



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEXCOCO

**SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN LOTE DE
ALIMENTOS PARA ALBERGUES POR INUNDACIONES EN MÉXICO,
USANDO EL MÉTODO SIMPLEX Y UN ALGORITMO GENÉTICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

PRESENTA

Maricela Romero Huerta

TUTOR ACADÉMICO:

M. en C. José Sergio Ruiz Castilla

TUTORES ADJUNTOS:

Dra. Yulia Nikolaevna Ledeneva

Dra. Cristina Juárez Landin

TEXCOCO, EDO. MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2012.

Agradecimientos

Mi sincero reconocimiento a todos los que de distintas formas y posiciones, han contribuido para la elaboración de este trabajo.

Es un placer para mí poder agradecer a mi tutor académico, M en C. José Sergio Ruiz Castilla, por su paciencia y atención que me ha brindado para el desarrollo de este trabajo y por su disponibilidad para responder inquietudes a pesar de las múltiples actividades que desarrolla.

Un sincero agradecimiento a mis tutoras adjuntas, la Dra. Yulia Nikolaevna y Dra. Cristina Juárez Landin, por su apoyo, tiempo aportaciones y sugerencias para la culminación de esta investigación.

Contenido

Introducción.....	1
Objeto de estudio.....	1
Planteamiento del problema.....	1
Justificación.....	3
Hipótesis y objetivos.....	5
Hipótesis.....	5
1 Revisión Bibliográfica.....	6
1.1. Antecedentes.....	6
1.2. Fundamentos teóricos.....	7
1.2.1. Inundaciones.....	7
1.2.2. Donaciones Inapropiadas.....	8
1.2.3. Recomendaciones Generales.....	10
1.2.4. Las donaciones deben basarse en la evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAN).	11
1.2.5. Ayuda Alimentaria: Productos y raciones.....	13
1.3. Optimización.....	16
1.4. Métodos para resolución de problemas.....	19
1.4.1. Métodos exactos.....	19
1.4.1.1. Búsqueda exhaustiva por Enumeración.....	19
1.4.1.2. Divide y Vencerás.....	20
1.4.1.3. Ramificación y Acotación.....	20
1.4.2. Métodos de exploración dirigida.....	21
1.4.2.1. Programación Dinámica.....	21
1.4.2.2. Algoritmos Voraces o Greedy.....	22

1.4.3.	Métodos Heurísticos	23
1.4.3.1.	Métodos heurísticos de búsqueda local	24
1.4.3.1.1.	Recocido Simulado (Simulated Annealing)	24
1.4.3.1.2.	Búsqueda de Tabú	25
1.4.3.1.3.	Ascenso de Colina (Hill Climbing)	26
1.4.3.1.4.	GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)	27
1.4.3.2.	Computación Evolutiva	28
1.4.3.2.1.	Programación Evolutiva	29
1.4.3.2.2.	Estrategias Evolutivas	30
1.4.3.2.3.	Algoritmos Genéticos	30
1.4.3.3.	Algoritmo Bioinspirados	31
1.4.3.3.1.	Ant Colony Optimization	31
1.4.3.3.2.	Algoritmos Culturales	32
1.4.3.3.3.	Sistema Inmune Artificial	32
1.4.3.3.4.	Particle Swarm Optimization	33
1.5.	Algoritmos genéticos	34
1.5.1.	Algoritmo genético simple	35
1.5.2.	Principios Básicos	36
1.5.2.1.	Función Fitness	37
1.5.2.2.	Reproducción	37
1.5.2.3.	Convergencia	38
1.6.	Estado del arte	38
2	Descripción metodológica	40
2.1.	Método utilizado para armar un Lote Nutricional	41
2.1.1.	Diseñar un componente de software para obtención del lote de Alimentos por el método Simplex	46
2.2.	Método utilizado para armar un Lote de Alimentos con el Algoritmo Genético	49
2.2.1.	Implementación del algoritmo genético	54

3 Resultados	57
3.1. Obtención del lote nutricional con el método simplex.	57
3.2. Obtención del Lote de Alimentos para alimentar con el Algoritmo Genético	64
Discusión	71
Conclusiones	73
Aportaciones	73
Trabajos Futuros	74
Anexos	75
1. Dirección de Acceso al Sistema	75
2. Ponencia en el 13° Seminario de Investigación.....	76
3. Ponencia en Congreso Nacional de Computación e Informática	77
4. Publicación Aceptada en un libro digital con registro ISBN Congreso Nacional de Computación e Informática	78
Bibliografía	79

Lista de Figuras

Figura 1.Llegan donaciones inapropiadas a la Zona Afectada	3
Figura 2. Se busca generar un lote de Alimentos que genere ayuda a la Población	4
Figura 3. Un algoritmo Genético Tradicional (Beasley, Bull, & Martín, 1993).....	36
Figura 4. Cruzamiento de un punto	38
Figura 5. Mutación	38
Figura 6. Componentes del Sistema de Información.....	41
Figura 7.Determinación del lugar donde posiblemente ocurrirá una inundación	47
Figura 8.Pantalla que muestra la determinación de kilocalorías a cubrir por persona.....	47
Figura 9.Seleccionar el tipo de Alimentos a considerar en la dieta	48
Figura 10.Formulación del modelo lineal y resolución por el método Simplex	49
Figura 11. Pantalla de captura del lugar donde ocurrió la Inundación.	54
Figura 12. Pantalla donde se introduce la capacidad de carga de transporte y se seleccionan los alimentos a enviar a la zona afectada mediante la técnica de AG	55
Figura 13. Se registran los alimentos que son Donados	56
Figura 14.Catalogo de tipos de Alimentos	56
Figura 15. Pantalla donde se elige como lugar la localidad de Balacán.	58
Figura 16.Determinación de las kilocalorías a cubrir para la localidad de Balacán	58
Figura 17. Elección de los grupos de alimentos que se contemplaron para la localidad de Balacán.	60
Figura 18. Representación del problema para el desayuno y Comida para la localidad de Balacán	61
Figura 19. Iteración 1 para el problema de desayuno y cena.....	61
Figura 20.Iteración 2 para el problema de desayuno y cena.....	61
Figura 21.Iteración 3 para el problema de desayuno y cena.....	61
Figura 22.Iteración 4 para el problema de desayuno y cena.....	62
Figura 23. Función objetivo para la Cena para la localidad de Balacán	62
Figura 24. Iteración 1 para la solución de la función objetivo para la cena.....	62

Figura 25. Iteración 2 para la solución de la función objetivo para la cena.....	63
Figura 26. Iteración 3 para la solución de la función objetivo para la cena.....	63
Figura 27. Cantidad de porciones obtenida por el método simplex para la localidad de Balacán	63
Figura 28. Lote de alimentos que se necesitan para la localidad de Balacán para un periodo de 3 días.....	64
Figura 29. Elección de la localidad de Balacán para obtener el Lote de Alimentos "durante" del plan de Contingencia.....	64
Figura 30. Alimentos que han sido donados para la localidad de Balacán	65
Figura 31. Registro del Beneficio a cada tipo de alimento que fue donado al centro de Acopio	66
Figura 32. Elección de la capacidad de carga del transporte que va a llevar los alimentos a la localidad de Balacán.....	67
Figura 33. Población inicial formada por el algoritmo genético	67
Figura 34. Población generada después de la primera iteración del AG	68
Figura 35. Iteración 2 del AG.....	68
Figura 36. Iteración 3 del AG.....	69
Figura 37. Resultado del AG donde el resultado se mantiene constante a partir de la generación 5 hasta la 49.	69
Figura 38. Lote de Alimentos obtenido con el AG.....	70

Lista de Tablas

Tabla 1. Selección de productos: Importancia de diferentes criterios según el desastre (Mellin, 1992).	14
Tabla 2. Aporte Nutricional Promedio de los Grupos en el Sistema de Equivalentes. (Pérez Lizaur, Palacios Gonzalez, & Castro Becerra, 2008).....	42
Tabla 3. Valores correspondientes para el beneficio que se le proporcionará a cada alimento determinados por un experto basado en la población afectada	50
Tabla 4. Ejemplificación de la formación de un individuo con genes aleatorios	51
Tabla 5. Datos de entrada para poder armar la función objetivo para la localidad de Balacán	59
Tabla 6. Muestra las iteraciones del AG de la 5 a la 49, donde el resultado se muestra constante.....	69

Resumen

Ante el creciente número de inundaciones en México se hace una propuesta de solución enfocada a determinar el lote de alimentos que deben enviarse a una población que ha sido afectada por una inundación. Para lo anterior se ha desarrollado un sistema de información aplicando las técnicas de Algoritmos Genéticos (AG) y el método Simplex que puede contribuir al seguimiento de la contingencia que se da en una población. Para el primer escenario cuando aún no ocurre la inundación se ha creado una propuesta como parte del plan de contingencia “antes de” para armar un lote de Alimentos utilizando el Método Simplex para obtener el lote de alimentos nutricional. Utilizando los grupos de alimentos promedio de acuerdo al Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Para el plan de contingencia “durante” se utilizó la técnica de AG, tomando en cuenta las donaciones hechas a los centros de acopio, disponibles para ser enviadas y seleccionando aquellos alimentos que proporcionen un mayor beneficio a la población y no sobrepasen la capacidad de carga de transporte en que tienen que ser enviados los alimentos. En ambos casos se busca que el lote de alimentos sea definido más rápido sea enviado y una vez que llegue, logre el cometido de alimentar a los albergados logrando una oportuna atención. El sistema de información se presenta como un sistema Web para accederse desde cualquier computadora con conexión a internet.

Introducción

Objeto de estudio

El objeto de estudio en esta investigación consiste en determinar el lote de alimentos que debe enviarse a un albergue cuando sucede una inundación en una población de México. Durante la investigación se hablará también de poblaciones, dietas, nutrición, transporte, capacidad del transporte, pero en enfoque está en el lote de alimentos. Sin olvidar que se busca llevar alimentos de forma oportuna a los afectados por la inundación y resolver el problema de alimentar a la población afectada.

Por lo tanto se busca planear un lote de alimentos nutricional a partir de una dieta, esto es antes de que ocurra la inundación como una acción del plan de contingencia “antes de”. Además como una acción del plan de contingencia “durante” generar un lote de alimentos a partir de alimentos disponibles o donados en un centro de acopio, seleccionando los alimentos que no sobrepasen la capacidad del transporte y que aporten mayor beneficio a la población del albergue.

Planteamiento del problema

Las inundaciones en México cada vez más intensas generan problemas principalmente en el sureste generando afectaciones a infraestructura, cultivos, viviendas y de forma directa a los habitantes.

Los damnificados afectados son concentrados en albergues pero sin alimentos. Por lo anterior existen algunas organizaciones que se encargan de proporcionar asistencia humanitaria para este tipo de desastres como la Cruz Roja Mexicana, Caritas Emergencia, Fundaciones por mencionar algunas. Las autoridades y organizaciones investigan los

hechos y generan un plan emergente para enviar ayuda principalmente alimentos.

Sin embargo, las donaciones que se reciben en los Centros de Acopio, pueden ser no necesarias para la población afectada, generando un problema para las organizaciones, pues la mayoría de donantes deja su donación basándose en los requisitos que piden los medios de comunicación y no en las que realmente se requieren. Este tipo de donaciones se convierte en un problema para las instituciones pues recibe ropa usada, agua, alimentos que no son consumidos para la población o son difíciles de preparar. La Figura 1, representa el envío de donaciones inapropiadas a la zona afectada.

Los alimentos que se reciben en los centros de acopio se tienen que clasificar y seleccionar aquellos que se van a enviar a la población, además de que el peso de esos alimentos pueden exceder de la capacidad de carga del transporte que se tiene disponible para estos.

Por lo que se sugiere un sistema que permita la generación de lote de alimentos para cada albergue, considerando el mayor beneficio de los alimentos que se proporcionara a la población, tomando en cuenta alimentos que están dentro de los hábitos alimenticios de la zona en cuestión. Lo anterior pretende que los alimentos lleguen más rápido al albergue considerando la capacidad de carga del transporte.

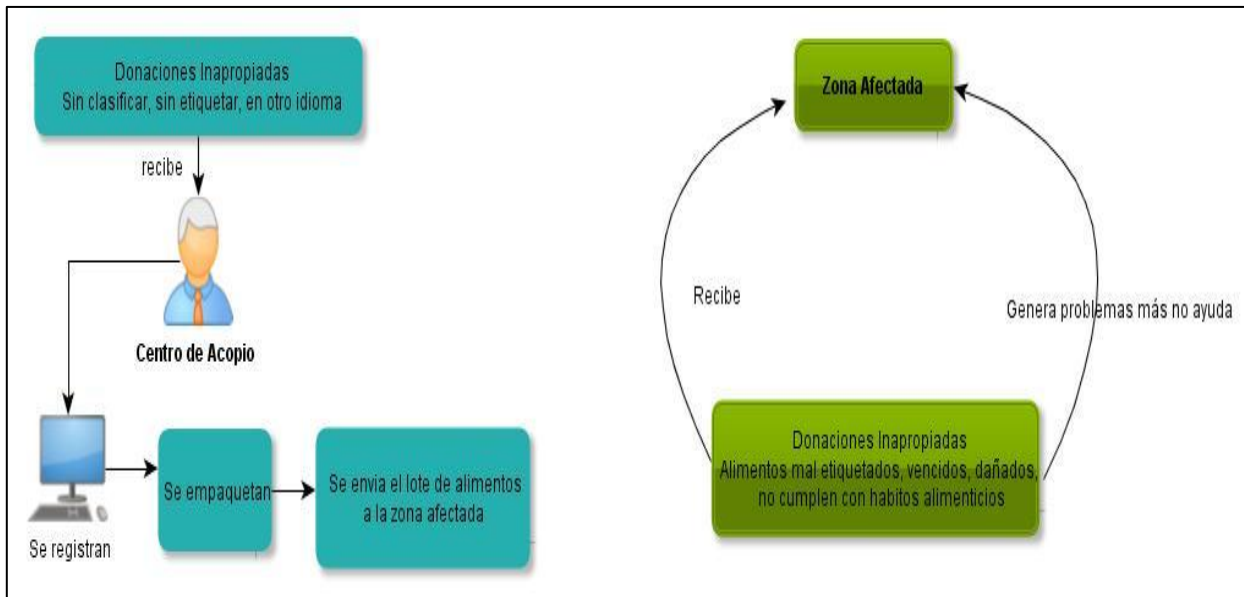


Figura 1. Llegan donaciones inapropiadas a la Zona Afectada

¿Cómo generar un lote de alimentos a partir de una dieta nutricional como parte de un plan de contingencia “antes de”?

¿Cómo generar un lote de alimentos y condicionado a un límite de peso y con un alto beneficio a la población, como parte de una plan de contingencia “durante”?

Justificación

Implementar una herramienta que almacene datos de alimentos, arme el lote de alimentos que cumpla con un beneficio para la zona afectada filtrando por alimentos locales se podrá:

- Cubrir la alimentación adecuada para grupos afectados.
- El nutriólogo preverá ganando tiempo y brindar una mejor atención.
- Las sociedades civiles como la Cruz Roja, Fundaciones e instituciones obtendrán una mejor planeación en cuanto al envío de ayuda alimentaria.

- Los afectados tendrán ayuda oportuna dependiendo de un perfil de alimentación.

La Figura 2, representa el envío del lote de alimentos por el método Simplex, o por un Algoritmo Genético, tratando de evitar el envío de donaciones inadecuadas a la zona afectada.

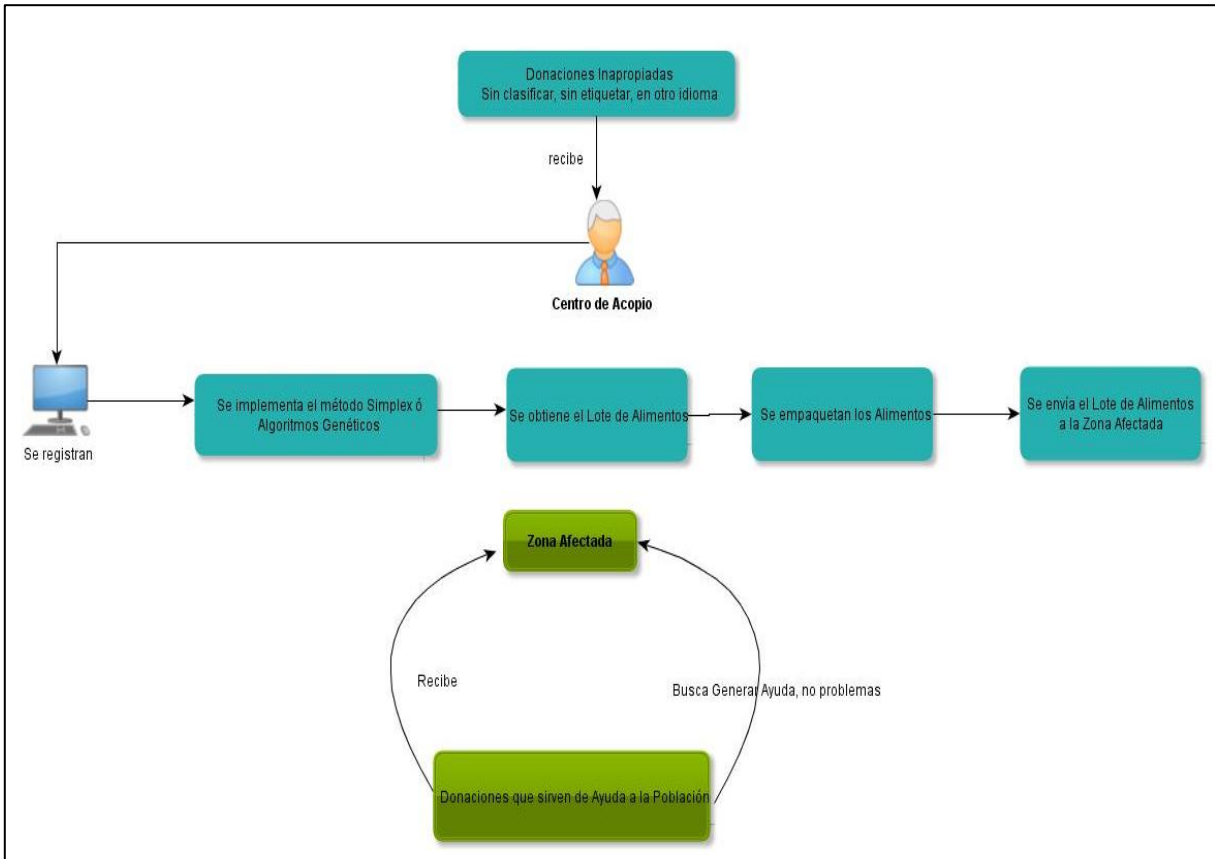


Figura 2. Se busca generar un lote de Alimentos que genere ayuda a la Población

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Si se consideran en el plan de contingencia “antes de” los datos de las poblaciones y los grupos de alimentos es posible generar un lote de alimentos nutricional para albergues de poblaciones inundadas y atender oportunamente a dichas poblaciones.

Si se considera las poblaciones afectadas, beneficio y peso en kilogramos de los alimentos permitirá genera un lote de alimentos que no rebase la capacidad de carga de transporte y contengan el mayor beneficio para la población, lo anterior apoya la toma de mejores decisiones por Protección Civil y otras organizaciones que atienden emergencias.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de información que obtenga el lote de alimentos para alimentar a una cantidad de personas de un albergue con afectación por un fenómeno de inundación en México, utilizando el método simplex y un algoritmo genético.

Objetivos Específicos

1. Definir las poblaciones inundables en función del lugar y habitantes posiblemente afectados.
2. Definir el grupo de alimentos con sus respectivos nutrimentos de acuerdo al SNAE (Sistema Nacional de Alimentos Equivalentes).
3. Implementar un algoritmo con el método simplex para obtener el lote de alimentos nutricional.
4. Definir el inventario de alimentos donados registrado con su peso y beneficio.
5. Implementar un Algoritmo Genético para obtener el lote de alimentos enviar.

Capítulo 1

Revisión Bibliográfica

1.1. Antecedentes

Los desastres naturales ponen en peligro el bienestar del hombre y su medio ambiente, después de ocurrir este tipo de fenómenos es necesario evacuar y reubicar a las personas creando concentraciones de población a las que hay que proveer de alimentos mientras dure su estancia en los albergues.

Gracias a las comunicaciones actuales las noticias de estas tragedias llegan a la comunidad internacional en minutos y en algunos casos, la ayuda se moviliza en cuestión de horas. Sin embargo, cuando la ayuda no se ha solicitado o cuando las instituciones o personas donantes tienen una visión equivocada de cuáles son las necesidades, también puede convertirse rápidamente en una carga.

Las donaciones que llegan a los centros de Acopio resulta una tarea muy ardua, clasificar los alimentos, registrarlos y seleccionar aquellos que se van a transportar a la zona afectada. Los alimentos que se van enviar deben cumplir con hábitos alimenticios locales, además deben de poder transportarse de acuerdo a la capacidad de la carga de transporte.

Existe un software administrativo realizado por la Organización Panamericana de la Salud, conjuntamente con otros organismos internacionales y gobiernos, para manejo de suministros, conocido como SUMA (Sistema de Manejo de Suministros), en 1992. SUMA ha sido diseñado para recopilar y recabar la información sobre todos los suministros que llegan o están en tránsito hacia la zona del desastre. Proporciona una visión rápida del flujo

de todos los productos humanitarios (donados o adquiridos), independientemente de su procedencia (Naciones Unidas, las ONG, los gobiernos, etc.) y origen (nacional o internacional). El software fue diseñado para estar operando sobre cualquier equipo y plataforma disponible en el país que ha sido afectado. Siendo dependiente de la Web, o requiriendo mucha memoria, habría descartado su uso en muchos lugares mal equipados. Pero los tiempos han cambiado más rápido de lo esperado. La transparencia total requiere un enfoque basado en la Web. La mayoría de los países destinatarios tienen acceso a lo último en equipo y tecnología. El mejoramiento del software es ahora la prioridad, aunque costoso (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

1.2. Fundamentos teóricos

1.2.1. Inundaciones

No todos los desastres naturales provocan escasez de alimentos y problemas de nutrición. Cuando ocurre una inundación la pérdida de salarios es muy común, debido a que los lugares de trabajo son inaccesibles o dañados por las inundaciones. Las inundaciones pueden dañar también los alimentos almacenados en tiendas, despensas o graneros familiares.

Se puede decir, que se necesita ayuda alimentaria cuando hay varias zonas inundadas, se espera que la inundación se prolongue y las comunidades queden aisladas. El equipo de evaluación debe determinar el porcentaje de cosechas y alimentos dañados por las inundaciones. De igual manera, debe hacerse un inventario rápido de las familias afectadas y sus hábitos alimenticios. A menudo estos últimos no son tomados en cuenta, como

resultado de que los alimentos enviados como socorro desde el exterior quedan sin consumir porque la población no está habituada a ellos.

La cruz roja y otras organizaciones de voluntarios casi siempre llevan a cabo rápidas encuestas para determinar el número, la ubicación y las necesidades de las familias afectadas. La mayoría de países latinoamericanos han efectuado en algún momento una encuesta sobre nutrición, la información pertinente puede estar desactualizada. En cambio el nutricionista local (regional o provincial) o el trabajador comunitario de nutrición (si o hay) tenga información reciente. En general estos funcionarios llevan a cabo, en pequeña escala, encuestas sobre nutrición que pueden arrojar información sobre el estado nutricional y hábitos alimenticios de la comunidad. Sin embargo hay que interpretar con prudencia la representatividad y validez científica de estas encuestas (Salud, 1989).

1.2.2. Donaciones Inapropiadas

Los retos técnicos y logísticos involucrados se agravan cuando las donaciones son inapropiadas, se envían apresuradamente o no están acorde con las necesidades reales de la población afectada.

Todos los países afectados por los desastres, así como los actores humanitarios y las agencias donantes se perjudican –por no mencionar a las víctimas mismas – cuando la ayuda internacional no está coordinada es inapropiado o no es solicitado. Existen muchas razones por las cuales esto sigue ocurriendo, pero es posible identificar algunas causas generales.

1. Persisten mitos como “cualquier asistencia que se reciba es útil, sea lo que sea” o “es mejor que sobre y no que falte”, cuando en realidad no toda la ayuda recibida es

útil. Las donaciones guiadas equivocadamente pueden causar caos y requerir una cantidad de tiempo y dinero para organizarlas, clasificar los contenidos y mandarlos a sus destinos. La costo-efectividad de estas donaciones es muy baja dado el esfuerzo que toma asegurarse de que lleguen a las comunidades afectadas.

2. Los mecanismos existentes para la recepción y el manejo de las donaciones no siempre se respetan en los países que reciben ayuda o se desconocen los canales o los procedimientos técnicos o administrativos que pueden ya estar instalados en muchos países de América Latina y el Caribe.
3. De parte de los países que reciben ayuda, la evaluación de los daños y las necesidades debe ser un proceso que contribuya a mejoramiento de la toma de decisiones y las mejores prácticas frente a la recepción de las donaciones. Como resultado, es necesario haber implementado mecanismos claros que sean útiles para orientar las ofertas de asistencia a las necesidades existentes. Por lo tanto, no es sólo un asunto de “saber cómo donar”, sino también “cómo pedir”.
4. Los medios de comunicación –nacionales e internacionales- tienen mucha influencia cuando se trata de desencadenar espontáneas e indiscriminadas sin un conocimiento sólido de la evaluación de las necesidades, usualmente cuando existe mucho altruismo y los donantes son muy abiertos a la colaboración y a la solidaridad.

El problema no puede ser resuelto sólo por una agencia o sólo por un país y por eso se hacen alianzas para tratar los problemas más graves. Una de esas alianzas entre agencias es saber donar, una alianza entre OPS (Organización Panamericana de la Salud)/OMS (Organización mundial de la Salud), UNICEF, OCHA, PMA, la Agencia española de

Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID); IFRC e Intermon Oxfam. Uno de los principales componentes de esta iniciativa, el cual busca aumentar la conciencia y promover el intercambio de experiencia entre los donantes, las autoridades y los medios de comunicación sobre la importancia de saber cómo hacer y buscar donaciones humanitarias eficientes en situaciones de desastres. Promueve la comunicación entre los donantes, las organizaciones nacionales de manejo del riesgo y los medios de comunicación, para adoptar mejores prácticas y evitar las actitudes y los mitos que hacen lento o comprometen al proceso de las donaciones.

1.2.3. Recomendaciones Generales

La ayuda humanitaria debe respetar los derechos de las comunidades afectadas y los principios humanitarios fundamentales.

Los objetivos de la acción humanitaria son: salvar vidas, aliviar el sufrimiento y mantener la dignidad humana durante y después de la crisis.

La acción humanitaria debería guiarse por la imparcialidad, que significa emprender las acciones humanitarias basándose únicamente en las necesidades de las personas sin discriminación entre las poblaciones afectadas ni dentro de ellas. (Fragmentos extraídos de: “los 23 principios de una donación humanitaria”).

La prisa para brindar la asistencia humanitaria de emergencia no debe ocultar la necesidad de prestar atención a los derechos de las personas afectadas por los desastres. Es fundamental que las donaciones contribuyan a salvaguardar la dignidad de las personas durante la crisis.

1.2.4. Las donaciones deben basarse en la evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAN)

Es muy importante que los donantes y los medios de comunicación consulten a las autoridades nacionales o agencias humanitarias presentes en el terreno para conocer lo que se necesita y lo que no es necesario.

El EDAN preliminar debe ser rápido y creíble, debe actualizarse periódicamente y sobre todo no es un proceso paralizante porque las acciones más urgentes de asistencia deben darse simultáneamente. Hay que recordar lo más importante a considerar en este tipo de evaluaciones es que se reflejan los daños y las necesidades de las poblaciones afectadas, resaltando aquellos sectores que pueden ser especialmente vulnerables (niñez, mujeres, ancianos, discapacitados, etc.) para orientar la ayuda humanitaria de manera más detallada.

No contribuya a promover y/o reproducir mitos que suelen circular en una situación de desastres.

El terremoto y el tsunami ocurridos en diciembre de 2004, cobraron la vida de más de 280, 000 personas. Estos fueron los desastres más grandes que se recuerden en el sur de Asia. Pero en los días siguientes al desastre, los informes de los medios de comunicación advertían sobre una segunda calamidad que se avecinaba: se referían a las epidemias de enfermedades peligrosas que podrían ocurrir debido a la descomposición de miles de cadáveres.

Toda esta información estuvo basada en un mito. Los cadáveres no son una amenaza inmediata para la salud. Este es uno de los varios mitos existentes acerca de los desastres que los expertos de la OPS/OMS han tratado de desmentir durante casi 20 años y a pesar de las pruebas científicas que demuestran lo contrario, la creencia de que los cadáveres

propagan enfermedades sigue siendo una información crónica que entorpece los esfuerzos para mitigar las consecuencias de los desastres.

La prisa por eliminar cadáveres demanda recursos valiosos –como vehículos, combustible y esfuerzo humano-, cuando la prioridad debe de ser la de encontrar y atender a los sobrevivientes. Por ejemplo, después del terremoto del 2001 en la India, que cobró la vida de 1000, 000 personas, fue tal la cantidad de madera utilizada para incinerar los cuerpos, que los sobrevivientes tuvieron dificultades para conseguir el combustible que necesitaban para cocinar y calentarse (Eberwine, 2005).

El mito ejemplifica como los medios de comunicación pueden informar de manera alterada sobre las prioridades en una emergencia, los mitos pueden influir en la práctica e donaciones. Tome en cuenta que este tipo de información puede influir en decisiones inapropiadas, que generan mal uso de los recursos humanos, logísticos y financieros.

Siempre que sea posible, promueva las donaciones en efectivo.

La donación en efectivo impulsa su utilización para ejecutar acciones inmediatas al igual que para procesos de recuperación, porque en la fase de socorro permite conseguir lo más que se necesita en lugares cercanos o en países limítrofes al afectado; en fases posteriores el dinero es usado para facilitar programas y proyectos que buscan reconstruir los medios de vida de las poblaciones.

La ayuda proporcionada al país afectado debe complementar y no duplicar esfuerzos. Los donantes deben de tener conocimiento de las donaciones del país afectado antes de donar. De esta manera, se organiza la ayuda y se evitan esfuerzos para cubrir las mismas necesidades una y otra vez. También es importante conocer que ayuda están proporcionando otros donantes y a quién.

Una de las recomendaciones para las autoridades receptoras de las donaciones es, planificar y mantener una línea de comunicación y coordinación con los donantes

Conozca los mecanismos de los donantes, no espere el momento de la asistencia para hacer contacto con ellos. En muchos casos, los países donantes tienen definido procedimientos, formas de trabajo, mecanismos de apoyo y tiempos de ejecución para situaciones de emergencia que le permitan planificar el apoyo antes de que ocurra el desastre.

1.2.5. Ayuda Alimentaria: Productos y raciones

La ayuda alimentaria está compuesta por diversos tipos de productos, entre los que son cereales siempre han predominado con un porcentaje normalmente cercano al 90%, predominado entre ellos el trigo y la harina de trigo (59%), seguido por los granos gruesos (21%) y el arroz(14%). Fuera de los cereales destacan las legumbres (5.6%), y las grasas y aceites (4%) en tanto que los demás, incluidos los lácteos, representan un volumen marginal.

Una de las claves para la ayuda alimentaria sea eficiente y útil en cuanto a sus diversos objetivos radica en una adecuada selección de productos. La incorrecta selección forzada muchas veces por interés comerciales (salida de excedentes de los donantes y búsqueda de nuevos mercados) ha sido y es una de las principales fuentes de problemas y críticas de ayuda alimentaria.

Como ya se mencionó anteriormente, la selección de productos debe basarse tanto en las características de estos como en la situación que se afronte. Los alimentos que se envíen deben de ajustarse a una serie de criterios nutricionales, culturales, económicos y logísticos, cada una de los cuales resulta más o menos importante según la modalidad concreta de

ayuda alimentaria que se trate, de sus objetivos, de las circunstancias de cada caso y, si se trata de ayuda de emergencia, del tipo de desastre que se trate. Esto se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Selección de productos: Importancia de diferentes criterios según el desastre (Mellin, 1992).

Importancia de diferentes criterios según el desastre						
Situación	Calidad nutricional	Listo para comer	Adaptabilidad cultural	Cualidades de trasporte	Cualidad de almacenaje	de
Sequia	oo	o	ooo	o	o	
Refugiados en movimiento	oo	oo	oo	o	o	
Ciclón	ooo	oo	ooo	o	o	
Inundación	o	ooo	oo	ooo	ooo	
Terremoto	o	ooo	oo	ooo	ooo	
o Calidad de menor importancia en esta situación						
oo Calidad de importancia en esta situación						
ooo Calidad de gran importancia en esta situación específica						

Síntesis de los criterios fisiológicos, culturales y económicos que deben cumplir los productos:

- No deben de alterar los hábitos alimenticios a largo plazo creando dependencia de las importaciones.
- Deben ser fáciles de preparar, basándose en los conocimientos de los receptores y empleando el menos combustible posible.
- Deben ser culturalmente aceptables.
- Deben presentar una buena relación coste beneficio nutricional. Por ellos las comidas liquidas y con lata cantidad de agua no deben usarse, por su alto coste de

transporte.

- Deben tener una caducidad adecuada para su almacenamiento (al menos 6 meses tras de su llegada).
- El empaquetamiento debe ser en tamaños adecuados.
- Las etiquetas en la lengua oficial o en otra lengua extranjera conocida deben dar información clara sobre: contenidos, aditivos, lugar y fecha de producción, caducidad, análisis nutricional y métodos de preparación.
- No deben de utilizar alimentos que requieren ser reconstituidos con agua, especialmente las comidas instantáneas que necesitan solo agua fría , debido a los problema de higiene que esta provoca.
- Los productos lácteos deberían utilizarse solo como una excepción.
- Las galletas, barras o tabletas ricas en proteínas o calorías no son sustituto adecuado de los alimentos locales habituales. Solo son útiles en algunos casos extremos y aun así encierran desventajas.
- Son totalmente inadecuados los productos frescos de corta caducidad, los productos exóticos y los preparados industriales: latas y botellas de comida de bebes, fruta, verdura, queso, sopa, sumos o sirope; mercancías cocinadas; productos congelados; comida terapéuticas; leche infantil; alimentos industriales de destete y raciones para soldados.

1.3. Optimización

Una tarea de optimización es un proceso que consiste en encontrar la mejor solución candidata de entre una colección de alternativas. Esta tarea se plantea como un problema estructurado con funciones de variables de decisión, que deben o no satisfacer un conjunto de restricciones.

Un problema de optimización se conforma por una o varias funciones objetivo y (posiblemente) una o varias restricciones. Matemáticamente, este problema se describe mediante los siguientes elementos.

- *Variables de decisión*: contienen los valores que se modifican para resolver el problema.
- *Función/es objetivo*: pueden ser una o varias. Estas funciones se expresan en términos de las variables de decisión, y el resultado de su evaluación es el que se desea optimizar (maximizar o minimizar). Si solo una función es considerada se habla de optimización mono-objetivo. Si varias funciones son consideradas se habla de optimización multiobjetivo.
- *Restricciones*: expresadas en forma de ecuaciones de igualdad o desigualdad, se deben de cumplir o satisfacer para que la solución sea considerada factible, es decir válida. Si el problema no presenta restricciones, todas las soluciones son válidas.

El problema de optimización puede ser expresado como uno de programación no lineal (NLP por sus siglas en inglés) cuyo objetivo es encontrar el vector \vec{x} , que optimiza la función:

$$f(\vec{x}) \text{ con } \vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_D) \in F \subseteq S \subseteq \mathbb{R}^D$$

Donde \vec{x} esta sujeto a:

$$g_i(\vec{x}) \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$h_j(\vec{x}) = 0 \quad j = 1, 2, \dots, p$$

$x_d \in [l_d, u_d]$ cond $\in [1, D]$, siendo l_d y u_d los limites inferior y superior en el que cada variable está definida. D es el número de variables del problema. Las funciones g_i y h_j , están definidas en S (Espacio de búsqueda) y son las funciones de restricciones de desigualdad e igualdad respectivamente (lineales o no). Toda restricción de desigualdad que satisfaga $g_j(\vec{x}) = 0$ se clasifican como “activa” en \vec{x} ; de otro modo estaría inactiva. Toda restricción $h_j(\vec{x})$ es considerada activa en otros puntos de F , independientemente del valor de \vec{x} .

El conjunto de soluciones de F se define como la *región factible*.

Los NLP se caracterizan porque tanto la función objetivo como las restricciones pueden ser no lineales (los problemas de programación lineal sólo pueden incluir ecuaciones lineales).

Se listan algunas definiciones útiles considerando problemas de optimización que se minimizan (sin pérdida de generalidad ya que cualquier problema de maximización se puede transformar en uno de minimización). El *óptimo* $X^{\rightarrow*} = (x_1, x_2, \dots, x_D)$ es el punto del espacio de búsqueda que corresponde al mejor valor posible de f en todo el espacio de búsqueda.

Definición 1: Mínimo global. El mínimo global de una función $f(\vec{x})$ definida en un conjunto S es el punto $X^{\rightarrow*} \in S$ si y solo su $f(x^{\rightarrow*}) \leq f(\vec{x})$ para todo $\vec{x} \in S$

Definición 2: Mínimo local. El mínimo local de una función $f(\vec{x})$ definida en un conjunto

S es el punto $\vec{y} \in S$ si y sólo si $f(\vec{y}) \leq f(\vec{x})$ para todo $\vec{x} \in S$ que se encuentre a una distancia $\epsilon > 0$ de \vec{y} .

Función monótona: Una función $f(\vec{x})$ es monótona creciente si para dos puntos cualesquiera (\vec{x}_1) y (\vec{x}_2) con $(\vec{x}_1) \leq (\vec{x}_2)$ y es monótona decreciente si $f(\vec{x}_1) \geq f(\vec{x}_2)$

Función unimodal. Una función $f(\vec{x})$ es unimodal en el intervalo $\vec{a} \leq \vec{x} \leq \vec{b}$ si y sólo si es monótona en cada lado del único punto óptimo x^{**} en el intervalo antes establecido. O sea, x^{**} es el único punto mínimo de f en el rango $[\vec{a}, \vec{b}]$ con lo cual $f(\vec{x})$ es unimodal en el intervalo si y sólo si para dos puntos cualesquiera $\vec{x}_1 \leq \vec{x}_2: x^{**} \leq \vec{x}_1 \leq \vec{x}_2$ implica que $f(x^{**}) \leq f(\vec{x}_2)$ y $x^{**} \geq \vec{x}_2$ implica que $f(x^{**}) \leq f(\vec{x}_1) \leq f(\vec{x}_2)$.

Definición 5. Función multimodal. Una función $f(\vec{x}_1)$ puede ser multimodal si dados k intervalos distintos, cumple con la definición de ser unimodal en cada uno de los k intervalos, es decir, posee varios puntos óptimos

Definición 6: Función separable. Una función $f(\vec{x}_1)$ puede ser separable si se puede ser expresada como la suma de funciones objetivo parciales en las cuales una o varias variables de decisión puedan aparecer en cada una de ellas.

Definición 7. Función convexa. Una función $f(\vec{x}_1)$ es convexa en \mathbb{R} si para dos vectores cualesquiera $\vec{x}_1 \leq \vec{x}_2 \in \mathbb{R}$ se cumple $f(\theta\vec{x}_1 + (1 - \theta)\vec{x}_2) \leq \theta f(\vec{x}_1) + (1 - \theta)f(\vec{x}_2)$ donde θ es un escalar en el rango $0 \leq \theta \leq 1$. La función es estrictamente convexa si para $\vec{x}_1 \neq \vec{x}_2$ el signo \leq se reemplaza por $<$.

Definición 8. Función cóncava. Una función $f(\vec{x}_1)$ es cóncava si cumple con la definición de convexa pero con las desigualdades revertidas, es decir $f(\vec{x}_1)$ es cóncava si $-f(\vec{x}_1)$ es convexa.

1.4. Métodos para resolución de problemas

Para resolver los problemas de optimización, existen varios métodos de solución, sin embargo, basándonos en la teoría No Free Lunch no es posible establecer que algoritmo funciona mejor en toda la clase de posibles problemas. Por lo que en esta sección se enuncian algunos métodos para la solución de problemas de optimización.

1.4.1. Métodos exactos

Estos métodos realizan una búsqueda exhaustiva de soluciones. A continuación se describen tres métodos exactos más conocidos utilizados en la resolución de problemas de optimización.

1.4.1.1. Búsqueda exhaustiva por Enumeración

Esta técnica a pesar de ser una de las más simples, sólo es factible para aquellos problemas en los que el espacio de búsqueda es lo suficiente pequeño y numerable. En tal caso solo se generan una a una todas las soluciones posibles y se elige aquella con mejor valor objetivo como la solución óptima del problema. Obviamente para problemas con gran cantidad de soluciones, no es factible su utilización debido al empleo exagerado de recursos (tiempo y espacio) requerido. Algunas características que posee este método son (Michalewicz & Fogel, 2000):

- Todas las soluciones deben ser generadas para poder elegir la mejor.
- No importa el orden en que se generan las soluciones, ni el orden que se evalúan (Todas se evaluarán).
- Generalmente son algoritmos simples de programar: lo único que se requiere es la generación sistemática de cada posible solución del problema, evitando repeticiones

- Pueden incorporarse técnicas para reducir la cantidad de tiempo empleado (back-tracking).

1.4.1.2. Divide y Vencerás

Es un algoritmo común en las ciencias de la computación. A partir de un gran problema se divide en sub-problemas. Si los sub-problemas continúan siendo relativamente grandes, la técnica es aplicada nuevamente hasta descomponerlos en sub-problemas suficientemente pequeños como para resolverlos directamente. La resolución de un problema mediante este método consta fundamentalmente de los siguientes pasos (Parberry & Gasarch, 2002):

Fase de División. Plantear el problema de tal manera que pueda ser descompuesto en K sub-problemas del mismo tipo, pero de menor tamaño.

Resolver independientemente todos los sub-problemas directamente, si es que son elementales, o en forma recursiva, en el caso de no serlo. Requiriendo que el tamaño de los sub-problemas sea menor que el problema original. Se garantiza la convergencia de los mismos a los casos elementales, también denominados casos base.

Combinar las soluciones obtenidas en el paso anterior para construir la solución del problema original.

1.4.1.3. Ramificación y Acotación

Este método es conocido también con Branch and Bound, consiste en un número de etapas consecutivas mediante las cuales se detecta la solución en un proceso ordenado de exploración.

Inicialmente el espacio de soluciones es particionado en subconjunto siguiendo algún criterio. Cada uno de estos subconjuntos está representado por un nodo (punto de decisión)

en un árbol y cada nodo tiene asignado un valor de cota inferior para la función objetivo. Este valor de cota se emplea para descartar aquellos nodos que no son prometedores, y así explorar los de mejor valor de cota por medio de nuevas ramificaciones. Los nodos del último nivel del árbol (hojas) que no puedan ramificarse, representan soluciones completas al problema y la menor de ellas (si se está minimizando) es la óptima (Michalewicz & Fogel, 2000).

1.4.2. Métodos de exploración dirigida

Se caracterizan porque las soluciones son encontradas interactivamente quitando la búsqueda con algún criterio. A continuación se describen dos técnicas más utilizadas.

1.4.2.1. Programación Dinámica

La solución de problemas mediante esta técnica se basa en el principio de optimalidad enunciado por Bellman en 1957 que dice: “en una secuencia de decisiones óptima toda subsecuente ha de ser también óptima” (principio no siempre aplicable a todo problema). Para que un problema pueda ser abordado por esta técnica ha de cumplir dos condiciones (Michalewicz & Fogel, 2000).

La solución al problema debe ser alcanzada a través de una secuencia de decisiones, una en cada etapa.

Dicha secuencia de decisiones ha de cumplir el principio de optimalidad

Los pasos que realiza el método son:

1. Planteamiento de la solución como una sucesión de decisiones y verificación de que cumple el principio de optimalidad.
2. Definición recursiva de la solución.

3. Cálculo de la solución óptima haciendo uso de información obtenida.

Esta técnica presenta una limitación importante: no todos los problemas pueden ser descompuestos en sub-problemas que se pueden resolver independientemente.

1.4.2.2. Algoritmos Voraces o Greedy

Estos algoritmos toman decisiones basándose en la información que tienen disponible en forma inmediata sin tener en cuenta los efectos de estas decisiones puedan tener en el futuro. El algoritmo selecciona la tarea que parezca más prometedora en un determinado instante; nunca reconsidera su decisión, sea cual fuere la situación que pudiera surgir más adelante. No hay necesidad de evaluar alternativas, ni de emplear sofisticados procedimientos de seguimiento que permitan deshacer las decisiones anteriores. Estos algoritmos están caracterizados por una función solución que comprueba si un cierto número de candidatos constituyen una solución al problema, ignorando si es o no óptima ; una función de factibilidad que comprueba si un cierto conjunto de candidatos es factible como solución al problema; una función de selección que indica cuál de los candidatos a solución es el más prometedor (que aún no ha sido rechazado ni seleccionado), y una función objetivo que evalúa la solución encontrada y retorna el valor de la misma. Estos algoritmos trabajan inicialmente con un conjunto vacío de elementos y paso a paso avanzan hasta encontrar una buena solución.

Las características que lo identifican son:

- Escogen al mejor candidato para formar parte la solución.
- Esa selección es la única inmodificable. No deshacen una selección ya realizada: una vez incorporado un elemento a la solución permanece hasta el final, lo mismo sucede si es un candidato rechazado.

- La calidad de estos algoritmos está en relación con las características de las instancias que pretenden resolver: obtiene buenos resultados para algunas instancias fáciles y malos para otras.
- Caen fácilmente en óptimos locales debido a que no analizan los vecindarios de las soluciones (criterio voraz) (Michalewicz & Fogel, 2000).

1.4.3. Métodos Heurísticos

Cuando el número de variables del problema es muy elevado, los métodos exactos (y en muchos casos los de exploración dirigida también) dejan de ser eficientes a causa de la gran cantidad de tiempo y recursos que insumen para encontrar una solución óptima. Esta ineficiencia dio origen a una clase de procedimientos simples que tratan de encontrar, de modo eficiente, una solución factible cercana a la óptima. Estos procedimientos reciben el nombre de heurísticas (del griego *heuriskein*: encontrar o descubrir).

Formalmente, una heurística es una técnica que trata de encontrar soluciones buenas (óptimas o casi óptimas) común costo computacional razonable sin “garantizar” su factibilidad ni su optimalidad. De hecho en muchos casos tampoco se pueden establecer qué tan cerca a la optimalidad se encuentra la solución.

En contraposición a los métodos exactos a los de exploración dirigida que proporcionan una solución óptima, las heurísticas se limitan a proporcionar una solución óptima, las heurísticas se limitan a proporcionar buenas soluciones aunque no necesariamente óptimas. Algunas de las razones por las cuales se utilizan métodos heurísticos son:

- No se conoce ningún método exacto que resuelva el problema.
- El método exacto es muy costoso, computacionalmente hablando.
- El método heurístico es más flexible que el exceso permitido la incorporación de

condiciones o restricciones difíciles de modelar matemáticamente.

- El método heurístico se puede utilizar como parte de un procedimiento global que garantice encontrar el óptimo del problema.

A continuación se describen algunas de las heurísticas más utilizadas en el contexto de optimización, siendo el objetivo de proporcionar una visión general de cada uno de estos métodos sin profundizar en su estudio ya que estas técnicas son muy detalladas.

1.4.3.1. Métodos heurísticos de búsqueda local

Estas técnicas basan su funcionamiento en el refinamiento iterativo de una solución factible realizando pequeñas perturbaciones en su estructura combinatoria. Los algoritmos de esta clase inicialmente construyen una solución inicial (al azar o con el uso de alguna otra heurística), y luego iterativamente se buscan nuevas soluciones que mejoren las actuales. En seguida se listan las más conocidas.

1.4.3.1.1. Recocido Simulado (Simulated Annealing)

Se basa en conceptos de física que describen el proceso sufrido por los cuerpos sólidos o líquidos al ser sometidos a un baño térmico. Al decrementarse la temperatura del cuerpo, la movilidad de las moléculas también lo hace, alineándose en una estructura cristalina. Esta estructura representa un estado de energía (el mínimo posible) en el sistema. Para asegurar que la estructura cristalina sea alcanzada, el procedimiento de enfriado debe realizarse tan lento como sea posible, ya que de no ser así se podría obtener una estructura amorfa.

En optimización, el valor mínimo esperado se representa con el mínimo estado de energía del sistema (Michalewicz & Fogel, 2000). Este método utiliza un procedimiento de ascenso (o descenso) de gradiente, que escoja una solución (aunque no siempre la mejor). Dependiendo de una temperatura, la probabilidad de seleccionar una solución peor que la

actual va descendiendo a medida que transcurre el tiempo. La temperatura se actualiza iterativamente (procedimiento de enfriado) hasta que al final del algoritmo, cuando la temperatura es cero, se escoge de forma determinística siempre la mejor solución. La actualización de la temperatura debe realizarse cuidadosamente ya que si se acelera demasiado, el algoritmo quedaría atrapado en un óptimo local. En cambio si se realiza muy lentamente, el proceso de búsqueda de la solución óptima insumiría más tiempo del necesario.

Es necesario en este algoritmo elegir una buena temperatura inicial y un correcto procedimiento de enfriado.

1.4.3.1.2. Búsqueda de Tabú

Es un algoritmo de búsqueda de vecindario iterativo (Michalewicz & Fogel, 2000), que emplea un concepto de memoria y lo implemente con estructuras simples, con el objetivo de dirigir la búsqueda de solución final en función de los resultados ya obtenidos. La técnica utiliza una memoria (denominada lista tabú) que almacena los últimos movimientos realizados, de tal forma que no se caiga en óptimos locales que allí se almacena. De esta manera el algoritmo hace uso de su historia pasada para explorar nuevas áreas. En cada iteración se elige la dirección a tomar de entre las posibles. Luego, haciendo uso de la información guardada en la lista tabú, se eliminan aquellas direcciones que no deberían explorarse nuevamente. Además de la memoria a corto plazo, diversas variantes incluyen una memoria a mediano plazo que registra los atributos más comunes de un conjunto de soluciones, u una memoria a largo plazo, que diversifica la búsqueda sobre regiones no exploradas aún. Algunas características que posee este método de búsqueda son.

- La búsqueda que se realiza es básicamente determinista (En oposición a Recocido

Simulado), aunque pueden agregarse elementos probabilísticos.

- El método fuerza a explorar nuevas áreas del espacio de búsqueda.
- La técnica fue diseñada originalmente para escapar de óptimos locales.
- Se realizan movimientos ascendentes(en inglés uphill) como los que se efectúan en Recocido Simulado, sólo cuando se ha alcanzado un óptimo local.
- Se trabaja con soluciones completas lo cual implica que si el algoritmo es finalizado antes de tiempo puede retornarse, una solución completa al problema.
- El algoritmo que implementa el método emplea varios parámetros, con lo cual el nuevo desafío es la selección correcta de los mismos.

1.4.3.1.3. Ascenso de Colina (Hill Climbing)

Estos algoritmos son locales ya que deciden que hacer teniendo en cuenta las consecuencias inmediatas de sus opciones. Muchos algoritmos heurísticos se basan en este método. Una de las tareas más importantes que llevan a cabo consiste en escoger el tamaño del paso correcto para ascender, además de iniciar correctamente el “escalado” del espacio de búsqueda. Una de las desventajas que posee esta técnica es que si la búsqueda se queda atrapada en estados lejanos al objetivo y desde los cuales no se puede salir, nunca podrá encontrar una solución al problema (Michalewicz & Fogel, 2000).

Algunos de los estados que pueden alcanzar son:

- Un óptimo local, que mejor que sus estados vecinos, aunque no mejor a otros más alejados.
- Una meseta, espacio de búsqueda en el que todo conjunto de estados vecinos tienen igual valor objetivo.
- Un risco, tipo espacial de óptimo local, imposible de atravesar con movimientos

simples.

Existen algunos caminos a seguir frente a este tipo de situaciones, aunque no se garantiza su solución:

- Para evitar los óptimos locales se pueden regresar a un estado anterior y explorar una dirección diferente (backtracking).
- Para las mesetas se puede dar un salto grande en alguna dirección para tratar de explorar una nueva sección del espacio de búsqueda.
- Para los riscos, aplicar una o más reglas antes de realizar una prueba del nuevo estado, con moverse en varias direcciones a la vez.

1.4.3.1.4. GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)

GRASP se basa en la combinación de fases de exploración. En estas se utilizan algoritmos de búsqueda local con procedimiento aleatorios para expandir el espacio de búsqueda recorrido. Entre las diferentes fases se identifican (Martín García & Valeiras Reina, 2004).

- Fase constructiva: se escogen iterativamente y al azar un elemento de una lista restringida de candidatos.
- Fase de post-procesamiento: se mejora la solución obtenida en el paso anterior. Para este paso suele emplearse una búsqueda local simple descendente.

Los principales elementos que lo componen en y determinan la técnica GRASP son: la función heurística, la forma en la que se construye la lista restringida de candidatos, el método de postprocesamiento y el criterio de parada.

Algunas características se pueden resumir en (Martín García & Valeiras Reina, 2004)

- El algoritmo es iterativo constructivo (se va agregando un elemento por iteración).

- La función objetivo es importante en la fase constructiva de la solución porque al finalizar las interacciones se espera una solución de alta calidad.
- La función miope es la que guía la búsqueda en la construcción de las soluciones, de forma tal que se efectuó el mejor movimiento en cada paso.
- Utiliza una medida miope adaptativa para tomar en cuenta las decisiones previamente tomadas.
- En cada etapa se construye una lista de candidatas admisibles ordenada de manera decreciente con respecto a su beneficio medio por la función miope.

1.4.3.2. Computación Evolutiva

Estos métodos tienen como fundamento la selección natural que sufren los individuos y se aplican a un medio artificial como es el de la computación.

La selección natural puede ser vista como un proceso de optimización en el cual los individuos de la población van mejorando su calidad para adaptarse al medio donde subsisten. En el ámbito de la computación evolutiva, este hecho también se observa haciendo referencia a un individuo como una solución potencial a un problema específico, el cuál interactúa en un medio compuesto por la función objetivo y las restricciones. La tarea es decidir cuán apto es ese individuo para sobrevivir en ese medio.

La computación evolutiva involucra métodos que trabajan con varias soluciones a la vez y no solamente con una como los hacen muchas heurísticas.

Un algoritmo evolutivo consta de una población inicial de posibles soluciones (individuos) a la cual se le aplican operadores probabilísticos para obtener nuevas soluciones, las cuales se conservan o se descartan mediante un mecanismo de selección. Este proceso iterativo recibe el nombre de generaciones, las cuales dependen del usuario o está definido por el

propio algoritmo. Los operadores probabilísticos más comunes son la recombinación, que realiza una mezcla de dos o más individuos llamados padres para obtener uno o más individuos nuevos llamados hijos; y la mutación, que consiste en una alteración aleatoria sobre un individuo para cambiarlo. La computación evolutiva puede ser dividida en dos diferentes paradigmas (Landa Becerra, 2002), los cuales comparten todas o algunas de las características antes mencionadas. Cada uno de ellos: Programación evolutiva, estrategias evolutivas, Algoritmos Genéticos y Programación Genética, se describen brevemente:

1.4.3.2.1. Programación Evolutiva

Fue propuesta por Lawrence J. Fogel, como una técnica de búsqueda en un espacio de pequeñas máquinas de estados finitos. Posteriormente fue utilizada como optimizador. El proceso de evolución consiste en encontrar un conjunto de comportamientos observados. La función de aptitud (función objetivo) “mide el error en el comportamiento” de un individuo con respecto al ambiente al cual pertenece.

La programación evolutiva posee las siguientes características (Sánchez Carperna, 2002):

- Utiliza una representación para los individuos adaptada a un problema concreto que trata de resolver.
- La mutación se realiza de acuerdo a la representación utilizada y es único operador que utiliza para producir nuevos hijos. Generalmente se utiliza el *torneo probabilístico* para seleccionar al mejor individuo que pasará a la siguiente generación (estrategia elitista).
- Si bien no se realiza cruce de individuos, la mutación es lo suficientemente flexible como para producir un efecto similar al cruce.

1.4.3.2.2. Estrategias Evolutivas

Propuestas por Ingo Rechenberg, utilizando selección, mutación y población de tamaño uno. Posteriormente, Hans-Paul Schwefel, introdujo el cruce y poblaciones con más de un individuo. Están basadas en el concepto de la evolución de la evolución. La idea es optimizar el proceso evolutivo utilizando estrategias que influyen en el medio de adaptación en paralelo con la población.

Características:

- La representación de los individuos se basa en la información genética propia del individuo.
- La mutación se realiza tanto en el material genético como en los parámetros del algoritmo
- Al igual que la mutación, el cruce de los individuos involucra la recombinación de la carga genética y de las estrategias de los individuos seleccionados como padres
- Luego de evaluar los k hijos, se seleccionan n descendientes de forma determinística mediante algún método. Por ejemplo: (n,k) selecciona los mejores n hijos, o $(n+k)$ selecciona los mejores n hijos y padres (elitista).
- Al igual que la programación evolutiva se realiza la mutación adaptativa, pero a diferencia de otra, el cruce si tienen un papel importante, especialmente para adaptar la mutación (Schwefel, 1981).

1.4.3.2.3. Algoritmos Genéticos

Presentados por John Holland en los 60s. Un Algoritmo Genético (AG) es una técnica de búsqueda iterativa inspirada en los principios de selección natural. Los AG no buscan

modelar la evolución biológica sino derivar estrategias de optimización. El concepto se basa en la generación de poblaciones de individuos mediante la reproducción de los padres.

Las principales características de estos algoritmos son:

- La representación de los individuos se realiza a través de la utilización de cadenas binarias.
- Utiliza selección proporcional: se elige el mejor individuo con base en una distribución de probabilidades a la función objetivo.
- El operador principal es la recombinación, mientras que la mutación es un operador secundario (Hillier & Lieberman, 2010)

1.4.3.3. Algoritmo Bioinspirados

Son algoritmos que están inspirados en la observación de la naturaleza y el comportamiento de los seres vivos. Algunos de estos algoritmos son: AntColony (Colonia de hormigas), Algoritmos culturales, sistema Inmune Artificial y Particle Swarm Optimización (Cúmulo de Partículas).

1.4.3.3.1. Ant Colony Optimization

Este tipo de optimización se basa en el comportamiento de las hormigas. Una característica más importante de las hormigas es que son capaces de encontrar el camino más corto entre su hormiguero y la fuente de alimento. Esto es posible gracias a una sustancia llamada feromona, que depositan para poder seguir el camino encontrado. Este proceso se dice que es “autoesfuerzo”, ya que cada hormiga que sigue el camino señalado, deposita nuevamente feromona haciendo más fuerte el rastro. Así mismo, cuando un camino no es el ideal, y por lo tanto las hormigas no lo siguen, se va evaporando la feromona en ausencia del autoesfuerzo, haciéndolo menos propenso al ser elegido.

Los algoritmos que simulan esta analogía, son de tipo constructivo: en cada iteración, cada hormiga o individuo construye una solución el problema recorriendo un grafo constructivo. Cada arista del grafo representa los posibles pasos que la hormiga puede elegir y tienen asociada dos tipos de información que guían el comportamiento del individuo (Corne, Dorijó, & Glover, 1999).

1.4.3.3.2. Algoritmos Culturales

Están basados en la teoría de sociólogos y arqueólogos que han tratado de modelar la evolución de los individuos. Tales investigaciones indican que la evolución cultural puede ser vista como un proceso de herencia en dos niveles distintos: el nivel micro-evolutivo, que consiste en el material genético heredado por los padres, y el nivel macro. Evolutivo, que es el conocimiento adquirido por los individuos a través de las generaciones. Este conocimiento, una vez que ha sido codificado y almacenado, sirve para guiar el comportamiento de los individuos que pertenecen a la población. Robert Reynolds (Reynolds, 1999) intentó captar ese fenómeno de herencia doble, de forma tal que incrementa las tasas de aprendizaje o convergencia, haciendo así que el sistema responda mejor a un gran número de problemas. Estos algoritmos operan en dos espacios. El espacio de población que, al igual que los métodos evolutivos, es el que tiene un conjunto de individuos, los cuales podrán ser reemplazados por otros, dependiendo de su aptitud. El otro espacio es el de creencias donde se almacenan los conocimientos adquiridos por los individuos de las generaciones anteriores.

1.4.3.3.3. Sistema Inmune Artificial

Bajo este nombre se le conoce al sistema adaptativo inspirado en la teoría del sistema inmune que poseen los seres vertebrados. Tanto desde el punto de vista biológico como

computacional este nuevo paradigma de optimización comparte el aprendizaje y la información guardada, ya sea sobre infecciones (en el sistema inmune real) como sobre información relevante sobre el espacio de búsqueda explorado (sistema computacional) para sortear problemas en poblaciones futuras. Existen actualmente muchos problemas de sistemas inmunes que se aplican en la resolución de variados problemas. Dependiendo del modelo que se utilice es el algoritmo que se debe de programar (no existe un algoritmo único) aunque los más destacados son los basados en el proceso de creación de defensores del sistema y en el reconocimiento de invasores. Independientemente del modelo seleccionado, Nunes de Castro y Timmis (Nunes de Castro & Timmis, 2002) sugieren utilizar un esquema algorítmico que incluya: la representación adecuada de los componentes del sistema, un conjunto de mecanismos capaces de evaluar las interacciones individuo- ambiente e individuo-individuo y, finalmente, un proceso de adaptación que gobierne las dinámicas del sistema general. El sistema inmune artificial ha sido aplicado exitosamente en problemas de robótica, seguridad en redes, optimización y, reconocimiento de patrones.

1.4.3.3.4. Particle Swarm Optimization

Esta técnica, inspirada en los patrones de vuelo de las aves, simula los movimientos de una bandada que intenta encontrar comida. En este tipo de algoritmo, el movimiento de cada individuo o partícula se ve afectado por el movimiento del mejor de toda la población (swarm) o del vecindario al que pertenezca. La trayectoria de las partículas está definida por la velocidad asociada a cada una de ellas, y es la que regula la exploración del espacio de búsqueda. Cada partícula recorre el espacio ayudada por dos valores adicionales: el mejor alcanzado por la partícula hasta el momento y el mejor alcanzado por alguna

partícula de la población. De esta manera se efectúa una búsqueda “guiada” por los espacios más prometedores (Cagnina, 2010).

Los métodos presentados aquí son solo una muestra de todos los existentes. Al igual que en muchas otras situaciones de la vida cotidiana, no existe “el método que es mejor que otro”. La conveniencia de cada uno depende del problema que se pretende resolver. Si este involucra una función continua y derivable de una sola variable independiente, probablemente los métodos que se enseñan en los cursos de cálculo serán suficientes.

En cambio, si el problema involucra una función muy complicada de decenas de variables independientes, de la que quizás no se conoce la regla de correspondencia, entonces muy probablemente (si no se tiene cierta predisposición al sufrimiento) se elija uno de los métodos heurísticos.

Entre estos dos extremos hay una amplia variedad de problemas y métodos que se pueden utilizar. Hay mucho de donde escoger. La elección debe ir en proporción al problema. Coloquialmente “no debe usarse un cañón para matar pulgas”, pero tampoco se deben “cortar olmos con machete”.

Hay varios métodos aplicables a cualquier problema, como los heurísticos, entre los que se encuentran los AG y otros métodos que exigen mucho del problema, como los basados en el cálculo diferencia (Kuri Morales & Galaviz Casas, 2002).

1.5. Algoritmos genéticos

Es un método que puede utilizarse para problemas de optimización y búsqueda inspirada en los principios de selección natural.

Los algoritmos genéticos son un procedimiento de búsqueda y optimización heurística

que utiliza una función de evaluación en base a la cual se dirige a la búsqueda. Esta función heurística pondera la calidad de cada estado. Su principal ventaja es que permite explorar un amplio espacio de estados. Sin embargo, no son óptimos. Se utilizan cuando lo que se persigue es una solución “aceptablemente buena en un tiempo razonablemente corto” (Pajares Martinsanz & Santos Peñas, 2006).

Muchos problemas tienen funciones objetivo complejas y la optimización tiene a finalizar en mínimos/máximos locales. La idea de los AG es optimizar (Hallar el máximo o mínimo) una función objetivo utilizando los principios de la selección natural sobre los parámetros de la función (Ponce Cruz, 2010).

Los AG no garantizan encontrar una solución óptima global al problema, pero encuentran una solución aceptable y rápida (Beasley, Bull, & Martín, 1993).

1.5.1. Algoritmo genético simple

Un algoritmo genético simple trabaja de la siguiente manera (Mitchel , 1999):

1. Se genera una población aleatoriamente de n 1-bit cromosomas (soluciones candidatos de un problema).
2. Se calcula la función de aptitud (Fitness) $f(x)$ de cada cromosoma x en la población. Calificando cada posible solución.
3. Se repiten los siguientes pasos hasta n generaciones han sido creadas
 - a. Se selecciona un par de cromosomas padres de la población actual, la probabilidad de selección debe ser en función de la aptitud. La selección es hecha “con sustitución” lo que significa que el mismo cromosoma se puede seleccionar más de una vez para convertirse en padre.
 - b. Con probabilidad p_c (la “probabilidad de cruzamiento”, se cruzan

aleatoriamente escogiendo un punto (escogen con probabilidad uniforme) para formar dos descendientes. Si no se hace el cruzamiento forman dos copias iguales de sus respectivos padres.

- c. Mutar los dos descendientes en cada lugar con probabilidad p_m (probabilidad de mutación) y coloque los cromosomas resultantes en una nueva población.

Si el miembro es impar, un miembro de la nueva población debe ser descartado.

4. Reemplace la población actual con la nueva población.
5. Ir al paso 2.

1.5.2. Principios Básicos

```
BEGIN /*Algoritmo Genético */
  genera la población inicial
  calcula la función de aptitud para cada individuo

  WHILE NOT termine DO
    BEGIN /* produce una nueva generación */

      FOR Tamaño de la población/2 DO
        BEGIN /* Ciclo reproductivo/*
          Seleccióanar dos individuos de la población para aparearse
          /*Sesgados a favor de un ajustador*/
          recombinar dos individuos obteniendo dos descendientes
          agregar los descendientes en la nueva generación
        END
      END

      IF población ha ocnvergido THEN
        Termina := TRUE
      END
    END
  END
```

Figura 3. Un algoritmo Genético Tradicional (Beasley, Bull, & Martín, 1993)

1.5.2.1. Función Fitness

La función fitness se idea para cada problema que se va a resolver. Devuelve un número “aptitud” o figura de mérito, se supone que será proporcional a la utilidad o habilidad de un individuo que ese cromosoma representa.

1.5.2.2. Reproducción

Durante la fase de reproducción de los AG. Los individuos seleccionados y recombinados proporcionan una descendencia que comprenderá la siguiente generación. Los padres son seleccionados aleatoriamente de la población. Los mejores individuos son seleccionados varias veces en una generación, en cambio los peores no.

Seleccionan dos padres donde sus cromosomas son recombinados. Se usan mecanismos de cruzamiento y mutación

Crossover (Cruzamiento). Toma dos individuos y corta la cadena de cromosomas aleatoriamente, se escoge una posición para producir dos segmentos “cabeza” y dos segmentos “cola”. Los segmentos cola son intercambiados para producir dos nuevas longitudes de cromosomas. Los descendientes generan genes de cada padre. Se conoce como cruza de un punto que se muestra en la Figura 4 .

No todos los pares de individuos se aparean. Estos se escogen aleatoriamente. Donde la probabilidad de cruzamiento usualmente se aplica entre 0.6 y 1.0. Si en cruzamiento no es aplicado se duplican los padres.

Mutación es aplicada a cada hijo después del cruzamiento. Aleatoriamente a cada gen con una probabilidad (usualmente 0.001). En la Figura 5 se muestra que el quinto gen del cromosoma ha sido mutado.

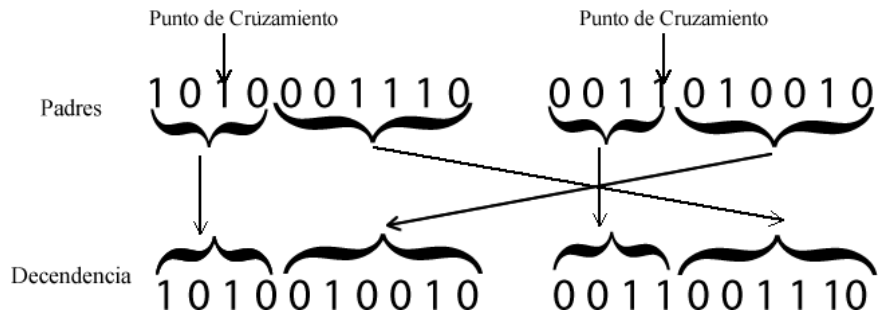


Figura 4. Cruzamiento de un punto

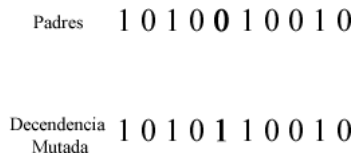


Figura 5. Mutación

1.5.2.3. Convergencia

Si el algoritmo genético es implantado correctamente, se obtiene un valor de cada generación donde se encuentra un óptimo global. Se dice que un gen ha convergido cuando el 95% de la población muestra el mismo calor. Se dice que la población converge cuando todos los genes han convergido.

1.6. Estado del arte

Durante la revisión de la literatura, se encontraron problemas relacionados con la optimización del problema de la dieta (Kahraman, Aynur , & Seven, 2005), se trata el clásico problema de optimización de la dieta con un objetivo adicional usando una calificación para los platillos acorde a su gusto personal. El objetivo adicional es maximizar la calificación máxima de la comida, por lo que el problema se convierte en multiobjetivo,

sin embargo en la práctica usan una suma ponderada, por lo que los dos objetivos se transformen en un solo objetivo como función lineal. La resolución para el problema se hizo con un Algoritmo Genético. Posteriormente (Youbo, 2006), planean una optimización para obtener un menú diario que contenga los nutrientes necesarios a mínimo costo y una calificación máxima: la calificación máxima se refiere a que el usuario a través de una interfaz califica todos los grupos de comida en una escala del 0 al 10, tratan de hacer una versión mejorada de (Kahraman, Aynur , & Seven, 2005). Planean el problema bi- objetivo de la dieta como el problema de la *mochila* en el cuál hay n número de platos correspondientes a elementos. Si un plato es incluido en el menú cambia a 1 y 0 si no. Hay dos objetivos minimizar el costo total de los platos y maximizar su satisfacción del usuario. Se implementó NSGA II que genera el menú recomendado. Otro trabajo (Youbo, 2009) presenta Quantum Particle Swarm Optimization (QPSO) combinado con Bayesian Networks (BN), para resolver el problema de la dieta multiobjetivo. Utilizan a la BN para asociar enfermedades de los pacientes y dietas que se encuentran en la base de datos. QPSO es seleccionado para algoritmo de optimización para evitar óptimos locales. Comparado con el Ag se obtienen mejores resultados.

En (Pei, Zhenkui, Liu, & Zhen, 2009) se utiliza Evolución Diferencial (ED) para la optimización multiobjetivo para una dieta nutricional. Este método usa un operador de selección de dominio para mejorar su rendimiento para favorecer a los individuos no dominados en la población. Las simulaciones llevadas a cabo resolvieron el problema entre relaciones dominadas para determinar la función de aptitud y encontrar el conjunto óptimo Pareto para el problema de la dieta nutricional. ED resultó ser más estable y más preciso comparado con un Algoritmo Genético Simple.

Capítulo 2

Descripción metodológica

Para poder obtener una herramienta de software que permite obtener un lote de alimentos para enviar a la zona inundada, se consideraron 2 enfoques.

1.- Lote de alimentos nutricional en caso de que se esté armando un plan de contingencia “antes de”, ayudando a controlar una situación de emergencia y minimizar las consecuencias negativas. De acuerdo al proyecto esfera las exigencias nutricionales que se deben tomar en cuenta de acuerdo a las necesidades de la población ajustado a las cifras con respecto a esta son de 2100 kilocalorías por día repartidas entre un 10 a 12% en proteínas, el 17% en grasa y el resto de hidratos de carbono. Se pretende armar una dieta que contenga por lo menos 6 grupos de alimentos entre frutas, verduras, cereales, leguminosas y alimentos de origen animal hasta complementar las necesidades nutrimentales antes mencionadas. Posteriormente obtener las porciones de los grupos de alimentos que se necesitan para alimentar a una cantidad de personas por una cantidad de días y finalmente obtener un lote de alimentos que se puede enviar a la zona afectada. Sin embargo, se tienen que adquirir los alimentos por donaciones o encontrar financiamiento para poder comprarlos; adicionalmente se decidió manejar el enfoque de alimentación con los alimentos que son donados en centro de Acopio.

2.- Lote de Alimentos formado con donación de Alimentos que recibe un centro de Acopio. Como parte de un plan de contingencia “durante”. Considerando que los medios de comunicación difunden la noticia de la inundación e indagan en los posibles daños y

alimentos que se necesitan, lo anterior provoca que lleguen donaciones inapropiadas al centro de Acopio, donde el objetivo ya no es armar una dieta nutricional, si no alimentar a los damnificados con los alimentos que se encuentran disponibles. Para el armado de este lote de alimentos se consideran todos los alimentos que se llevan a un centro de Acopio donde un experto registra el beneficio que le proporcionará a la población.

Por lo que la estructura general del sistema debe contemplar los dos enfoques y el usuario debe decidir si usar una u otra. Si se trata de nutrir a la población se utiliza el método Simplex para la obtención del Lote de Alimentos. Si se trata de alimentar a la población afectada con los alimentos que existen se utilizan la técnica de Algoritmos Genéticos para seleccionar aquellos alimentos que no sobrepasan la capacidad de carga de transporte del vehículo en que se enviarán los alimentos.

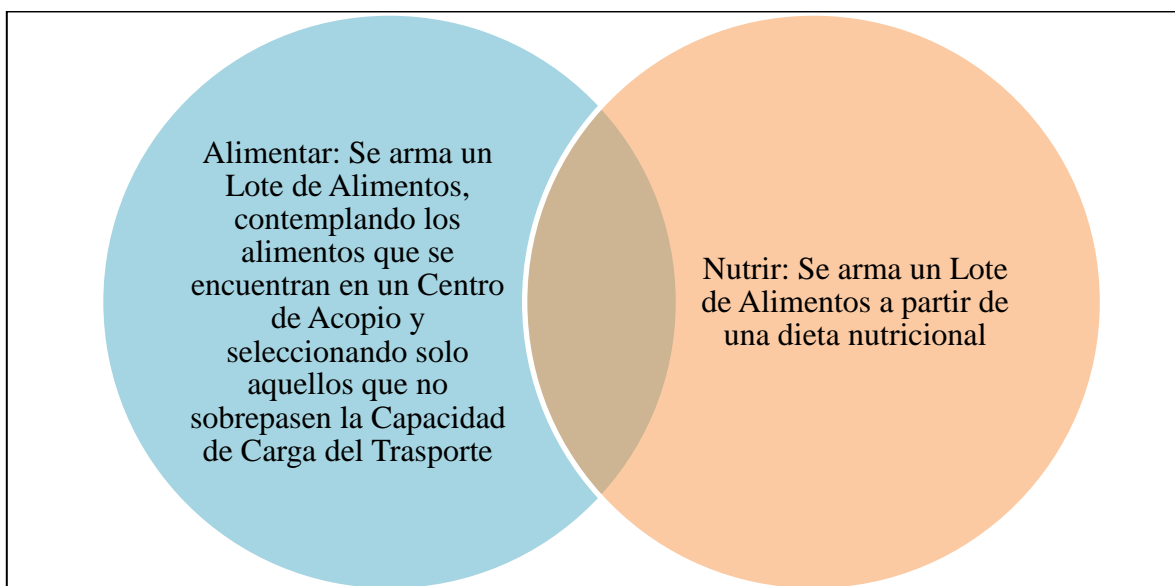


Figura 6. Componentes del Sistema de Información

2.1. Método utilizado para armar un Lote Nutricional

El método Simplex permite obtener buenos resultados en lo que se refiere a funciones

lineales. Dentro de la literatura nos presenta el problema de la dieta que consiste en la determinación de un menú saludable a menor costo posible.

Para este problema nos enfrentamos al envío de un menú nutritivo a una Zona afectada. Por lo que acoplamos el problema de la dieta para obtener el Lote de alimentos nutricional de la siguiente manera:

1. Se usó el catálogo de tipo de alimentos basándonos en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes que contiene un gran número de alimentos con un aporte nutricional promedio. Sin embargo dado que en nuestra investigación no pudo ser posible la determinación de alimentos por localidad se utilizó la tabla nutrimental promedio de los grupos en el sistema de Equivalente que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Aporte Nutrimental Promedio de los Grupos en el Sistema de Equivalentes. (Pérez Lizaur, Palacios Gonzalez, & Castro Becerra, 2008)

Grupo en el Sistema de Equivalentes	Energía	Proteína	Lípidos	Hidratos de Carbono	Conteo de Hidratos de Carbono
Verduras	25	2	0	4	0
Frutas	60	0	0	15	1
Cereales sin Grasa	70	2	0	15	1
Cereales con Grasa	115	2	5	15	1
Leguminosas	120	8	1	20	2
Alimentos de origen Animal muy bajo Aporte en Grasa	40	7	1	0	0
Alimentos de Origen Animal Bajo Aporte en Grasa	55	7	3	0	0
Alimentos de Origen Animal	75	7	5	0	0

moderado aporte de grasa					
Alimentos de origen animal alto	100	7	8	0	0
aporte en grasa					
Leche descremada	95	9	2	12	1
Leche semidescremada	110	9	4	12	1
Leche entera	150	9	8	12	1
Leche con azúcar	200	8	5	30	2
Aceites y Grasas sin proteína	45	0	5	0	0
Aceites y grasas con proteína	70	3	5	3	0
Azúcares sin grasa	40	0	0	10	1
Azúcares con grasa	85	0	5	10	1
Alimentos libres de energía	0	0	0	0	0
Bebidas alcohólicas	140	0	0	20	2

2. Para que una dieta pueda ser saludable debe de cumplir una cantidad de kilocalorías.

En este caso el proyecto Esfera nos dice que para situaciones de emergencia es necesario abarcar unas 2100 kilocalorías por persona. Estas kilocalorías deben estar repartidas entre un 10 al 15% de proteínas, un 60 a 65% de Hidratos de Carbono y una 20 a 25 % de grasas. Y hacer una combinación variada por lo menos de verduras, frutas, cereales y tubérculos y leguminosas, alimentos de origen animal, aceites y grasas. Este tipo de alimentos es el que el experto nutriólogo debe de elegir para poder balancear la dieta en desayuno, comida y cena por lo que es importante considerarlo dentro del modelo.

3. Una vez que se determinan las kilocalorías a cubrir, el porcentaje que se le dará de

cada nutrimento y los tipos de alimento a considerar se formula la función objetivo.

Para poder formular la Función Objetivo, podemos observar en la Tabla 2 que todos los tipos de alimento van a tener algo de proteínas, hidratos de carbono y grasas por lo que en primera instancia todos los tipos de alimentos elegidos por el nutriólogo conforman una cantidad de kilocalorías, sin embargo estas no son las necesarias a las kilocalorías que son requeridas. Por lo que se formula el modelo a partir del faltante de Kilocalorías en proteínas, hidratos de Carbono y Grasas quedando la función objetivo de la siguiente manera:

$$NA = P + G + H \quad (1)$$

Dónde:

NA= Nutrimento del alimento

P= Proteínas

G= Grasas

H= Hidratos de Carbono

$$T = \begin{matrix} P_{x_1} & G_{x_1} & H_{x_1} \\ P_{x_2} & G_{x_2} & H_{x_2} \\ P_{x_3} & G_{x_3} & H_{x_3} \\ P_{x_n} & G_{x_n} & H_{x_n} \end{matrix} \quad (2)$$

$$F_P = \sum_{P_{x_1}}^{P_{x_n}} - R_P \quad (3)$$

$$F_G = \sum_{G_{X_1}}^{G_{X_n}} - R_G \quad (4)$$

$$F_H = \sum_{H_{X_1}}^{H_{X_n}} - R_H \quad (5)$$

Donde:

X_n = Tipo de Alimento

T= Alimentos que conforman el menú por cada Tiempo(Tiempo= Desayuno, Comida, Cena)

R= Cantidad requerida del nutrimento

F= Cantidad faltante del nutrimento

El modelo se diseñó en función de encontrar la cantidad de alimentos para cubrir las P, H, G faltantes. La función general objetivo se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Maximizar: } TA_{X_1} + TA_{X_2} + TA_{X_3} + \dots + TA_{X_n} \quad (6)$$

$$\sum_{P_{X_1}}^{P_{X_n}} \leq F_P$$

$$\sum_{G_{X_1}}^{G_{X_n}} \leq F_G$$

$$\sum_{H_{X_1}}^{H_{X_n}} \leq F_H$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \geq 0$$

Donde:

TA= Tipo de alimentos (por ejemplo: TA verduras=1, TA frutas=2)

4. Se resuelve la Función objetivo mediante el Método Simplex
5. Para obtener el Lote de Alimentos Nutricional. Se multiplica por el número de personas a alimentar y el número de días en que se proporcionara la ayuda

2.1.1. Diseñar un componente de software para obtención del lote de Alimentos por el método Simplex

En esta sección se presenta el diseño y desarrollo de la Interfaz aplicando el método propuesto

1. Establecer el lugar donde existe la posibilidad que va a ocurrir la inundación. El sistema cuenta con un catálogo de localidades donde tiene registrada la cantidad de personas basándonos en los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Cabe señalar que solo se alimentó a la base de Datos con algunas localidades del estado de Tabasco. Estos datos pueden modificarse por el usuario del sistema.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS

Inicio Admin Catalogos Nutrición Alimentación Salir

Listar Nuevo lugar

Lugar

* Fecha: 2012-12-13
 idlugar:
 * Estado:
 * Municipio:
 * Localidad:
 * Cantidad de personas:
 * Número de días: 3

Grabar Cancelar

W&L Technologies ©2011 Acerca de...
 TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS A SIAG

Figura 7. Determinación del lugar donde posiblemente ocurrirá una inundación

2. Determinar las kilocalorías a Cubrir. El sistema toma por defecto una cantidad de kilocalorías de acuerdo al programa Esfera, dando posibilidad al usuario de modificar estos valores. Cabe mencionar que el reparto de entre tiempo de hace de 2/5 para la desayuno, 2/5 para Comida y 1/5 para la cena.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS

Inicio Admin Catalogos Nutrición Alimentación Salir

Listar Nuevo lugar

Lugar

Determinar Calorias

* Numero de Kilocalorias a Cubrir: 2100
 * Proteinas: 10
 * H. Carbono: 65
 * Lipidos: 25

Grabar Cancelar

Figura 8. Pantalla que muestra la determinación de kilocalorías a cubrir por persona.

3. Seleccionar el tipo de alimentos que se va a contemplar para balancear la dieta.
Una de las restricciones del sistema es que el usuario debe de elegir por lo menos 6 tipos de alimentos diferentes.

The screenshot shows the SIAG (Sistema de Información para la Obtención del Lote de Alimentos) web application. The title is "SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS". The navigation menu includes Inicio, Admin, Catalogos, Nutrición, Alimentación, and Salir. Below the menu are buttons for "Listar" and "Nuevo lugar". The main content area is titled "Lugar" and "Planeacion de Dieta". It contains a section "Selecciona los tipos de Alimentos que contemplaras en la dieta" with a table of food types and selection checkboxes.

Tipo de alimento	Selecciona
Verduras	<input checked="" type="checkbox"/>
Frutas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cereales sin Grasa	<input type="checkbox"/>
Cereales con Grasa	<input checked="" type="checkbox"/>
Leguminosas	<input checked="" type="checkbox"/>
Alimentos de origen Animal muy bajo Aporte en Grasa	<input type="checkbox"/>
Alimentos de Origen Animal Bajo Aporte en Grasa	<input type="checkbox"/>
Alimentos de Origen Animal moderado aporte de grasa	<input type="checkbox"/>
Alimentos de origen animal alto aporte en grasa	<input checked="" type="checkbox"/>
Leche descremada	<input type="checkbox"/>
Leche semidescremada	<input type="checkbox"/>
Leche entera	<input type="checkbox"/>
Leche con azucar	<input type="checkbox"/>
Aceites y Grasas sin proteina	<input type="checkbox"/>
Aceites y grasas con proteina	<input type="checkbox"/>
Azucares sin grasa	<input type="checkbox"/>
Azucares con grasa	<input checked="" type="checkbox"/>
Alimentos libres de energia	<input type="checkbox"/>
Bebidas alcoholicas	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the form are buttons for "Grabar" and "Cancelar".

Figura 9. Seleccionar el tipo de Alimentos a considerar en la dieta

4. Se formula el modelo lineal como ya se mencionó anteriormente. El sistema formula el modelo lineal y lo muestra al usuario
5. Se presenta el lote de Alimentos con las porciones que se necesitan de cada tipo de alimento. Dejando a consideración del nutriólogo o usuario la capacidad de conseguir o comprar dichos alimentos.



Figura 10.Formulación del modelo lineal y resolución por el método Simplex

2.2. Método utilizado para armar un Lote de Alimentos con el Algoritmo Genético

Fase 2. Aplicación de un Algoritmo genético para obtener un lote de alimentos. Se consideran el alimento disponible gracias a las donaciones, seleccionando aquellos alimentos que proporcionen un mayor beneficio a la comunidad sin sobrepasar la capacidad de carga de transporte en que se enviarán los alimentos.

1. Para el diseño y desarrollo del sistema se consideró un catálogo de alimentos especificando el nombre del alimento, el tipo de alimento basado en el Sistema Mexicano de alimentos Equivalentes, la unidad de medida y el peso ponderado en Kilogramos.

2. Posteriormente se registra el lugar donde ocurrió la inundación y se procede a registrar la cantidad de alimentos que han sido donados.
3. El experto nutricionista o la persona encargada de acuerdo al tipo de alimento donado y el peso, debe de agregar el beneficio que le proporcionará a la población de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3. Valores correspondientes para el beneficio que se le proporcionará a cada alimento determinados por un experto basado en la población afectada

Beneficio	Valor
Muy poco útil	1
Poco útil	2
Útil	3
Muy útil	4

Para cumplir con las restricciones de seleccionar los alimentos que proporcionan un mayor beneficio a la población y que no sobrepase la capacidad de carga de transporte se propone la técnica de *Algoritmos Genéticos* que incluye lo siguiente:

1. Por medio de una consulta a la base de datos, se obtienen el inventario de alimentos disponibles en el centro de acopio con su respectivo beneficio y su peso ponderado en Kilogramos.
2. El problema requiere maximizar los alimentos que proporcionen mayor beneficio a la población sin sobrepasar la capacidad de carga de transporte especificado por el usuario del sistema.

A continuación se especifica cómo se implementó el Algoritmo Genético en el sistema.

Estructura Del Algoritmo Genético

1. Se genera la población Inicial.
2. Se evaluá la función de aptitud.
3. Selección de padres de formarán parejas por Torneo.
4. Se aplica la cruce de un punto y se obtienen los hijos
5. Se aplica una probabilidad de mutación del 0.001
6. Padres e hijos forman una nueva población
7. Se repite del paso 2 al 6 hasta cumplir con la condición de Finalización.

1. Generación de la población inicial. De acuerdo al número de alimentos que arroja la consulta SQL, se genera la población inicial de forma aleatoria. El número de alimentos obtenidos por la consulta SQL va a ser igual al número de genes que formará un individuo generado de manera aleatoria. Donde cada gen (0,1) indicará si el alimento se incluye o no en el Lote de alimentos. Específicamente un valor 0 indica que el alimento no se incluirá y un valor 1 si es lo contrario, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplificación de la formación de un individuo con genes aleatorios

No.	Alimento	Peso total Kg.	Beneficio	Gen Generado aleatoriamente
1	Arroz	22	4	1
2	Lenteja cruda	3	4	0
3	Aceite	4	4	1
4	Atún	3	4	0
5	Sardina	2	3	0
6	Soya	2	3	0
7	Queso	1	1	0
8	Agua	7	1	0
9	Leche	1	4	0
10	Cereal	2	4	1

2. Se evalúa la función de aptitud. Para evaluar la función de aptitud es necesario reiterar que el lote de alimentos está formado por n alimentos, sujeto a las restricciones que son: Primero la capacidad del medio de transporte ponderado en kilogramos que no deberá ser sobrepasado y segundo, solo aquellos alimentos que aporten un mayor beneficio a la población podrán ser elegidos. Como ya se había mencionado anteriormente cada gen nos indica si el alimento se incluirá o no en el lote de alimentos que se enviará a la zona afectada, si el valor del gen es 1 se multiplicará por el peso del alimento como se muestra en la ec. 1, se hará lo mismo con el beneficio que le aporta a la población como se muestra en la ec.2.

$$P_{LA} = \sum_{A_1}^{A_n} PA * Gen_1 \quad (1)$$

$$B_{LA} = \sum_{A_1}^{A_n} BA * Gen_1 \quad (2)$$

Para evaluar si la solución obtenida por el AG es mejor que otra aplicamos una calificación para la ec.1 y para la ecuación 2. La matriz de calificaciones está formada por dos elementos. El primero contiene las calificaciones con respecto al peso y el

segundo con respecto al beneficio. Las calificaciones con respecto al peso se asignan en base a la capacidad de carga de transporte y se le asigna la calificación de 100 y va en decremento hasta llegar a la calificación 0. Con respecto al beneficio la calificación de 100 es asignada a la sumatoria de los beneficios de todos los alimentos donados para la zona inundada.

$$\text{Calificación peso} \{100,91.6,83.3,75,66.6,58.3,50,41.66,33.33,25,16.83,8.03,0\} \quad (3)$$

$$\text{Calificación beneficio} \{100,85.7,71.42,57.14,42.85,28.57,14.28,0\} \quad (4)$$

Una vez que se forma la matriz de calificaciones, se asigna una calificación al peso obtenido en la ec.1, de igual forma se le asigna una calificación al beneficio obtenido en la ec. 2 y se suman los resultados como se muestra en ec. 3, que nos asigna la aptitud de cada individuo con la restricción de que no sobrepase la carga de transporte.

$$A_{LA} = CA_{PLA} + CA_{BLA} \quad (3)$$

Restricción:

$$PLA < LCT$$

$$i=1,2,3,\dots,n$$

$$A=1,2,3,\dots,n$$

Donde:

A_n =Alimento

LA =Lote de alimentos

P_{LA} =Peso del Lote de Alimentos

B_{LA} =Beneficio del Lote de Alimentos

LCT = Limite de carga de transporte

A_{LA} = Aptitud del lote de alimentos

CA_{PLA} = Calificación del peso del lote de alimentos

CA_{BLA} =Calificación de Beneficio del lote de alimentos

2.2.1. Implementación del algoritmo genético

Para el desarrollo de sistema de programo el algoritmo antes descrito en el lenguaje de programación PHP 5.0. Quedando la interfaz la siguiente interfaz.

1. Se elige el lugar donde ocurrió la inundación. El sistema arroja algunos datos como el número de personas y el número de días que se requieren los alimentos, pero el usuario tiene la posibilidad de cambiar estos valores.

The screenshot shows the SIAG (Sistema de Información para la Obtención del Lote de Alimentos) web application. The title is "SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS". The navigation menu includes Inicio, Admin, Catalogos, Nutrición, Alimentación, and Salir. There are buttons for "Listar" and "Nuevo lugar". The main section is titled "Lugar" and contains the following form fields:

- * Fecha: 2012-11-19
- idlugar: 1
- * Estado: 27 : Tabasco
- * Municipio: Balancán
- * Localidad: BALANCÁN
- * Cantidad de personas: 13030
- * Número de días: 1

At the bottom of the form are buttons for "Grabar" and "Cancelar".

Figura 11. Pantalla de captura del lugar donde ocurrió la Inundación.

2. Se agregan la cantidad de alimentos Donados como se muestra en la Figura 13. En caso de que el alimento no exista en el catálogo, el usuario puede agregar el tipo de alimento dentro del catálogo de alimentos donados como se muestra en la Figura 14.
3. Una vez que ya se tienen todos los alimentos donados, se procede a capturar el límite de carga de transporte del vehículo en que se van a enviar los alimentos donados como

se muestra en la Figura 12, donde al dar clic en el botón aplicar el AG selecciona aquellos que no sobrepasen la carga de transporte del vehículo y tengan un mayor beneficio para la población con un Algoritmo Genético.

The screenshot shows the SIAG system interface. At the top, there is a logo with a shopping bag and the text 'SIAG'. Below the logo, the title reads 'SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS'. A navigation menu includes 'Inicio', 'Admin', 'Catalogos', 'Nutrición', 'Alimentación', and 'Salir'. There are buttons for 'Listar' and 'Nuevo lugar'. The main content area has a header 'Lugar' and instructions: 'Agregar alimentos Donados', 'Agregar el Beneficio nutricional de cada alimento donado', and 'Seleccionar alimentos con AG.'. A table displays the following data:

Alimento	Peso	Beneficio
arroz	22	4
Lenteja gruesa	3	4
Aceite	4	4
atun	3	4
sardina	2	4
soya	2	1
queso	1	4
agua	7	4
leche	1	2
cereal	2	2
Total	47	33

Below the table, there is a text input field for '* Capacidad del Transporte' followed by 'kg.'. At the bottom, there are two buttons: 'Aplicar AG' and 'Cancelar'.

Figura 12. Pantalla donde se introduce la capacidad de carga de transporte y se seleccionan los alimentos a enviar a la zona afectada mediante la técnica de AG

4. Se obtienen los resultados pertinentes.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS

SIAG

Inicio Admin Catalogos Nutrición Alimentación Salir

Listar Nuevo lugar

Lugar
Agregar alimentos Donados

* Donador:

Alimento:

* Cantidad:

Grabar Cancelar

Mostrando registros 1 a 11 de 11 registros en pagina: 25

Opciones	Donante	Nombre	Unidad	Kg.	Cantidad
	General	arroz	g	2	1
	General	Lenteja gruesa	Kilo	3	1
	General	Acete	Litro	4	1
	General	atun	Envase	3	1
	General	sardina	Envase	2	1
	General	soya	Kilo	2	1
	General	queso	Kilo	1	1
	General	agua	Litro	7	1
	General	leche	Litro	1	1
	General	cereal	Envase	2	1
	General	arroz	g	2	10

Mostrando registros 1 a 11 de 11 registros en pagina: 25

Figura 13. Se registran los alimentos que son Donados

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS

SIAG

Inicio Admin Catalogos Nutrición Alimentación Salir

Registro de Tipos de Alimento Donado

Nombre	Tipo de Alimento	Unidad	Peso	
arroz	Cereales sin Grasa	g	2	
Lenteja gruesa	Leguminosas	Kilo	3	
Acete	Aceites y grasas con proteina	Litro	4	
atun	Alimentos de origen animal alto aporte en grasa	Envase	3	
sardina	Alimentos de origen Animal muy bajo Aporte en Grasa	Envase	2	
soya	Leguminosas	Kilo	2	
queso	Alimentos de origen animal alto aporte en grasa	Kilo	1	
agua	Alimentos libres de energia	Litro	7	
leche	Leche entera	Litro	1	
cereal	Cereales sin Grasa	Envase	2	

Mostrando 1 - 10 de 10 Registros

De Página: 1

Buscar:

W&L Technologies ©2011 Acerca de...
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS A SIAG

Figura 14. Catalogo de tipos de Alimentos

Capítulo 3

Resultados

Para evaluar las técnicas se presentan los siguientes resultados. En primer lugar se presenta la corrida del de la obtención del lote nutricional por el método simplex y en segundo lugar el método por Algoritmo Genéticos de selecciona los alimentos que no sobrepasen la carga de transporte del vehículo en que se enviaran los alimentos.

3.1. Obtención del lote nutricional con el método simplex.

Se hizo la siguiente prueba con el estado de Tabasco, municipio de Balacán dentro de la localidad de Balacán donde de acuerdo al Censo 2010 tienen una población de 13,030 para un periodo de 3 días personas, reiteramos que este Lote de alimentos se formaría como plan de contingencia. En la Figura 15 muestra la pantalla de captura que el usuario debe introducir los valores que se mencionaron antes, tanto el número de personas como el número de días pueden ser editables, el sistema solo toma valores de sugerencia para facilitar la toma de decisiones.

Figura 15. Pantalla donde se elige como lugar la localidad de Balacán.

El sistema fue desarrollado para el usuario vaya siguiendo las instrucciones y le facilite el seguimiento por lo que al dar clic en grabar nos muestra las kilocalorías que deben abarcar para la localidad de Balacán, igualmente aparecen por default la opción de 2100 kilocalorías. Para la siguiente prueba vamos a usar 2100 kilocalorías con un reparto de proteínas del 15%, hidratos de carbono de 60% y lípidos de 25%, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16. Determinación de las kilocalorías a cubrir para la localidad de Balacán

Una vez que se determinan las kilocalorías procedemos a elegir el grupo de alimentos para la localidad de Balacán como lo muestra la Figura 17, que son verduras, frutas, cereales con grasa, alimentos de origen animal con alto aporte en grasa, leguminosas y aceites y grasas con proteínas, que da un total de 6 grupos de alimentos donde la clave del grupo que se tiene registrada en la base de datos, por ejemplo verduras tiene la clave 2, frutas la clave 4, etc., servirá para armar la función objetivo.

Tabla 5.Datos de entrada para poder armar la función objetivo para la localidad de Balacán

Datos de entrada	
Nombre	Valor
Localidad	Balacán
Número de días	3
Kilocalorías a cubrir	2100
Proteínas	15
Hidratos de Carbono	60
Lípidos	25
Grupo de alimentos	1.-Verduras 2.-Frutas 4.-Cereales con Grasa 5.- Leguminosas 9.-Alimentos de origen animal alto aporte en grasas 15.- Aceites y grasas con proteínas

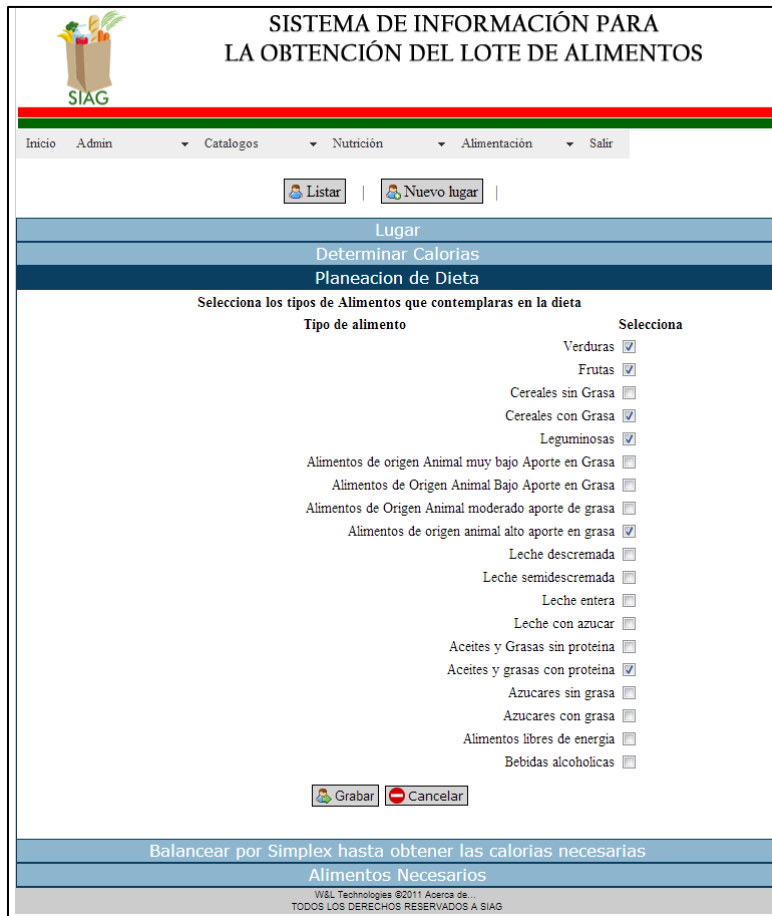


Figura 17. Elección de los grupos de alimentos que se contemplaron para la localidad de Balacán.

Después de seleccionan los tipos de alimentos para la localidad de Balacán, los datos de entrada se muestran en la Tabla 5, que nos sirvieron para armar nuestra función objetivo.

Repartimos las kilocalorías en $2/5$ para el desayuno, $2/5$ para la comida y $1/5$ para la cena. Recordemos que solo calculamos el faltante en Kilocalorías como se mencionó en la metodología. Que dando la siguiente función objetivo para la localidad de Balacán que se muestra en la Figura 18 para el desayuno y comida, donde a la tercera iteración se obtuvo el resultado de $x_1=19/5$ $x_2=257/75$, que representa x_1 =verduras con un valor de 3.8 y x_2 =frutas con un valor de 3.42

Representación del problema

$$\max z = x_1 + 2 x_2 + 4 x_3 + 5 x_4 + 9 x_5 + 15 x_6$$

Sujeto a:

$$1) 2 x_1 + 2 x_3 + 8 x_4 + 7 x_5 + 3 x_6 \leq 10$$

$$2) 4 x_1 + 15 x_2 + 15 x_3 + 20 x_4 + 3 x_6 \leq 69$$

$$3) 5 x_3 x_4 + 8 x_5 + 5 x_6 \leq 4$$

$$x_i \geq 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, 6$$

Figura 18. Representación del problema para el desayuno y Comida para la localidad de Balacán

Donde x_1 = verduras, x_2 =Frutas, x_3 =Cereales con grasa, x_4 =Leguminosas, x_5 =Alimentos de Origen animal con alto aporte en grasas, x_6 =Aceites y grasas con proteínas, donde las proteínas sean menor o igual al 10 gramos, los hidratos de carbono menores o iguales a 69 y los lípidos menos o igual a 4 gramos.

A continuación se presentan las tres iteraciones que se hicieron para llegar al resultado.

Tabla No. 0:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	0	-1	-2	-4	-5	-9	-15	0	0	0	Indices base: $S = \{7, 8, 9\}$ Solución Basica: $z = 0$ $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 0, x_7 = 10, x_8 = 69, x_9 = 4,$
r1	10	2	0	2	8	7	3	1	0	0	
r2	69	4	15	15	20	0	3	0	1	0	
r3	4	0	0	5	1	8	5	0	0	1	

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r3 Columna x6.

Figura 19. Iteración 1 para el problema de desayuno y cena

Tabla No. 1:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	12	-1	-2	11	-2	15	0	0	0	3	Indices base: $S = \{7, 8, 6\}$ Solución Basica: $z = 12$ $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 4/5, x_7 = 38/5, x_8 = 333/5, x_9 = 0$
r1	38/5	2	0	-1	37/5	11/5	0	1	0	-3/5	
r2	333/5	4	15	12	97/5	-24/5	0	0	1	-3/5	
r3	4/5	0	0	1	1/5	8/5	1	0	0	1/5	

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r2 Columna x2.

Figura 20. Iteración 2 para el problema de desayuno y cena

Tabla No. 2:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	522/25	-7/15	0	63/5	44/75	359/25	0	0	2/15	73/25	Indices base: $S = \{7, 2, 6\}$ Solución Basica: $z = 522/25$ $x_1 = 0, x_2 = 111/25, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 4/5, x_7 = 38/5, x_8 = 0, x_9 = 0$
r1	38/5	2	0	-1	37/5	11/5	0	1	0	-3/5	
r2	111/25	4/15	1	4/5	97/75	-8/25	0	0	1/15	-1/25	
r3	4/5	0	0	1	1/5	8/5	1	0	0	1/5	

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r1 Columna x1.

Figura 21. Iteración 3 para el problema de desayuno y cena

Tabla No. 3:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	1699/75	0	0	371/30	347/150	2231/150	0	7/30	2/15	139/50	Indices base: S = { 1, 2, 6 } Solución Basica: z = 1699/75 $x_1 = 19/5, x_2 =$ $257/75, x_3 =$ $0, x_4 = 0, x_5 =$ $0, x_6 = 4/5, x_7 =$ $0, x_8 = 0, x_9 =$ 0
r1	19/5	1	0	-1/2	37/10	11/10	0	1/2	0	-3/10	
r2	257/75	0	1	14/15	23/75	-46/75	0	-2/15	1/15	1/25	
r3	4/5	0	0	1	1/5	8/5	1	0	0	1/5	

$x_1=19/5, x_2=257/75, x_3=0, x_4=0, x_5=0, x_6=4/5, x_7=0, x_8=0$

Figura 22. Iteración 4 para el problema de desayuno y cena

La función objetivo para la cena que contempla 1/5 del total de kilocalorías donde la función objetivo a resolver se muestra en la Figura 23 y se obtuvo el resultado en tres iteraciones don x_2 =frutas con valor de 0.4.

Representación del problema

$$\max z = x_1 + 2 x_2 + 4 x_3 + 5 x_4 + 9 x_5 + 15 x_6$$

Sujeto a:

- 1) $2 x_1 + 2 x_3 + 8 x_4 + 7 x_5 + 3 x_6 \leq 0$
- 2) $4 x_1 + 15 x_2 + 15 x_3 + 20 x_4 + 3 x_6 \leq 6$
- 3) $5 x_3 + 8 x_4 + 8 x_5 + 5 x_6 \leq 0$

$x_i \geq 0$ para $i = 1, \dots, 6$

Figura 23. Función objetivo para la Cena para la localidad de Balacán

Tabla No. 0:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	0	-1	-2	-4	-5	-9	-15	0	0	0	Indices base: S = { 7, 8, 9 } Solución Basica: z = 0 $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 0, x_7 =$ $0, x_8 = 6, x_9 = 0,$
r1	0	2	0	2	8	7	3	1	0	0	
r2	6	4	15	15	20	0	3	0	1	0	
r3	0	0	0	5	1	8	5	0	0	1	

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r1 Columna x6.

Figura 24. Iteración 1 para la solución de la función objetivo para la cena

Tabla No. 1:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	0	9	-2	6	35	26	0	5	0	0	Indices base: S = { 6, 8, 9 } Solución Basica: z = 0 $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0,$ $x_6 = 0, x_7 = 0, x_8 = 6, x_9 = 0,$
r1	0	2/3	0	2/3	8/3	7/3	1	1/3	0	0	
r2	6	2	15	13	12	-7	0	-1	1	0	
r3	0	-10/3	0	5/3	-37/3	-11/3	0	-5/3	0	1	

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r2 Columna x2.

Figura 25. Iteración 2 para la solución de la función objetivo para la cena

EL algoritmo sigue iterando
Fila Pivote r2 Columna x2.

Tabla No. 2:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9		
r0	4/5	139/15	0	116/15	183/5	376/15	0	73/15	2/15	0	Indices base: S = { 6, 2, 9 } Solución Basica: z = 4/5 $x_1 = 0, x_2 = 2/5, x_3 = 0,$ $x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 0, x_7 = 0,$ $x_8 = 0, x_9 = 0,$
r1	0	2/3	0	2/3	8/3	7/3	1	1/3	0	0	
r2	2/5	2/15	1	13/15	4/5	-7/15	0	-1/15	1/15	0	
r3	0	-10/3	0	5/3	-37/3	-11/3	0	-5/3	0	1	

$x_1=0, x_2=2/5, x_3=0, x_4=0, x_5=0, x_6=0, x_7=0, x_8=0$

Figura 26. Iteración 3 para la solución de la función objetivo para la cena

Con esto se obtiene la cantidad de porciones que se necesitan para una persona, para un día mostrado en la Figura 27, haciendo las operaciones pertinentes se obtiene el lote de alimentos nutricional para la localidad de Balacán mostrado en la Figura 28

La cantidad de Alimentos obtenida por el método Simplex

Tipo de Alimento	Cantidad de Porciones	Porciones Repartidas en:			Proteína	H.Carbono	Lípidos
		Desayuno	Comida	Cena			
Verduras	9	4	4	1	2	4	0
Frutas	9	4	4	1	0	15	0
Cereales con Grasa	3	1	1	1	2	15	5
Leguminosas	3	1	1	1	8	20	1
Alimentos de origen animal alto aporte en grasa	3	1	1	1	7	0	8
Aceites y grasas con proteína	3	1	1	1	3	3	5

Figura 27. Cantidad de porciones obtenida por el método simplex para la localidad de Balacán

Alimentos Necesarios	
Lote de Alimentos que se necesitan para el estado de BALANCÁN Municipio de Balacán Estado de Tabasco para 3 días	
Tipo de Alimento	Número de Porciones
Verduras	351810
Frutas	351810
Cereales con Grasa	117270
Leguminosas	117270
Alimentos de origen animal alto aporte en grasa	117270
Aceites y grasas con proteína	117270

W&L Technologies ©2011 Acerca de...
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS A SIAG

Figura 28. Lote de alimentos que se necesitan para la localidad de Balacán para un periodo de 3 días

3.2. Obtención del Lote de Alimentos para alimentar con el Algoritmo Genético

Elegimos el mismo estado de Tabasco, municipio de Balacán, localidad de Balacán como se muestra en la Figura 29.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LOTE DE ALIMENTOS

Inicio Admin Catalogos Nutrición Alimentación Salir

Listar Nuevo lugar

Lugar

* Fecha: 2012-11-19

idlugar: 1

* Estado: 27 : Tabasco

* Municipio: Balacán

* Localidad: BALANCÁN

* Cantidad de personas: 13030

* Número de días: 3

Grabar Cancelar

Agregar alimentos Donados
 Agregar el Beneficio nutricional de cada alimento donado
 Seleccionar alimentos con AG.
 Alimentos Seleccionados con AG.

W&L Technologies ©2011 Acerca de...
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS A SIAG

Figura 29. Elección de la localidad de Balacán para obtener el Lote de Alimentos "durante" del plan de Contingencia
Después de la elección de lugar se registraron los alimentos mostrados en la Figura 30,

posteriormente a cada tipo de alimento se le agregó un beneficio como se muestra en la Figura 31.

Se elige la capacidad de carga de transporte de como se muestra en la Figura 32, en este caso fue de 900 kg, el peso total de los alimentos donados fue de 1181.19 Kg., con un beneficio de 51 puntos.

Agregar alimentos Donados					
* Donador: <input type="text"/>					
Alimento <input type="text"/>					
* Cantidad <input type="text"/>					
<input type="button" value="Grabar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>					
Mostrando registros 1 a 23 de 23				registros en pagina: 25	
Opciones	Donante	Nombre	Unidad	Kg.	Cantidad
	General	arroz	Kilo	1.000	100
	General	Lenteja cruda	Kilo	1.000	50
	General	Aceite	Litro	1.000	30
	General	Atún	Lata	0.130	20
	General	sardina	Lata	0.430	90
	General	soya	Kilo	1.000	30
	General	queso	Kilo	1.000	1
	General	agua	Litro	1.000	1
	General	leche	Litro	1.000	1
	General	cereal	Envase	2.000	70
	General	arroz	Kilo	1.000	10
	General	Coctel de Frutas	Lata	0.850	40
	General	Frijol	Kilo	1.000	100
	General	Pan Blanco	g	0.640	50
	General	Pasta de Tallarin	g	0.200	100
	General	Piña Rebanada	Lata	0.850	40
	General	sardina	Lata	0.430	53
	General	Atún	Lata	0.130	90
	General	Ensalada de Legumbres	Lata	0.430	70
	General	Harina para hot cakes	Kilo	1.000	90
	General	Piña Rebanada	Lata	0.850	178
	General	Frijol	Kilo	1.000	239
	General	Leche en Polvo	g	0.240	50

Figura 30. Alimentos que han sido donados para la localidad de Balacán

Agregar el Beneficio nutricional de cada alimento donado

Estos son los alimentos donados. Selecciona el beneficio

Alimento	Beneficio
arroz-Kilo	Muy útil
Lenteja cruda-Kilo	Muy útil
Aceite-Litro	Útil
Atún-Lata	Útil
sardina-Lata	Útil
soya-Kilo	Útil
queso-Kilo	Muy poco útil
agua-Litro	Muy poco útil
leche-Litro	Muy poco útil
cereal-Envase	Poco útil
Ensalada de Legumbres-Lata	Muy útil
Harina para hot cakes-Kilo	Muy útil
Pan Blanco-g	Poco útil
Pasta de Tallarin-g	Útil
Coctel de Frutas-Lata	Útil
Piña Rebanada-Lata	Útil
Leche en Polvo-g	Muy útil
Frijol-Kilo	Útil

Figura 31. Registro del Beneficio a cada tipo de alimento que fue donado al centro de Acopio

Aplicando el algoritmo Genético con 50 generaciones nos obtuvo un resultado constante a partir de la generación 4. Mostramos en la Figura 33 la población inicial del Ag, Figura 34, Figura 35, Figura 36, muestra las iteraciones de tuvo el AG como se muestra en la Tabla 6 con un peso 859.59 kilogramos con un beneficio de 39 puntos. Finalmente se muestra el lote de alimentos seleccionado por el Ag en la Figura 37.

Seleccionar alimentos con AG.

Estos son los alimentos que han sido donados

Alimento	Peso	Beneficio
arroz	110.000	4
Lenteja cruda	50.000	4
Aceite	30.000	3
Atún	14.300	3
sardina	61.490	3
soya	30.000	3
queso	1.000	1
agua	1.000	1
leche	1.000	1
cereal	140.000	2
Ensalada de Legumbres	30.100	4
Harina para hot cakes	90.000	4
Pan Blanco	32.000	2
Pasta de Tallarin	20.000	3
Coctel de Frutas	34.000	3
Piña Rebanada	185.300	3
Leche en Polvo	12.000	4
Frijol	339.000	3
Total	1181,19	51

* Capacidad del Trasporte kg.

Figura 32. Elección de la capacidad de carga del trasporte que va a llevar los alimentos a la localidad de Balacán

Genotipo	Poblacion Inicial			
	Peso	Beneficio	aptitud	valor esperado
100001011100100000	314	13	60,37908496732	0,04247493022764
1000111011001111101	953,79	28	0	0
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,11831185371483
011110111010110100	426,19	28	102,23529411765	0,071919556031688
101010001010111101	842,89	29	150,41830065359	0,10581489978988
000011110110000101	787,89	20	126,66013071895	0,089101718216218
110000110001011011	657	27	125,94117647059	0,088595954812339
111001111111111001	908,1	38	0	0
111100001001000110	492,6	26	105,64705882353	0,074319633275554
101010110001001000	327,49	19	73,588235294118	0,051767183311647
111011010100101100	673,79	28	129,67973856209	0,091225924512513
001001110110111011	669,1	29	131,19607843137	0,092292625509787
001010111011110010	278,59	26	81,869281045752	0,057592658154515
101011111110011101	982,89	34	0	0
110110011110010111	964,19	35	0	0
111000000100011111	920,3	29	0	0
101000010000001011	526	18	93,738562091503	0,065942352167656
110100110000011010	242,3	23	71,986928104575	0,050640710275733

Figura 33. Población inicial formada por el algoritmo genético

Generacion 1:

Genotipo	Peso	Beneficio	aptitud	valor esperado
001001110110111101	842,4	28	148,45751633987	0,06971141304181
101010001010111011	669,59	30	133,1568627451	0,062526662758686
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,078973940318388
110100110000011010	242,3	23	71,986928104575	0,033803007098816
111011010110000101	976,89	30	0	0
000011110100101100	484,79	18	89,071895424837	0,041825620187276
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,07731969836939
001010101111100011	736,59	27	134,71895424837	0,063260176350171
000010001010111101	702,89	22	121,13725490196	0,056882597927134
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,078973940318388
111010101111100100	730,89	31	141,8954248366	0,066630042138668
111011010100101011	839,49	32	155,96732026144	0,073237802651084
101010001010111101	842,89	29	150,41830065359	0,070632141399323
101010001010111101	842,89	29	150,41830065359	0,070632141399323
110100110000011100	415,6	22	89,248366013072	0,041908485739452
111011010100101010	500,49	29	112,41830065359	0,052788425830727
111010101111101100	764,89	34	151,55555555556	0,07116616384668
1110110100100011	805,49	29	146,30718954248	0,068701680943071

Figura 34. Población generada después de la primera iteración del AG

Generacion 2:

Genotipo	Peso	Beneficio	aptitud	valor esperado
111010101111101100	764,89	34	151,55555555556	0,052489802201185
111011010100101011	839,49	32	155,96732026144	0,054017774276647
111011010100101011	839,49	32	155,96732026144	0,054017774276647
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,057028445180889
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,057028445180889
111011001111101100	793,89	36	158,69934640523	0,054963985132266
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,060695578161997
111011010100100011	805,49	29	146,30718954248	0,05067208134697
111011010100101011	839,49	32	155,96732026144	0,054017774276647
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,057028445180889
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,058248559178924
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,060695578161997
111001110100101011	779	30	145,37908496732	0,050350641295539

Figura 35. Iteración 2 del AG.

Generación 3:

Genotipo	Peso	Beneficio	aptitud	valor esperado
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,060400962847882
111001110110111011	829,1	37	164,66013071895	0,060400962847882
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111010101110111011	860,59	37	168,1045751634	0,061664460939448
111011010111100011	925,59	37	0	0
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111010110110111011	860,59	37	168,1045751634	0,061664460939448
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474
111011010110111011	889,59	39	175,24836601307	0,064284960776416
111010101111100011	896,59	35	168,18300653595	0,061693231294474

Figura 36. Iteración 3 del AG

Tabla 6. Muestra las iteraciones del AG de la 5 a la 49, donde el resultado se muestra constante

		Generación					
Generación	Gener	5	6	7	8	9	49
	Peso	8	8	8	8	8	8
	Beneficio	3	3	3	3	3	3
	Aptitud	1	1	1	1	1	1
	valor esperado	75.24	75.24	75.24	75.24	75.24	75.24

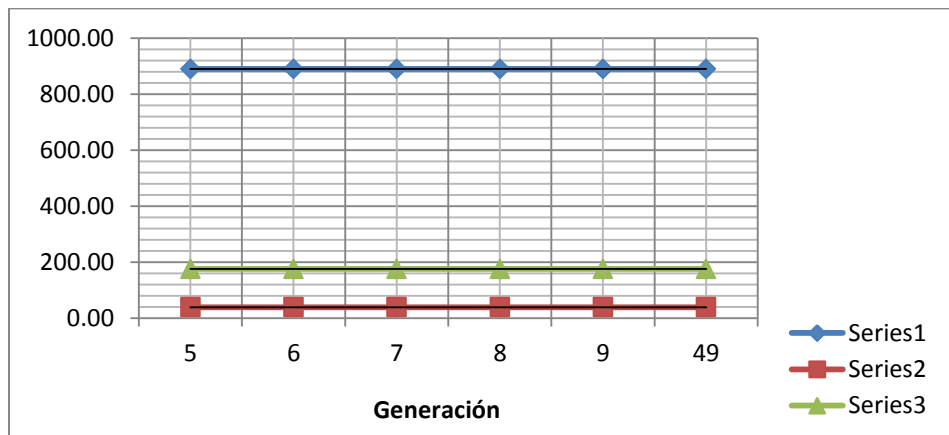


Figura 37. Resultado del AG donde el resultado se mantiene constante a partir de la generación 5 hasta la 49.

Estos son los alimentos que se seleccionaron con el AG.		
Alimento	Peso	Beneficio
arroz	110.000	4
Lenteja cruda	50.000	4
Aceite	30.000	3
sardina	61.490	3
soya	30.000	3
agua	1.000	1
cereal	140.000	2
Ensalada de Legumbres	30.100	4
Pan Blanco	32.000	2
Pasta de Tallarin	20.000	3
Coctel de Frutas	34.000	3
Leche en Polvo	12.000	4
Frijol	339.000	3
Total	889,59	39

Figura 38.Lote de Alimentos obtenido con el AG

Discusión

La solución propuesta funciona siempre cuando el plan de contingencia “antes de”, disponer de la información de las poblaciones inundables, además de que considere que los alimentos deben de comprarse u obtenerse para armar el lote de alimentos con los que arroje el sistema, es decir no considera necesariamente donaciones. Otro aspecto es que el nutriólogo debería de conocer que alimentos se consumen en la población afectada. En esta investigación no se investigaron los hábitos alimenticios, como investigación de campo y en los datos disponibles no se encontraron dichos perfiles. De hecho es posible tener armados los lotes de alimentos para cada población susceptible de inundarse antes de que suceda. Este escenario es idealizado porque Protección civil no tiene recursos, aunque existen organizaciones gubernamentales como el “Fondo de desastres” si lo tiene, pero protección civil, no tiene los recursos.

En otro escenario en el plan de contingencia “durante”, gracias a los medios de comunicación ya han informado del fenómeno y de las zonas inundadas, de la dimensión de la inundación y así mismo invitan a donar alimentos, ropa y medicinas. Por lo anterior las personas y organizaciones donan alimentos y otras donaciones inapropiadas. Entonces se llenan los centros de acopia y viene la decisión de ¿Qué enviar? En este caso se propone armar el lote de alimentos considerando lo que ya se ha donado, sin embargo solo se trata de alimentar, más no de nutrir; los nutriólogos del albergue heredan dicha tarea. Como consecuencia se propone armar el lote considerando la capacidad de la unidad de transporte y asignando un valor de beneficio a cada alimento donado, para enviar solo los alimentos más prioritarios.

En este caso el sistema requiere conexión a internet y solo podría funcionar si se cuenta

con las bases de datos alojadas localmente.

Conclusiones

Se puede concluir que el problema se puede resolver con los datos de las poblaciones, de los grupos de alimentos nutrimentales y el uso correcto del sistema de información. De resolver el problema puede agilizar el envío del lote de alimentos y proporcionar una mejor atención a los damnificados albergados.

La hipótesis ha resultado verdadera porque fue posible obtener los lotes de alimentos a partir de los algoritmos implementados.

El objetivo general se cumplió porque fue posible la obtención del lote de alimentos bajo los dos escenarios elegidos, y por ende se cumplieron también los objetivos específicos porque se desarrollaron los dos algoritmos y en ambos casos se obtiene el lote de alimentos.

Cuando se presenta una inundación se requiere de una gran cantidad de personas que ayuden a colaborar con el plan de contingencia. Sin embargo no todas las personas están capacitadas para ayudar.

Aportaciones

Esta investigación ofrece las siguientes aportaciones: primera, se hace para el plan de contingencia “antes de” permite al nutriólogo o al experto determinar y balancear la dieta de acuerdo a los alimentos que consume la población, porque otros sistemas de información solo determinan la cantidad de kilocalorías en base a un menú preestablecido y de ahí se balancea la dieta solo para una sola persona en base a sus gustos alimenticios. Con el sistema de información propuesto se logra obtener un lote de alimentos para una cantidad de personas balanceando la dieta de acuerdo al grupo de alimentos elegido por el nutriólogo

o la persona voluntaria y balancea la dieta hasta llegar a la cantidad de kilocalorías requeridas. Segunda, se tiene, que además de obtener el lote de alimentos para el plan de contingencia “antes de” se pueden utilizar los alimentos donados en un Centro de Acopio dentro del plan de contingencia “durante”; esto es posible agregándole un beneficio a los alimentos y registrando su peso en kilogramos resuelto mediante la técnica de AG y por último se obtiene un lote de alimentos que proporcione un beneficio a la población y que no sobrepase la capacidad de carga del transporte, porque en el programa informático SUMA(Sistema de Administración de Suministros) solo hace un inventario de los alimentos que son donados e indica cómo deben de empaquetarse y etiquetarse los suministros, más no ayuda en el armado de lotes y es muy difícil elegir los alimentos que se tienen que enviar de acuerdo a la capacidad de carga de transporte.

Trabajos Futuros

Los trabajos futuros pueden ser la implementación del sistema y uno más la evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema de información.

Anexos

1. Dirección de Acceso al Sistema

<http://maricela.lamp.mx/siag/>

Usuario: admin

Contraseña: admin

2. Ponencia en el 13° Seminario de Investigación

La Universidad Autónoma de Aguascalientes a través
de la Dirección General de Investigación y Posgrado

otorgan la presente
Constancia

a: **Maricela Romero Huerta, José Sergio Ruiz Castilla,
Cristina Juárez Landín**

por su participación como Ponentes con el trabajo
**Sistema de información para la optimización del lote de alimentos y cálculo
de Dietas para zonas inundadas** en la Mesa de **Ingenierías y Tecnologías.**


M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector


13°
Seminario de
Investigación

Se Lumen Proferre
Aguascalientes, Ags., mayo 2012


Dr. en C. Fernando Jaramillo Juárez
Director General de Investigación y Posgrado


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

3. Ponencia en Congreso Nacional de Computación e Informática



Otorga la presente

CONSTANCIA

a: **Maricela Romero Huerta**

Por su participación como ponente en la modalidad de: PRESENCIAL con el tema:

Sistema para la Obtención de Lote de Alimentos para Zonas Inundadas usando un Algoritmo Genético (AG)

presentado en el marco del III Congreso Internacional y IV Congreso Nacional de Computación e Informática CONACI 2012

"Por la grandeza de México"



M.A.T.I. Ma. de los Angeles Buenabad Arias
Coordinadora de la DES Ciencias de la Información



CONACI2012000013U
ID de validez
12,13y14 de Septiembre del 2012

4. Publicación Aceptada en un libro digital con registro ISBN

Congreso Nacional de Computación e Informática



Universidad Autónoma del Carmen

Ciudad de Carmen, Campeche, México a 21 de Julio de 2012

A quien corresponda

Los abajo firmantes, en nuestra calidad de autores, en esta Ciudad del Carmen, Campeche, México, declaramos que la ponencia que enviamos a la Universidad Autónoma del Carmen para ser publicada, "Sistema para la Obtención de Lote de Alimentos para Zonas Inundadas usando un Algoritmo Genético (AG)", es de nuestra autoría intelectual y por lo tanto cedemos el derecho de publicación a la Universidad Autónoma del Carmen cuyo apoderado legal es el Mtro José Armando Tamayo, la relevamos de cualquier sanción y asumimos responder a cualquier reclamo de derechos de autor ante las autoridades competentes.

ATENTAMENTE

AUTORES:

Nombre	Domicilio	Firma autógrafa
Maricela Romero Huerta	Av. Jardín Zumpango s/n, Fracc. El Tejocote Texcoco, México, C.P. 56259	
José Sergio Ruiz	Av. Jardín Zumpango s/n, Fracc. El Tejocote Texcoco, México, C.P. 56259	
Cristina Juárez Landín	Av. Hermenegildo Galeana No. 3 Col. María Isabel Valle de Chalco Solidaridad, México, C.P. 56615	



Bibliografía

- Beasley, D., Bull, D., & Martín, R. (1993). An Overview of Genetic Algorithms. *Inter-University Committee on Computing*, 58-69.
- Cagnina, L. (2010). *Optimización Mono y Multiobjetivo a través de una Heurística de Inteligencia Colectiva*. Argentina: Universidad Nacional de San Luis.
- Corne, D., Dorijó, M., & Glover, F. (1999). *New Ideas in Optimization*. McGraw-Hill.
- Eberwine, D. (2005). Desastres: Mitos que no mueren. *Perspectiva de Salud*, 10(1).
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México: McGrawHill.
- Kahraman, Aynur , & Seven. (2005). Healthy daily meal planner. *In Proceedings of the 2005 workshops on Genetic and evolutionary computation, (GECCO '05)*, 390-393.
- Kuri Morales, Á., & Galaviz Casas, J. (2002). *Algoritmos Genéticos*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Landa Becerra, R. (2002). *Algoritmos Culturales Aplicados a Optimización con Restricciones y Optimización Multiobjetivo*. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Martín García, E., & Valeiras Reina, G. (2004). *Sistemas Evolutivos y Selección de Indicadores*.
- Mellin, O. (1992). *A Study of BP-5 and its use in the context of international emergency food aid*. Noruega: Red Barna.
- Michalewicz, Z., & Fogel, D. (2000). *How to Solve it: Modern Heuristics*. New York: Springer-Verlag.

- Mitchel , M. (1999). *An Introduction to Genetic Algorithms*. London, England: First MIT Press.
- Nunes de Catro, L., & Timmis, J. (2002). An Artificial Immune Network for Multimodal Function Optimization. Proceeding of special sessions on artificial immune IEEE World Congress On Computational Intelligence. System in 2002 Congress on Evolutionary Computation.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Los desastres Naturales y la protección de la Salud*. Washington: Organización Panamericana de la Salud. Publicación Científica n°575.
- Pajares Martinsanz, G., & Santos Peñas, M. (2006). *Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento*. México, D.F: Alfa Omega.
- Parberry, I., & Gasarch, W. (2002). *Problems on Algorithms*. Prentice-Hall, Inc.
- Pei, Zhenkui, Liu, & Zhen. (2009). Nutritional Diet Decision Multi-objective Difference Evolutionary Algorithm. *Computational Intelligence and Natural Computing, 2009. CINC '09. International Conference on*, 77-80.
- Pérez Lizaur, A. B., Palacios Gonzalez, B., & Castro Becerra, A. L. (Julio de 2008). Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. México: Fomento de Nutrición y Salud, A.C.
- Ponce Cruz, P. (2010). *Inteligencia Artificial*. México, D.F.: Alfaomega.
- Reynolds, R. (1999). *Cultural Algorithms: Theory and Applications*. McGraw-Hill.
- Salud, O. P. (1989). Evaluación de las Necesidades en el Sector Salud con Posterioridad a Inuncaciones y Huracanes. Washington, Washington, E.U.A.

- Sánchez Carperna, G. (2002). *Diseño y Evaluación de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo en Optimización y Modelización Difusa*. Murcia: Universidad de Valencia.
- Schwefel, H.-P. (1981). *Numerical optimization of computer models*. Wiley.
- Youbo, L. (2006). Application of Multi-Objective Genetic Algorithm To The Modified Diet Problem. *Kaldirim, Elif y Köse, Zekeriya. Seattle Wa, USA : ACM*.
- Youbo, L. (2009). Combined quantum particle swarm optimization algorithm for multi-objective nutritional diet decision making. *Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on*, 279 - 282.