentes actores.

Lovell *et al.* (2002) afirman que el manejo integrado de recursos naturales (MIRN) es complejo y deben ser apuntadas muchas interacciones; consecuentemente la escala de investigación puede restringir la generalidad y utilidad de los resultados. La presente investigación estuvo enfocada a entender esas relaciones y conexiones en las dos escalas de análisis; y a determinar cómo influyen las políticas que se implementan en los niveles superiores como es el municipio y el estado y cómo repercuten en el uso y manejo de los recursos. En la escala local, para el caso de la comunidad, una política de protección al ambiente implementada a nivel estatal, restringe a los habitantes del comunal para el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales.

Para Lovell *et al.* (2002) la escala ha sido definida como “tamaño o grado relativo”, y por ello es una característica dimensional tanto de espacio, como de tiempo de una observación, un proceso o un modelado del proceso; es una indicación de un orden de magnitud, más que un valor específico. Los problemas de escalado relacionados a tiempo, espacio, instituciones y ambientes han sido apuntados por diversos investigadores quienes han propuesto diversas soluciones; se han discutido diversos aspectos de las escalas temporales, biofísicas e institucionales, enfatizando el “fuera de escala”, el cual es utilizado para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares; lo que es replicación a la misma escala pero en diferentes localidades. Este involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

En este estudio nos adaptamos a los límites de tipo administrativo que es la escala municipal y de la localidad y se trabajó de forma directa con los actores sociales para determinar sus objetivos y en base a ello se determinaron los indicadores.

Es en este sentido que en las últimas décadas, ha habido importantes avances en el desarrollo y la aplicación de metodologías para la evaluación de sustentabilidad y el uso de indicadores a diferentes escalas de análisis. Este rápido avance en el

desarrollo de metodologías para evaluar la sustentabilidad desarrollado por tantas diferentes instituciones y organizaciones, e impulsado desde tantas disciplinas y a tantas diferentes escalas de análisis, brinda una idea de lo importante que han sido los conceptos de sustentabilidad y desarrollo sustentable en la adopción de nuevas perspectivas de análisis, integrales e interdisciplinarias hacia los SMRN (López-Ridaura, 2005).

Los avances que se tienen en las metodologías que se han desarrollado para la evaluación a diferentes escalas han ayudado a entender la problemática en cada una de las escalas, pero la dificultad que se tiene para articular las escalas, es uno de los principales problemas con los que nos enfrentamos en esta investigación; dado que los indicadores en las dos escalas de análisis no son los mismos, ya que los objetivos de los actores sociales en cada una son diferentes. Esto fue subsanado con la integración metodológica y geográfica, en donde se realizó una integración política, social y ambiental, permitiendo entender esas relaciones entre las dos escalas.

En México se han realizado investigaciones sobre evaluación de sustentabilidad a nivel local y regional, pero no se han realizado trabajos en los que se hayan desarrollado marcos de evaluación de la sustentabilidad a diversas escalas de análisis, ya que los actores interactúan operando a diferentes escalas. Por lo que en este trabajo de investigación, se pretende cuantificar e integrar los indicadores de las distintas escalas de análisis.

Osorio (2009) afirma que el atributo de Múltiples Escalas se refiere a la existencia de un orden jerárquico entre los elementos de un sistema y por tanto, entre las relaciones establecidas dentro de sus límites. Los diferentes niveles se pueden encontrar, por lo que la reducción de subsistemas aparece, y estos pueden ser a su vez, subsistemas que integran los sistemas de mayor importancia (suprasistemas). Esta es una de las características más exigentes para ser analizadas en sistemas complejos, ya que con el fin de ser comprendidos, es necesario determinar las relaciones entre los componentes en los diferentes niveles de los

sistemas (sub-niveles), pero al mismo tiempo, es indispensable conocer las relaciones entre los diferentes niveles de los supra sistemas. Evidentemente, esta situación es un ejemplo de la incertidumbre inherente a los sistemas complejos. En esta investigación la continua y permanente investigación en campo, basada en observación directa y en entrevistas estructuradas y no estructuradas, permitió al final integrar las escalas y determinar las relaciones entre los componentes y niveles

Kok (2007) afirma que mediante el uso de métodos participativos, los políticos y otros actores sociales, pueden contribuir directamente en evaluaciones futuras, y así estar en mejores condiciones para ayudar a dar forma al futuro y adaptarse a condiciones cambiantes. Al mismo tiempo, los actores sociales a escalas diferentes tienen diferentes perspectivas, los ganadores y los perdedores pueden diferir en escala; y presentar diferentes problemas y oportunidades en las diferentes escalas. Los escenarios multiescala deben tomar estas cuestiones en cuenta, y así pueden aportar un valor añadido particular, cuando se evalúan las interacciones a través de escalas y sus posibles ventajas y desventajas. En esta investigación se tomaron en cuenta a los diferentes actores políticos en las dos escalas de análisis, para poder hacer compatibles esos objetivos.

Ludwig (2005) propone un procedimiento para interpretar y corregir los desajustes de las fortalezas de las acciones de gestión transversal de escala que afectan a la resiliencia de un sistema. Amplía un procedimiento existente de análisis de resiliencia de cuatro pasos (Walker et al. 2002), enfocándose en las interacciones entre escalas y sus efectos. Retoma la pregunta formulada por Carpenter, et al. (2001) ¿la resiliencia, de qué, y en qué escala? El análisis de la resiliencia a través de escalas incorpora las posibles formas de mejorar la resiliencia de un sistema mediante el establecimiento de una mayor uniformidad y equilibrio en los puntos fuertes a través de las escalas, con medidas de gestión que afectan a cada atributo clave que se trate. Utiliza tres ejemplos de una región de pastizales en el norte de Australia para ilustrar una aplicación del análisis de la resiliencia a través de escalas.

Termeer (2010) concluye que a pesar de que la escala no es un tema nuevo, su importancia ha crecido a lo largo de los últimos años, y desempeña un papel clave en la investigación interdisciplinaria sobre sistemas socioecológicos para los gobiernos. Esto puede explicarse por el aumento en la preocupación sobre los problemas de sustentabilidad en el contexto de un mundo globalizado. Problemas como el cambio climático, las sequías y las inundaciones, la contaminación, y amenazas a la biodiversidad, trascienden las jurisdicciones tradicionales y alcances de las organizaciones, y se extienden a través del nivel de escala local al nivel global (Dietz et al., 2003). Los científicos ambientales han desarrollado un creciente interés en temas de gobernabilidad y proponen programas interdisciplinarios que incluyen temas de escalas. (Young, 2002; Biermann, 2007; Folke et al. 2007; Young et al. 2008). Es necesario que se realicen más investigaciones multiescala en nuestro país, para entender esas relaciones e implementar políticas que integren diferentes escalas.

Cash (2006) concluye que en la actualidad existe una diversidad de herramientas, enfoques y medidas para el estudio de la escala y los fenómenos relacionados con la escala. En contraste con este progreso, se reconoce que existe todavía relativamente poca comprensión de los mecanismos dominantes de interacción a través de escala, especialmente cuando los análisis van más allá de los enfoques convencionales: espacial, temporal y bajo escalas jurisdiccionales. En la presente investigación lo más difícil fue identificar esas interacciones entre las dos escalas de análisis, la metodología seguida para realizarla consistió en la integración conceptual, metodológica, de los objetivos en las diferentes escalas y la geográfica, esta última fue posible gracias a la constante interacción que se tuvo con los actores sociales de la comunidad y del municipio, además de la continua y sistemática investigación en campo, mediante entrevistas estructuradas y no estructuradas, así como la observación directa en campo.

Kok (2011) afirma que las políticas tienen muchos impactos no previstos sobre los sistemas socio-ecológicos a diferentes niveles de escalas espaciales y temporales. En parte debido a esto, la relación entre la escala y el gobierno ha

sido y sigue siendo muy debatida en diversas disciplinas científicas. Aunque hay dos distintos vocabularios, ambos enfoques parecen estar confrontados para llegar a un acuerdo sobre un cambio que incluya elementos comunes.

La inclusión de los diferentes problemas que condicionan el desarrollo de la población en las diferentes escalas, es un tema de suma importancia que se debería de tomar en cuenta al momento de implementar las políticas en los diferentes niveles de gobierno, para poder transformar la realidad de la población.

Pelosi et al y Veldkamp et al. Citado por Kok (2011) proponen que adicionalmente a estos enlaces directos entre la política y los Agroecosistemas, en diferentes escalas espaciales, a menudo las consecuencias temporales inesperadas e imprevistas en los sistemas socio ecológicos, existen o tienen su origen en las interacciones de múltiples escalas dentro de estos sistemas. Estas observaciones se ajustan bien dentro de una larga historia de decepciones en la política y la gestión relacionada con el medio ambiente.

Van (2011) discute que la cuestión de escala es una característica cada vez más importante en los complejos problemas de sustentabilidad, y en los procesos políticos que lo dan por sentado. Sin embargo, la escala en la que se define un problema, así como la escala en la que debe ser resuelto son cuestiones polémicas. La formulación de un problema local, regional o global, no omite sus consecuencias e influye en los procesos de inclusión y exclusión. Poco se sabe acerca de los efectos de diferentes procesos de toma de decisiones, en el comportamiento de los actores a diferentes escalas.

Nosotros consideramos que la relación que existe entre el gobierno y la escala son de vital importancia, ya que las políticas que se implementan o gestionan en los diferentes niveles de gobierno, influyen para el manejo y aprovechamiento de los recursos existentes en cada región, pero también debería ser un detonante para el desarrollo de las comunidades asentadas en cada escala de análisis.

Young (2006) analiza como los regímenes ambientales y de recursos, que operan a diferentes niveles de organización social, varían en función de factores tales como las fuentes de comportamiento de los actores, el conocimiento a disposición de los actores, el funcionamiento de los mecanismos de cumplimiento, el uso de instrumentos de política, y de la naturaleza del entorno social. Las interacciones a nivel transversal entre los regímenes dependientes de la escala pueden resultar en patrones de dominancia, la separación, la fusión, el acuerdo negociado, o la modificación del sistema.

Cavender (2015) propone que deben abordarse las diferentes escalas en las que se prestan diversos servicios y en las que aportan bienestar al ser humano. Las complejas interacciones entre escalas y entre los factores favorables; así como los obstáculos hacia la sustentabilidad; la escala tecnológica y de tenencia de los derechos locales o globales; y los precios del mercado mundial del turismo, dentro de cada contexto particular, todavía necesitan ser más claramente entendidas. Este estudio es un esfuerzo de abordaje sobre estas complejas temáticas, que pueden incidir en el bienestar de la sociedad y en los habitantes de localidades de diferentes tamaños.

Lebel (2005) afirma que las escalas son un producto de un conjunto de procesos sociales y biofísicos. La metáfora de la política de escala, ha sido útil para llamar la atención sobre las formas en que las opciones de escala están limitadas abiertamente por la política; y más sutilmente por las opciones de tecnologías, diseños institucionales y medidas. Reconoce que los intereses de los actores se adaptan a lo largo de varias escalas sociales espaciales, temporales y jurisdiccionales.

Zia (2011) discute sobre las escalas local, nacional e internacional, y analiza las políticas de escala que derivan de la aplicación de alternativas de manejo, con diferentes combinaciones de objetivos de conservación y desarrollo de los sistemas socio ecológicos. Él concluye que la cuantificación de valores de compensación a través de las escalas, puede proveer información útil en el futuro

para el diseño de mecanismos de política, que transfieran beneficios de organización social de los niveles internacional y nacional a lo local; e invertir el actual curso de políticas de escala, en la gestión de sistemas socio ecológicos.

En esta región las políticas de conservación, cuidado y aprovechamiento de los recursos naturales, se dictan a nivel nacional y obedecen a políticas a nivel internacional, pero que al momento de implementarse en los niveles más bajos, en muchas de las ocasiones no se toma en cuenta a las comunidades locales, por lo tanto quedan en un estado de marginación y abandono, ya que como en el caso de la escala local de este estudio, no pueden hacer uso de esos recursos y eso los sumerge en un estado de pobreza y expulsión de los habitantes de su lugar de origen.

Biggs (2007) argumenta que un número cada vez mayor de estudios de escenarios pueden ser etiquetados como "multiescala". Estos se refieren a los ejercicios que consisten en un conjunto de escenarios vinculados, construidos en dos o más escalas. Aunque la mayoría de los escenarios, son realizados en una sola escala de participación de los interesados y consideran los factores que operan a escalas múltiples, no consideramos estos escenarios como multiescala.

Los ejercicios de escenarios a escala múltiple, se desarrollan en varias escalas, por ejemplo mundial y nacional, y son vinculados entre sí en algún grado. En un extremo, historias a diferentes escalas pueden ser en gran medida desarrolladas de forma independiente y sólo débilmente vinculados. En el otro extremo, las historias pueden ser desarrolladas desde una fuerza unida, de manera iterativa para que sean compatibles a través de escalas, e incorporar reacciones a través de escalas.

Las motivaciones para el desarrollo de escenarios a múltiples escalas de participación de los interesados, permiten comprender las fuerzas motrices, los procesos, las perspectivas, y las respuestas a múltiples escalas. En este trabajo se analizaron esas relaciones que se tienen entre los niveles inferiores y los superiores; y cómo influyen en el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos

naturales; pero también la influencia que tiene la toma de decisiones y la implementación de políticas en los niveles superiores y como impactan en los niveles más bajos.

Yagoub *et al.* (2015) realizaron una investigación en la que los objetivos principales fueron detectar el uso de la tierra y el cambio de cobertura de la tierra, utilizando técnicas de teledetección, y posteriormente identificar las causas de la degradación de los pastizales y la cubierta arbórea en el bosque. Gadiga (2015) monitoreó la dinámica de la vegetación, con el fin de entender el estado de la cubierta vegetal y sugerir posibles medidas de conservación.

En este estudio se aborda la prospectiva mediante la utilización de sistemas de información geográfica para determinar el índice de marginación, así como la volatilidad electoral y las unidades de cobertura vegetal en la escala municipal y local, con la finalidad de visualizar los posibles escenarios en las dos escalas, esto es importante, ya que nos permite identificar de acuerdo a las condiciones actuales las posibles condiciones en las que se encontrarán en el futuro, el municipio como la localidad; y con base en esto dictar acciones para conservar los recursos naturales del área de estudio, y así mejorar las condiciones de vida de la población.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

El funcionamiento de los SMRN está determinado por una compleja red de procesos sociales, económicos y ambientales que se desarrollan en diferentes escalas espaciales y temporales.

Para ello es necesario reconocer la diversidad que existe dentro de una misma escala de análisis, que a la vez la constituye como un elemento fundamental en los vínculos que existen entre la sociedad y la naturaleza, al utilizar los recursos para satisfacer sus necesidades básicas. En este sentido, el espacio o territorio es usado y transformado por los pobladores que tienen condiciones económicas, sociales y culturales diferentes, pero también se ubican espacialmente en diferentes escalas y juegan un rol diferente con otros actores sociales, con quienes pueden compartir ese espacio, generando esos vínculos y relaciones, en las cuales unos son beneficiados y otros son afectados en sus intereses.

Estas relaciones y vínculos pueden generarse sin que haya coincidencias o conciencia, sobre la forma como se percibe y se transforma su espacio, y en donde cada actor social genera su propia visión del territorio en el que habita.

La metodología utilizada, permitió identificar la problemática, social, ecológica y económica de los sistemas en las dos escalas de trabajo. Esto fue posible mediante el establecimiento de los objetivos de los actores sociales en ambas escalas, para posteriormente establecer los indicadores para cada una de las escalas y que se adaptaran a cada una de las escalas de medición, por lo que los indicadores son diferentes en cada una de ellas; esto permitió realizar la evaluación de acuerdo con los criterios ecológicos, sociales, ambientales, económicos, establecidos para realizar una evaluación de sustentabilidad.

Para realizar la integración conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores fue necesario estudiar a fondo primeramente los sistemas por separado; esto generó un grado de dificultad, por que como se mencionó anteriormente los indicadores son diferentes en cada una de las escalas, por lo

que al momento de hacer la integración no correspondían totalmente los indicadores. Para ello se agruparon de acuerdo a criterios ecológicos, sociales, ambientales y económicos, para así propiciar correspondencia entre ellos y encontrar esas relaciones, políticas, sociales, económicas y ambientales que se presentan entre el nivel municipal y la localidad. Un aspecto importante fue la constante interacción con los habitantes de la comunidad como con los líderes sociales del municipio, y a la continua y sistematizada investigación en campo con entrevistas, observación directa y entrevistas no estructuradas, para entender las interacciones de los diferentes aspectos, permitió finalmente integrar los indicadores, y evaluar así su pertinencia para el caso de evaluación de Sustentabilidad Multiescalar.

En la presente investigación se analizaron las conexiones que existen entre la escala municipal, el municipio de Ocoyoacac y la escala local la comunidad de San Juan Coapanoaya, por lo que es importante reconocer esos vínculos. Para esto es necesario el fortalecimiento de las instituciones en los dos niveles de escala, esto con la finalidad de realizar un uso sustentable de los recursos en ambas escalas. Pero para que esto se pueda realizar es necesario que el nivel municipal haga una distribución de los beneficios de forma equitativa, y para que se lleve a cabo es necesario que el municipio implemente políticas y mecanismos para generar el desarrollo de sus comunidades.

En la primera etapa de la investigación, la metodología para determinar la evaluación de sustentabilidad permitió realizar dicha evaluación y generar el índice de sustentabilidad para el municipio y la localidad. En esta última los aspectos importantes son: incrementar su productividad y conservar su área forestal, ya que de ello depende su seguridad, organización y empleo.

En la comunidad su producción es destinada al autoconsumo, el pastoreo es extensivo y el bosque es aprovechado sin manejo y conservación adecuado; y la población local demanda mayor actividad de extensión y capacitación. Debido a que las condiciones socioeconómicas de la población son poco favorables,

además de las condiciones naturales del terreno, en la zona de estudio la mayor parte de la superficie son terrenos con vocación forestal, en los que se tienen rendimientos agrícolas muy bajos, por lo que no se cuenta con los medios necesarios para realizar un mejor manejo de la zona y con esto contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población.

En lo que se refiere a la relación costo beneficio, en la mayoría de los cultivos no existe un beneficio económico considerable, por lo que se considera que las actividades se realizan solo para generar los granos básicos para la autosuficiencia. En cuanto a la diversificación de los cultivos que se presentan en el Comunal, esto se presenta cuando las condiciones climáticas no favorecen las lluvias en el momento que se requieren para realizar la siembra del maíz que es el cultivo principal, entonces como alternativa siembran los otros cultivos.

En el aspecto social se resalta que el bosque es una forma de cohesión dentro de la comunidad, aunque no obtienen un beneficio directo los comuneros realizan actividades para el cuidado y conservación de sus recursos. La comunidad como en la mayoría de los terrenos de propiedad social en el país no cuentan con un gran potencial para las actividades agrícolas, sino más bien son terrenos de vocación forestal, pero los habitantes de estos lugares tienen una cultura del cuidado del bosque, pero no así de un manejo del mismo. Esto impacta de manera directa sobre los atributos de productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad.

En el nivel del comunal de San Juan Coapanoaya es importante que se identifiquen los vínculos que promueven el manejo sustentable de los recursos naturales. Ya que en esta comunidad las principales preocupaciones son el aumento de la productividad de sus parcelas, así como el cuidado de sus bosques.

En cuanto a los aspectos ambientales quedó claro que en el municipio de Ocoyoacac se realizan constantemente labores de cuidado del bosque y se realizan actividades de reforestación. En lo que se refiere a los aspectos sociales,

en el municipio, la participación de la población en asambleas y reuniones es baja; y aunque existen organizaciones y asociaciones, estas no han logrado cumplir con el objetivo de detonar el desarrollo económico de sus afiliados.

Es en este sentido que la presente investigación permitió determinar que el municipio de Ocoyoacac mira hacia los niveles más altos como es el estatal y el federal, ya que de ellos dependen los recursos que obtienen. Uno de los problemas que afecta sus zonas de cultivo, es el crecimiento de la mancha urbana y las fábricas, desplazando la mano de obra hacia la industria, generando escasez de mano de obra para las actividades de cultivo agrícola; pero también este desplazamiento se genera debido a los bajos rendimientos del sistema de manejo de recursos naturales, generando así un círculo vicioso entre el campo y ciudad.

Esto genera una contradicción, ya que existe la necesidad de preservar y conservar los recursos naturales del municipio por una parte, y por otra la necesidad de los habitantes del comunal de San Juan Coapanoaya de utilizar sus recursos, los cuales se encuentran en áreas de conservación, y dado que dichos recursos les han pertenecido por mucho tiempo, sin embargo, ellos ven limitada su posibilidad de usar esos recursos que les pertenecen, pero que no pueden utilizar y generar un beneficio social y económico para ellos. Esto debido a que se ubican en una zona de gran importancia para la producción de beneficios ambientales para los habitantes de la zona metropolitana de la Ciudad de México y del Valle de Toluca, pero el no poder hacer uso de esos recursos los coloca en una situación de pobreza y marginación.

Es necesario que el municipio proponga políticas que ayuden a gestionar los beneficios económicos y sociales destinados a mejorar la calidad de vida de los pobladores del comunal de San Juan Coapanoaya, si el municipio realiza acciones para aumentar la productividad de sus cultivos y con esto mejorar sus ingresos, influirá de tal manera que más habitantes del comunal se integrarán a las actividades del campo y con esto puede detenerse la expulsión de mano de obra de su territorio, tanto desde un punto de vista económico, como de justicia social.

La generación de los escenarios fue posible mediante la participación de los involucrados, en las dos escalas de análisis, para ello fue importante establecer comunicación con ellos para visualizar como ven el municipio y la localidad en el futuro. Para esta etapa se realizó la prospectiva con información diferente a la utilizada en los indicadores, se utilizaron los índices de marginación del 2005 y 2010 para generar el escenario probable de marginación, lo cual es importante ya que si el índice de marginación aumenta, existen probabilidades que la presión hacia sus recursos naturales aumente.

En lo que se refiera a la cobertura forestal para el municipio y la localidad, se trabajó en tres series de tiempo para el año 1999, 2007 y con esta información prospectar para el 2016, en donde se observa una fragmentación de la zona forestal, esto debido al crecimiento de la mancha urbana y crecimiento de infraestructura.

En otras regiones del mundo se está generando teoría en cuanto a evaluación de sustentabilidad en diferentes escalas y niveles de análisis, en nuestro país son pocas las experiencias que han permitido generar fundamentos teóricos que ayuden a entender esas relaciones e interacciones a diferentes escalas y niveles de análisis.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES.

Es necesario generar metodologías que permitan articular las diferentes escalas de evaluación, ya que el comportamiento de los diferentes actores sociales no solo depende de los factores naturales de su territorio, sino también de factores sociales, económicos, culturales y políticos; y son estos factores los que van modificando su comportamiento y el manejo de sus recursos naturales.

Es importante tener interacción constante con los diferentes actores sociales, para entender su problemática y la visión que tienen en cuanto al manejo y conservación de sus recursos naturales. También se debe contar con información adecuada para las diferentes escalas de análisis que permita realizar la evaluación de sustentabilidad en cada escala.

Es necesario desarrollar indicadores más apropiados en las diferentes escalas, para identificar con mayor precisión las interacciones que existen de una escala a otra; así como aplicar más indicadores de tipo social; ya que el ser humano hace uso de los recursos; y es de acuerdo a esas interacciones sociales, políticas y económicas, con las que forma su cosmovisión para el uso de sus recursos.

En futuros trabajos sobre evaluación a diferentes escalas de análisis en nuestro país, es necesario trabajar también con la escala regional, estatal y nacional, ya que la toma de decisiones y los programas gubernamentales para el uso de recursos naturales, se generan a nivel nacional y estatal, por lo que el municipio tiene limitada decisión sobre el uso de los recursos.

Es importante que en nuestro país se realicen más investigaciones de evaluación multiescala, para desarrollar metodologías que permitan realizar la articulación, así como aportes teóricos.

Es importante que en futuros estudios se tomen en cuenta los objetivos de los actores sociales para derivar los indicadores de sustentabilidad.

En estudios futuros de evaluación de sustentabilidad en diversas escalas; es imprescindible que se realice la integración, conceptual, metodológica y geográfica como se presenta en este estudio.

Los escenarios deseados en diversas escalas espaciales deben hacerse mediante métodos participativos.

En casos futuros de construcción de escenarios mediante programación en SIG es imprescindible seleccionar indicadores de los que esté disponible información en diversos periodos de tiempo.

REFERENCIAS

- Ahlborg, H., and A. J. Nightingale. 2012. Mismatch between scales of knowledge in Nepalese forestry: epistemology, power, and policy implications. *Ecology and Society* 17(4): 16. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05171-170416>
- Astier, M. 2003. Evaluación de sustentabilidad. Memorias del curso sobre evaluación de sustentabilidad para el manejo de recursos naturales. México.
- Barker, A. 2005. Capacity building for sustainability: towards community development in coastal Scotland, *Journal of Environmental Management* 75, 11 – 19.
- Barredo, J. y Bosque, J., 1995. Integración de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio y la asignación de usos del suelo. Actas del IV Congreso Español de Sistemas de Información Geográfica: 191-200. Barcelona.
- Bell, S. and Morse S., 1999. Sustainability Indicators: Measuring the immeasurable. Earthscan. U.K.
- Biggs, R., C. Raudsepp-Hearne, C. Atkinson-Palombo, E. Bohensky, E. Boyd, G. Cundill, H. Fox, S. Ingram, K. Kok, S. Spehar, M. Tengö, D. Timmer, and M. Zurek 2007. Linking futures across scales: a dialog on multiscale scenarios. *Ecology and Society* 12(1): 17.
- Binder Claudia R., Feola Giuseppe and Steinberger Julia K. 2010. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 30, Issue 2, Pages 71-81
- Bond, R. Curran, J. Kirkpatrick, C. and Lee, N. 2001. Integrated impact assessment for sustainable development a case study approach, *World Development*, Vol. 29, num. 6: 1011-24. Manchester,UK.
- Bodini, A. and Giavelli, G., 1992. Multicriteria analysis as a tool to investigate compatibility between conservation and development on Salina Island, Aeolian Archipelago Italy, *Environmental Management*. Vol.16, num. 5: 633-52.
- Buizer, M., B. Arts, and K. Kok 2011. Governance, scale, and the environment: the importance of recognizing knowledge claims in transdisciplinary arenas. *Ecology*

and Society **XX**(YY): ZZ. [online] URL:
<http://www.ecologyandsociety.org/volXX/issYY/artZZ/>

- Cash, D. W., W. Adger, F. Berkes, P. Garden, L. Lebel, P. Olsson, L. Pritchard, and O. Young. 2006. Scale and cross-scale dynamics: governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2): 8. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art8/>
- Cavender Bares, J., P. Balvanera, E. King, and S. Polasky. 2015. Ecosystem service trade-offs across global contexts and scales. *Ecology and Society* 20(1): 22. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07137-200122>
- Center for International Forestry Research (CIFOR), 1999. The criteria & indicators toolbox series. Jakarta, Indonesia.
- Clayton, M. H. and Radcliffe, N. 1996. Sustainability: A systems approach, Westview Press. USA.
- Coke, A., 1996. Sustainable Agriculture Report. MSC.Report
- Conway, G.R. 1994 Sustainability in Agricultural Development: Trade-offs Between Productivity, Stability, and Equitability. Journal For Farming Systems Research and Extension.
- Costanza R, Graumlich L, Steffen W, Crumley C, Dearing J, Hibbard K, Leemans R, Redman C, Schimel D. 2007. Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature?, *Ambio*. No. 36(7):522-7
- Cornelissen Antonius Maria Gertrudis. 2003. The Two Faces of Sustainability. Fuzzy Evaluation of Sustainable Development, Tesis Doctoral. Wageningen University.
- Cumming, G. S., D. H. M. Cumming, and C. L. Redman. 2006. Scale mismatches in social-ecological systems: causes, consequences, and solutions . *Ecology and Society* 11(1): 14. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art14/>
- De Camino, V. y Muller S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales, bases para establecer indicadores. IICA: 44-93. Germany.
- Devendra, C. and Chantalakhana, C. 2002. Animals, poor people and food insecurity: opportunities for improved livelihood through efficient natural resource management, *Outlook on Agriculture*: 161-175. Nairobi, Kenya.

- Di Matteo M, Dandy Graeme C., Maier Holger R. 2017. A multi-stakeholder portfolio optimization framework applied to stormwater best management practice (BMP) selection, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 97, , Pages 16–31
- Dumanski, J. Ferry, E. Byerlee, D. and Pieri, C., 1998. Performance indicators for sustainable agriculture. The World Bank. Washington.
- Dunn, E.G. Keller, J.M, and Marx, L.A. 1995. Integrated decision making for sustainability : A Fuzzy MADM model for agriculture. University of Missouri, Columbia. USA.
- Eastman, J. R. Jin, W. Kyem, P.A. and Toledano, J. 1993. GIS and decision making, United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). Ginebra.
- Edwards, C. A. Grove, T. L. Harwood, R. R. and Pierce, C. C. J. 1993. The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, num. 46: 99-121. Portland, USA.
- Farley, J. and Costanza, R. 2002. Envisioning shared goals for humanity: A detailed, shared vision of sustainable and desirable USA in 2100, *Ecological Economics*, num. 43: 245-59. USA.
- Farrel, A. and Hart, M., 1998. Sustainability really mean? The search for useful indicators, *Environment*, vol. 40, num. 9: 5-31.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1994. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Soil Resources Report. Rome, Italy.
- Franco, M. S., 2004. Evaluación Multicriterio. CICA-UAEM. México.
- Gadiga, B. 2015. Monitoring the Spatio-Temporal Dynamics of Vegetation Cover in Mubi Region, Adamawa State, Nigeria. *Journal of Geographic Information System*, 7, 598-606. doi: [10.4236/igis.2015.76048](https://doi.org/10.4236/igis.2015.76048).
- Godet M., Durance P., 2007. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos, Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia, España.
- Goma, H. C. Rahim, K. Nangendo, G. Riley, J. and Stein, A., 2001. Participatory studies for agro-ecosystems evaluation, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, num. 87: 179-90. Netherlands.

- Gomes, A. A. Swete, K. D. E. Syers, J. K. and Coughlan, J. K., 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In: Methods for assessing soil. *Quality special publication: 49*, SSSA. Madison, EUA.
- González Murguía, Rene; Treviño Garza, Eduardo Javier; Aguirre Calderón, Óscar Alberto; Jiménez Pérez, Javier; Cantú Silva, Israel; Foroughbakhch Pournavab, Rahim Foroughbakhch. 2004. Rodalización mediante sistemas de información geográfica y sensores remotos, *Investigaciones Geográficas (Mx)*, núm. 53, pp. 39-57.
- González, C. E. Brunett, L. Hernández A. Ríos H. y Villa, C., 2000. Desarrollo de indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas del Valle de Toluca. *Red Gestión de Recursos Naturales*, num.13: 77-87. Toluca, México.
- Gutiérrez, J. G., 2007. Evaluación de la sustentabilidad del Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec, de la Universidad Autónoma del Estado de México, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Harrington, L.W., 1992. Measuring sustainability: issues and alternatives. *J. Farming Systems Resources*, Extension 3: 1-20.
- Hueting, R., Reijnders L., 2004. Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators, *Ecological Economics* 50, 249 – 260.
- International Union for the Conservation of Nature (IUCN), 1997. Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sustentabilidad. Serie: Herramientas y capacitación. Cambridge, Reino Unido.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources- International Development Research Centre (IUCN-IDRC), 1995. Assessing progress towards sustainability: A new approach. In: *A sustainable world: Defining and Measuring Sustainable Development: 72-152*. California, EUA.
- Kaufmann, R.K. and Cleveland, C. J., 1995. Measuring sustainability: Needed-an interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept, *Ecological Economics*, num. 15: 109-12. USA.

- Kok, K., R. Biggs, and M. Zurek. 2007. Methods for developing multiscale participatory scenarios: insights from southern Africa and Europe. *Ecology and Society* 12(1): 8. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art8/>.
- Kok, K., and T. (A.) Veldkamp. 2011. Scale and governance: conceptual considerations and practical implications. *Ecology and Society* 16(2): 23. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss2/art23/>
- Lara, P. and Stancu-Minasian, I., 1999. Fractional programming: A tool for the assessment of sustainability, *Agricultural Systems*, num. 62: 131-41. Rumania.
- Lebel, L., P. Garden, and M. Imamura. 2005. The politics of scale, position, and place in the governance of water resources in the Mekong region. *Ecology and Society* 10(2): 18. [online] URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art18/>.
- Lewandowsky, I. Härdtlein, M. and Kaltschmitt, M., 1999. Sustainable crop production: Definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability, *Crop Science*, num. 39: 184-93.
- Ioannis Spilanis, Thanasis Kizos, Maria Koulouri, Julia Kondyli, Hristos Vakoufaris, Ioannis Gatsis, 2009. Monitoring sustainability in insular areas, *Ecological Indicators* 9, 179 – 187.
- López-Ridaura, and et al. 2005a. Multiscale methodological framework to derive indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, Development and Sustainability*, 7:51-69
- López-Ridaura S. 2005. Multi-Scale Sustainability Evaluation: A Framework for the Derivation and Quantification of Indicators for Natural Resource Management Systems. Tesis Doctoral. Wageningen University and Research Center, Wageningen.
- López-Ridaura S. 2008. La evaluación multiescalar de la sustentabilidad: retos y avances metodológicos, en Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, Mundi-prensa México, 95 – 138.
- Lovell, C. Mandondo, A. and Moriarty, P., 2002. The question of scale in integrated natural resource management, *Conservation Ecology*: 225.

- Ludwig, J. A., M. D. Stafford Smith. 2005. Interpreting and correcting cross-scale mismatches in resilience analysis: a procedure and examples from Australia's rangelands, *Ecology and Society* 10(2): 20.
- Masera, O. y López-Ridauro, S. 2000. El Proyecto MESMIS, un esfuerzo interdisciplinario y multiinstitucional para la evaluación de la sustentabilidad. *Gestión de Recursos Naturales*. 2ª. Epoca, num. 21: 88 - 99.
- Massiris, C. A. 2006. Prospección y Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Integral de la Cuenca del Río Sinú (Córdoba, Colombia) Universidad de Córdoba, 06 de abril de 2013.
- Miklos, T. 2008. Prospectiva y Escenarios para el Cambio Social, revista UNAM *Planeación Prospectiva*, D.F. México, Pág. 3
- Mitchell, G, May, A. and McDonald, A., 1995. PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development international, *Sustainable Development World Ecology*, num. 2: 104-32.
- Nijkamp, P. and Van Delft, A., 1977. Multi-criteria, analysis and regional decision-making. Martinus Nijhoff, Leiden.
- Norgaard, R.B., 1990. A coevolutionary interpretation of the unsustainability of modernity. Manuscript for Publication in OIKOS.
- Osorio, Leonardo Alberto Rios , Lobato, Manuel Ortiz and Del Castillo, Xavier Álvarez. 2009. An epistemology for sustainability science: a proposal for the study of the health/disease phenomenon, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 16: 1, 48 — 60. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/13504500902760571>.
- Özkaynak, B., and B. Rodriguez-Labajos. 2010. Multi-scale interaction in local scenario-building: a methodological framework. *Futures* 42:995-1006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2010.08.022>.
- Pacini, C. Wossink, A. Giesen, G. Vazzana, C. and Huine, R., 2002. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis, *Agriculture Ecosystems and Environment*, num. 1977: 1-16. Firenze, Italy.

- Pannell, D. J., 1999. On the estimation of on-farm benefits of agricultural research, *Agricultural Systems*, num. 61: 123-34. Australia.
- Peng, C. Liu, J. Dang, Q. Zhou, X. and Apps, M., 2002. Developing carbon-based ecological indicators to monitor sustainability of Ontario's forest, *Ecological Indicators*, num 1: 235-46. Canada.
- Passel Steven Van, Nevens Frank, Mathijs Erik, Van Hueylenbroeck Guido, 2007, Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency, *Ecological Economics* 62, 149 - 161.
- Pulselli M. Federico, Ciampalini Francesca, Leipert Christian, Tiezzi Enzo, 2008, Integrating methods for the environmental sustainability: The SPIn-Eco Project in the Province of Siena (Italy), *Journal of Environmental Management*, 332 – 341.
- Qureshi, M.E. Harrison, S.R. and Wegener, M.K., 1999. Validation of multicriterio analysis models. *Agricultural Systems*, num. 62: 105-16. Australia.
- Raju, K.S. and Kumar, D.N., 1999. Multicriterion decision making in irrigation planning. *Agricultural Systems*, num. 62:117-29. India.
- Reed Mark, Fraser Evan D. G., Morse Stephen, Dougill Andrew J., 2005, Integrating Methods for Developing Sustainability Indicators to Facilitate Learning and Action, *Ecological and Society* 10.
- Reinjtes, C. and et. al., 1992. Farming for the future. MacMillan. London.
- Rigby, D. and Cáceres, D., 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems, *Agricultural Systems*, num. 68: 21-40. Córdoba, Argentina.
- Ronchi, E. Federico, A. and Musmeci, F., 2002. A systems oriented integrated indicator for sustainable development in Italy, *Ecological Indicators*, num. 37: 1-14. Roma, Italia.
- Saldivar, V. A., 1998. De la economía ambiental al desarrollo sustentable. Facultad de Economía. UNAM. México.
- Smith, H. A. and McSorely, R., 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *Ambiental Entomology*, num. 46: 154-161.
- Sneddon Chris, Howarth Richard B., Norgaard Richard B., 2006, Sustainable development in a post Brundtland world, *Ecological Economics* 57, 253 – 268.

- Spangenberg, J. H., 2002. Environmental space and the prism of sustainability: Frameworks for indicators measuring sustainable development. *Ecological Indicators*, num. 2: 295-309. Cologne, Germany.
- Spangenberg, J. H. Pfahl, S. and Deller, K., 2002. Towards indicators for institutional sustainability: Lessons from an analysis of Agenda 21, *Ecological Indicators*, num. 42: 1-17. Cologne, Germany.
- Stockle, C. O. and et al., 1994. A framework of evaluating of sustainability of agricultural production systems, *American Journal of Alternative Agriculture*, num. 2: 1-2.
- Speelman Erika N., López-Ridaura Santiago, Colomer Nuria Aliana, Astier Marta, Masera Omar R., 2007, Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies, *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14, 345 -361.
- Termeer, C. J. A. M., A. Dewulf, and M. van Lieshout. 2010. Disentangling scale approaches in governance research: comparing monocentric, multilevel, and adaptive governance. *Ecology and Society* 15 (4): 29. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art29/>.
- Thorp, K.R, Bronson, K.F. 2013. A model-independent open-source geospatial tool for managing point-based environmental model simulations at multiple spatial locations, *Environmental Modelling & Software* Vol. 50, Pages 25-36.
- Van Lieshout, M., A. Dewulf, N. Aarts, and C. Termeer. 2011. Do scale frames matter? Scale frame mismatches in the decision making process about a “mega farm” in a small Dutch village. *Ecology and Society* 16(1): 38. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art38/>.
- Vervoort, J. M., L. Rutting, K. Kok, F. L. P. Hermans, T. Veldkamp, A. K. Bregt, and R. van Lammeren. 2012. Exploring dimensions, scales, and cross-scale dynamics from the perspectives of change agents in social–ecological systems. *Ecology and Society* 17(4): 24. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05098-170424>.
- Villaveces, J. L. 2002. Prospectiva de investigación en la Universidad Colombiana, *Nómadas* (Col), núm. 17, pp. 169-181 Universidad Central Bogotá, Colombia.

- Von Wirén, L. S., 2001. Sustainability in agriculture – an evaluation of principal goal – oriented concepts to close the gap between and practice. *Ecological Indicators*, num. 84: 115-29. Tübingen, Germany.
- Voinov Alexey, and Farley Joshua, Reconciling sustainability. 2007. Systems theory and discounting, *Ecological Economics*, Volume 63, Issue 1, 15 June, Pages 104-113.
- Yagoub, Y. , Bo, Z. , Ding-min, J. , Jahelnabi, A. and Fadoul, S. 2015. Land Use and Land Cover Change in Northeast Gadarif State: Case of El Rawashda Forest, Sudan. *Journal of Geographic Information System*, 7, 140-157. doi: [10.4236/jgis.2015.72013](https://doi.org/10.4236/jgis.2015.72013).
- Young, O. 2006. Vertical interplay among scale-dependent environmental and resource regimes. *Ecology and Society* 11(1): 27. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art27/>.
- Zia, A., P. Hirsch, A. Songorwa, D. R. Mutekanga, S. O'Connor, T. McShane, P. Brosius, and B. Norton. 2011. Cross-scale value trade-offs in managing social-ecological systems: the politics of scale in Ruaha National Park, Tanzania. *Ecology and Society* 16(4): 7. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04375-160407>.
- Zurek, M. B., and T. Henrichs. 2007. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change* 74:1282-1295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005>.