



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

USO DE UN SISTEMA PARA EL AUXILIO EN LA TOMA DE DECISIONES
RELATIVAS AL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN EL DR 017, COAH. Y DGO.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
EN ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA:

HILARIO MACIAS RODRÍGUEZ



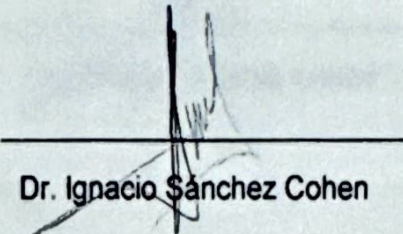
AGOSTO DEL 2005
Bermejillo, Durango.

**USO DE UN SISTEMA PARA EL AUXILIO EN LA TOMA DE DECISIONES
RELATIVAS AL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN EL DR 017, COAH.
Y DGO.**

Tesis realizada por Hilario Macias Rodríguez bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

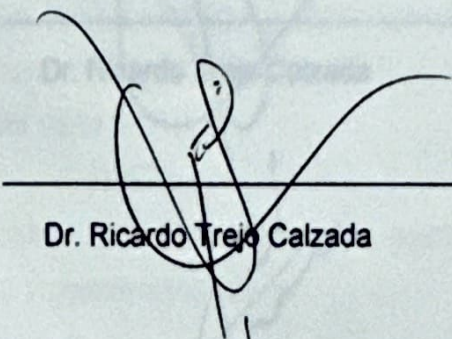
**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR:



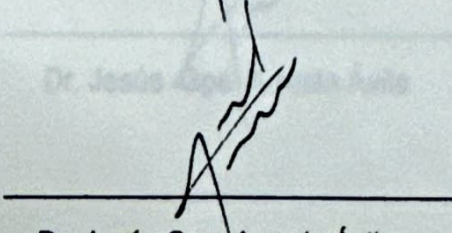
Dr. Ignacio Sánchez Cohen

ASESOR:



Dr. Ricardo Trejo Calzada

ASESOR:



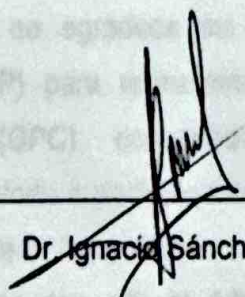
Dr. Jesús Gpe. Arreola Ávila

**USO DE UN SISTEMA PARA EL AUXILIO EN LA TOMA DE DECISIONES
RELATIVAS AL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN EL DR 017, COAH.**

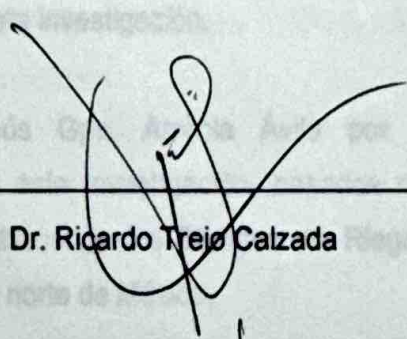
Y DGO.

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Hilario Macías
Rodríguez autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Recursos
Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas estuvo constituido por:

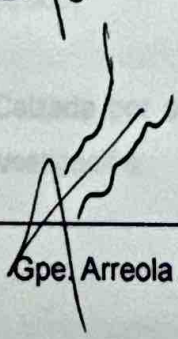
DIRECTOR:


Dr. Ignacio Sánchez Cohen

ASESOR:


Dr. Ricardo Trejo Calzada

ASESOR:


Dr. Jesús Gpe. Arreola Ávila

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ignacio Sánchez Cohen quien además de fungir como director de la investigación apoyó diligentemente con el adiestramiento en el manejo y operación de los programas de cómputo denominados Sistemas Soporte de Decisiones para proceder con su aplicación en el Distrito de Riego 017 (DR 017), Coah. y Dgo.

Así mismo, se agradece su autorización como directivo del (CENID-RASPA INIFAP) para representar a éste en el Grupo de Planeación y Coordinación (GPC) concertado por la Gerencia Regional de Cuencas Centrales del Norte a partir de febrero del 2003, para analizar las causas y la problemática de la baja eficiencia global en el uso y manejo del agua del DR 017, obteniendo con ello el árbol de problemas y el árbol de objetivos utilizados en esta investigación.

Al Dr. Jesús Gpe. Arreola Ávila por sus valiosos comentarios y sugerencias a esta investigación, basados en su vasta experiencia en el manejo de cultivos en los Distritos de Riego ubicados en zonas áridas y semiáridas del norte de México.

Al Dr. Ricardo Trejo Calzada por sus acertados comentarios al hacer la revisión de la presente investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente investigación Hilario Macías Rodríguez, realizó sus estudios de licenciatura, incluyendo la preparatoria agrícola, en la Universidad Autónoma de Chapingo durante el periodo 1974-1980, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo especialista en fitotecnia, con la tesis titulada: Evaluación del riego de presembrado bajo diferentes grados de preparación del terreno para el cultivo del algodón en la Comarca Lagunera, Coah. y Dgo.

Desde 1981 ha desarrollado sus actividades profesionales en el actual Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA INIFAP), desempeñando las siguientes funciones:

Durante el periodo 1981-1982 realizó actividades de investigador en el Departamento de Riego Superficial.

En el año de 1983 se desempeñó como jefe de campo.

En el periodo 1984-2000 estuvo a cargo de la jefatura de operación.

Desde el año 2001 desarrolla actividades de investigación en el área de agricultura protegida, principalmente en invernaderos comerciales, semicomerciales y familiares.

Durante el periodo 2002-2003 realizó los estudios de maestría en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) perteneciente a la Universidad Autónoma de Chapingo.

Posee experiencia en el diseño, construcción y operación de invernaderos familiares y comerciales para la producción de cosechas hortícolas.

Cuenta con experiencia en la producción comercial de plántula de diversas especies hortícolas para trasplante bajo condiciones de invernadero de clima controlado con nutrición semihidropónica.

Ha sido colaborador en proyectos de investigación de cultivos hortícolas tradicionales y con espaldera utilizando riego por goteo por cintilla, acolchados plásticos y microtuneles.

Ha colaborado en proyectos de riego sub-superficial en el cultivo de alfalfa con diferentes profundidades y espaciamientos de cintilla.

Es coautor del libro técnico No. 1: Agricultura protegida. Editado y publicado por el CENID-RASPA INIFAP en el año del 2003.

RESUMEN

USO DE UN SISTEMA PARA EL AUXILIO EN LA TOMA DE DECISIONES
RELATIVAS AL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN EL DR 017, COAH. Y DGO.
Hilario Macías Rodríguez. Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio
Ambiente en Zonas Áridas.

Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

Se hace la propuesta de la aplicación de un Sistema Soporte de Decisiones (DSS) en la operativa del DR 017 Coah. y Dgo., para incrementar la productividad del agua de riego.

Acorde a objetivos y alternativas consensuadas por los usuarios, se evaluaron tres criterios de ordenación jerárquica para toma de decisiones: técnico, económico y social.

Acorde a los análisis, si se tomara una decisión conforme a un criterio técnico, las mejores alternativas serían dar precio real al agua y rehabilitación de infraestructura hidráulica con escores de 0.87 y 0.88 respectivamente; por otro lado, el criterio económico arroja que las alternativas viables serían dar precio real al agua (0.88) y dotación volumétrica (0.80).

Si se considerase el criterio social, las mejores alternativas serían dar precio real al agua (0.88) y conocimiento base para Agronegocios (0.80). Invariablemente, la mejor alternativa para incrementar la productividad del agua, bajo cualquiera de los tres criterios de decisión sería dar valor real al agua.

Palabras clave: sistema soporte de decisiones, productividad del agua, enfoque multi-objetivo, alternativas de decisión, criterios de decisión.

ABSTRACT

A proposal to use a Decision Support System in the 017 Irrigation District to increase water productivity is evaluated. In accordance with the objectives and alternatives proposed by the users irrigation water, three hierarchical orders of criteria containing alternatives were evaluated: technical, economic and social.

According to the findings, if the technical criteria were used, the best alternative would be to give real price to water and then give hydraulic infrastructure rehabilitation, scoring 0.87 and 0.88 respectively. If the economic criteria were used, scores would be 0.88 and 0.80 to price the water and deliver water by volume, respectively. Social criteria yield best alternatives for pricing water and agribusiness with scores of 0.88 and 0.80 respectively. Overall, the best alternative is to price the water under any order of criteria used.

Key words: decision support system, water productivity, multi-objective approach, decision alternatives, decision criteria.

CONTENIDO

página

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
IV. RESULTADOS.....	22
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES.....	27
VII. LITERATURA CITADA.....	29

USO DE UN SISTEMA PARA EL AUXILIO EN LA TOMA DE DECISIONES
RELATIVAS
AL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN EL DR 017, COAH. Y DGO.

I. INTRODUCCIÓN

El Distrito de Riego (DR) 017 comprende los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Nazas, Rodeo, Mapimí, San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar, los cuales se encuentran localizados en la porción noreste del estado de Durango; así como los municipios de Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero y Viesca, localizados en la porción sureste del estado de Coahuila. Se ubica geográficamente en la Región Hidrológica (RH) 36. La mayor parte de esta región se localiza en el estado de Durango, otra parte en el de Zacatecas y una tercera porción sobre el suroeste de Coahuila. Forma parte de las Cuencas Centrales del Norte y de acuerdo a Descroix et al. (1997), se diferencian en ella dos zonas muy contrastantes desde el punto de vista de su funcionamiento: la parte alta de la RH 36, formada por las cuencas de los ríos Nazas y aguanaval que fluyen sobre todo en temporada de lluvias y que son encauzados y jerarquizados por varios tributarios que tienen su origen desde la parte alta de la Sierra Madre Occidental, hasta su entrada en la Región Lagunera; y la parte baja formada por sistemas de escurrimientos difusos y desordenados, compuesta por tres unidades hidrográficas: la parte sur del Bolsón de Mapimí, la subcuenca Mairán y la subcuenca Viesca. Las condiciones climáticas adversas en esta Región determinan un clima árido, con fuertes variaciones estacionales y escasas precipitaciones pluviales concentradas en los meses de Julio, Agosto y Septiembre y que van desde los 200 mm en la parte baja de la cuenca (área del DR 017) en la que se localiza la mayor parte de la zona agrícola, hasta los 600 mm en la parte alta de la cuenca ubicada en la Sierra Madre Occidental, lugar donde ocurren las precipitaciones más significativas (Loyer et al., 1993). Se caracteriza esta Región Hidrológica

por presentar un desequilibrio ecológico en relación a la precipitación, escurrimiento y recarga de los acuíferos en la parte baja de la cuenca, ya que de los acuíferos se extrae mayor volumen del que se recarga.

Respecto al aprovechamiento de los escurrimientos de la parte correspondiente al Río Nazas, el DR 017 cuenta con dos presas de almacenamiento importantes: la presa Lázaro Cárdenas con una capacidad total de 4,438 millones de m³ y una capacidad de conservación de 2,873 millones de m³ y la presa Francisco Zarco, con una capacidad total de 436 millones de m³ y una capacidad de conservación de 365 millones de m³, además de 40 presas derivadoras.

En lo que corresponde al Río Aguanaval, no se cuenta con presas de almacenamiento, únicamente se dispone de 11 presas derivadoras.

El DR 017 está integrado por 20 módulos de los cuales 17 corresponden al Río Nazas y 3 al Río Aguanaval, con una superficie total de 223,822 ha dotadas y un volumen anual concesionado de 1,024 millones de m³ para regar 93,409 ha para beneficio de 37,956 usuarios.

La Comisión Nacional del Agua (CNA), establece que el principal problema del distrito es la baja eficiencia global en el uso y manejo del agua, por lo que las pérdidas anuales del vital líquido son considerables, ya que se estima que las pérdidas de agua por conducción, distribución y aplicación son superiores al 63%, es decir, los módulos de riego operan con una eficiencia del 37% (CNA, 2000; 2002). El uso ineficiente del agua conlleva a una baja sustentabilidad del distrito de riego de acuerdo a los siguientes indicadores: baja productividad, desperdicio del agua, conflictos sociales, degradación del suelo, conservación y rehabilitación insuficiente de infraestructura hidráulica, falta de una cultura del agua, sobreconcesión de derechos, insuficiente tecnificación, falta de seguridad jurídica de derechos de agua, falta de cultura ambiental e insuficiente planeación y coordinación intersectorial (CNA, 2003). Ante la perspectiva anterior, queda bien claro que el solo incremento de la eficiencia de riego no resolverá el problema de la baja eficiencia global de uso de agua por tratarse de un punto de vista uniobjetivo que lleva implícito el riesgo de tomar decisiones

con poco impacto. En este mismo sentido, la restauración de ecosistemas deteriorados no se logrará solo por medio de normatividad, cambios en las leyes, grandes inversiones o argumentaciones burocráticas. La recuperación de estas áreas, solo es posible si participan en su planeación los acreedores de intereses afectados y considerando la integración de factores económicos, ecológicos y sociales (Sánchez, 2001).

De acuerdo a lo anterior, y en tanto la importancia en la producción de alimentos y fibras a nivel agropecuario sea reconocida a nivel mundial, las instituciones de investigación agrícola enfrentarán muchos retos en el siglo xx para desarrollar estrategias que concurren a satisfacer la demanda de dichos productos y uno de ellos es la realización de sus actividades de investigación con presupuestos menores a los requeridos, ya que los mismos son destinados en su mayor parte para cubrir los salarios de los investigadores y del personal de apoyo. Para muchas de las instituciones de investigación los costos de los salarios se incrementan mas rápido que sus presupuestos, forzándolas a reorganizarse para consolidarse en sus ámbitos de acción.

En respuesta a lo descrito, las instituciones de investigación tratan de hacer más con menos. Y en tales situaciones hay esencialmente dos opciones: trabajar más duro o trabajar más inteligentemente. En el corto plazo es posible hacer progresos parciales trabajando más duro, pero en el largo plazo es más probable que las instituciones realicen progresos sostenidos trabajando más inteligentemente (Heilman, et al., 2003). Los avances en la tecnología de la informática son una herramienta potencial que podría ayudar a las instituciones de investigación agrícola a trabajar en forma más inteligente para incrementar tanto la productividad de las instituciones de investigación agrícola como la de los sistemas de producción en los que se involucran.

Los programas de cómputo diseñados explícitamente para ayudar en forma inteligente a tomar las mejores decisiones en la solución de problemas son llamados Sistemas Soporte de Decisiones, DSS por sus siglas en ingles. Estas herramientas obviamente no son una panacea, más bien proporcionan beneficios en algunas situaciones pero no en todos los procesos actuales de

investigación. Sin embargo, conforme los costos de la tecnología de la información continúen descendiendo, los beneficios que proporcionará la tecnología DSS superarán a los costos en muchos procesos de investigación, por tal motivo, se incrementarán los beneficios y las ventajas de aplicar el DSS en la agricultura.

La presente investigación se basó en la aplicación del DSS para apoyar en la toma de decisiones en los problemas que enfrentan los sistemas de producción agrícolas de México bajo condiciones de riego, tomando el caso particular del Distrito de Riego (DR) 017 Coahuila y Durango.

1. 1 HIPÓTESIS

Es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua del DR 017 conforme se implemente operativamente un modelo de decisión multiobjetivo.

1. 2 OBJETIVO

Proponer y evaluar acciones que incrementen la productividad del agua de riego en el DR 017 acorde a la matriz de problemas.

1. 3 META

Obtener un sistema calibrado para auxiliar en la toma de decisiones de la operación del DR 017.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

Recientemente han surgido, en casi todas las Áreas del pensamiento teórico vinculadas al desarrollo del ser humano, intereses en alcanzar metas cada vez más integrales y sistemáticas. Estos deseos se sintetizan especialmente en el concepto asociado al denominado desarrollo sustentable. En su forma más simplificada se vincula a un equilibrio entre la equidad, la sustentabilidad ambiental y el crecimiento económico.

Estas metas se asocian a la necesidad de tomar decisiones y acciones de naturaleza integral, interdisciplinarias y participativas en el aprovechamiento de los recursos naturales con que cuentan los países y es una tarea

impostergable, ya que de estos depende la generación de alimentos, vestido y vivienda, que son básicos para el desarrollo y bienestar del mundo.

En la práctica ciertamente estas metas no son fáciles de alcanzar, inclusive si los gobernantes así lo desean. Los sistemas de gobernabilidad y los instrumentos de gestión existentes en muchos países no están contruidos ni adaptados para lograr tales metas integrales. Las instituciones, muchas de ellas obsoletas, están celosas de conservar sus roles; los actores locales están organizados sectorialmente contradiciendo una gestión integral del territorio; la participación en la toma de decisiones es escasa y selectiva, y las intervenciones de agentes externos alteran los planes locales y regionales. (Dourojeanni y Jouravlev, 2002).

Bajo el comprometido marco de gobernabilidad descrito y ante una falta de interés por implementar políticas basadas en principios ambientales, se encuentran las estrategias que determinan el uso y manejo de los “recursos hídricos”, prioritario en las agendas internacionales por su carácter de recurso indispensable, cada vez más escaso en calidad y cantidad, y con una repercusión vital para las sociedades, entornos naturales y flujos económicos.

El desarrollo sustentable que se realiza en diferentes regiones, produce experiencias que pueden extrapolarse y medirse, ya que si se asocian con unidades geográficas como son las cuencas hidrológicas, se pueden realizar programas de manejo integral de los recursos naturales, considerando la causa-efecto de los procesos productivos involucrados.

De aquí que resulta importante señalar que los programas de manejo de cuencas que tienen como objetivos la planificación del uso y manejo del agua, el suelo y las plantas para su conservación y utilización por tiempo indefinido, prevén que conlleven a la disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes, la protección y conservación de los suelos, la preservación e integración de la biodiversidad y la explotación de la adaptabilidad y complementariedad en el uso de los recursos genéticos animales y vegetales (Martínez, 1999).

Para instrumentar la política de desarrollo regional y el manejo eficiente de los recursos naturales en el país, el manejo de cuencas en México fue

considerado como uno de los programas de desarrollo integral a partir de 1947, fundamentado en una planeación global a corto, mediano y largo plazo congruente con las necesidades de desarrollo económico y social del país. Para este propósito y a partir de tal año se integraron las comisiones de los Ríos Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, Tepalcatepec, Balsas, Lerma-Santiago, Pánuco y Fuerte, las cuales tenían entre sus responsabilidades la construcción de obras de defensa en los ríos, presas de almacenamiento para la regulación de avenidas, obras de irrigación, plantas hidroeléctricas, sistemas de agua potable, sistemas de comunicación tales como vías de navegación, puertos, carreteras, ferrocarriles, telégrafos y teléfonos; la creación y ampliación de los centros de población, desarrollos agropecuarios, forestales y agroindustriales; así como la realización de estudios y proyectos y en algunos casos reacomodo y cambios de uso del suelo para desarrollos agrícolas, con su consecuente impacto ecológico (Martínez, 1999).

La estrategia de promover el desarrollo regional mediante proyectos de cuencas hidrológicas, han tenido poco impacto económico y de acuerdo con Martínez, (1999), sólo los proyectos de Tepalcatepec y el Fuerte han tenido éxito y una buena rentabilidad por su desarrollo agrícola bajo riego, donde se ha logrado un incremento en la producción agrícola y en los ingresos locales. Para el resto de las comisiones, se ha reportado un impacto económico y político, pero no se ha realizado una evaluación financiera que permita determinar su rentabilidad.

De acuerdo con Cardoza, (2000), los intentos que en México se han venido realizando con el manejo de cuencas hidrológicas, se pueden dividir en tres etapas. La primera se inicia a finales de los años cuarenta con la creación de un gran número de comisiones como la del río Papaloapan y otras de los principales ríos del país. Todas estas comisiones tuvieron avances importantes en infraestructura hidráulica, vías de comunicación, electricidad, salud, creación de centros poblacionales y agricultura de riego, sin embargo, el manejo integral de cuencas no fue posible lograrlo, quizá en parte se debió a la poca claridad de su visualización y también probablemente a la falta de recursos para

realizarlo. Una segunda etapa puede considerarse la comprendida entre las décadas de los años sesentas y setentas en la que varias instituciones del gobierno federal realizaron acciones relacionadas con el manejo de cuencas, tales como obras de conservación de suelos y agua, restauración de áreas degradadas mediante trabajos para el control de la erosión del suelo y reforestaciones. En esta misma etapa algunas instituciones de enseñanza e investigación también realizaron trabajos con fines académicos, científicos y de experimentación, tendientes a resolver problemas específicos o con fines demostrativos, pero por sus características pueden considerarse de carácter puntual y aunque adolecen de un enfoque integral, pueden considerarse como fundamentales para entender mejor este concepto y avanzar hacia él. Sin precisar fecha, puede decirse que a partir de la década de los ochentas es cuando se comienza a insistir en la necesidad de realizar un manejo integral de la cuencas hidrológicas del país, conceptualizando a éstas como unidades básicas para la planificación y desarrollo de los recursos naturales.

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2000), México cuenta con 314 cuencas, clasificadas en 37 regiones hidrológicas y 13 regiones hidrológico-administrativas. El 76% del agua consumida en nuestro territorio se utiliza para regar cultivos, 17% para suministro a la población, 5% para la industria y 2% para otros usos.

En el manejo integral de los recursos naturales, es necesario reconocer tanto las características del ciclo hidrológico y su interacción con otros recursos naturales y los ecosistemas, partiendo del punto central de que el agua es un recurso finito y que su uso sustentable no puede lograrse si se analizan y se administran por separado las demandas de los diferentes usos, incluyendo el ambiental, o si estas demandas no se contrastan en su conjunto con la oferta limitada del líquido (Nouvelot, 1997; Sánchez, 1995).

Jasso (1999) propone que la teoría de manejo integral incluye diagnóstico, aplicación de tecnología y monitoreo del efecto de la aplicación de la tecnología sobre la condición del ecosistema. Es decir, se trata de un ciclo recurrente entre monitoreo, diagnóstico y tecnología. Estos aspectos deben ser considerados en

los proyectos de desarrollo y científicos en el contexto del manejo integrado de cuencas e hidrológica. Un paso preliminar lo constituye el diagnóstico de las diversas ecorregiones desde un punto de vista físico y socio económico para determinar la mejor estrategia de desarrollo tecnológico que permita el crecimiento económico, la integración de la sociedad y la conservación de la biodiversidad.

En una cuenca hidrológica ocurren varios esquemas productivos como: producción de energéticos, alimentos, bienes de consumo directos (aspectos agrícolas, pecuarios y forestales) e indirectos (procesos industriales). Cada uno de los bienes generados tiene su cadena de producción que involucra desde los materiales básicos necesarios para su transformación (leche, carne, granos, automóviles, etc) hasta la comercialización de los productos generados, incluyendo aspectos socioeconómicos. En lo que se refiere a la producción agropecuaria y forestal, las cadenas productivas se sirven de los recursos naturales para a su vez proveer de los satisfactores demandados por la sociedad (Moncada, 2001).

Sánchez (1994) indica que las cadenas productivas ocurren bajo ambientes agroecológicos distintivos que definen su potencial. Tal ambiente se da por una serie de interacciones de clima, suelo y economía principalmente; de estos, el clima define por mucho la disponibilidad del recurso agua. Es por esto que una cuenca debe ser definida por la capacidad de generar el recurso agua en función de sus características fisiográficas. Por consiguiente, es necesario considerar a la cuenca hidrológica como unidad básica de planeación teniendo como argumento los siguientes aspectos:

- Las interacciones complejas que ocurren en las cuencas requieren balancear objetivos institucionales y productivos para arribar a estrategias balanceadas.
- El proceso de toma de decisiones necesariamente debe involucrar a usuarios y técnicos de consenso para obtener un plan de manejo técnicamente soportado que refleje el balance negociado de intereses.
- Necesidad de usar información generada mediante estudios científicos para el adecuado entendimiento de los procesos que afectan a los ecosistemas con

impacto en las cadenas productivas y en las condiciones económicas y de salud.

- El concepto tiene como objetivo el diseño y uso de métodos efectivos que involucren a todos los usuarios con beneficios y costos compartidos.

- Se busca un marco de acuerdos inter e intra institucionales que garantice la implementación de los planes desarrollados en el proceso de toma de decisiones, los cuales descansan más en el interés que en leyes.

- Necesidad de contar con un procedimiento que evalúe los efectos del manejo de la cuenca con mediciones y estándares bien definidos.

Consecuentemente y en términos de investigación, es necesario cuantificar el balance entre insumos y productos cuidando que estos no sobrepasen la potencialidad de la cuenca hidrológica para producirlos.

Las técnicas de planeación multiobjetivo para la toma de decisiones analizan el entorno productivo considerando agua, suelo, planta, clima y las acciones del hombre. Aspectos que deben ser considerados necesariamente en el manejo integrado de cuencas hidrológicas (Sánchez, 2000). Dentro de los modelos de decisión se cuenta con el Sistema Soporte de Decisiones, por sus siglas en ingles DSS, que ha sido desarrollado por el servicio de investigación en la agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica y cuya interfase amigable con el usuario ha sido desarrollada por el Departamento de Recursos Naturales de Queensland, Australia, considerando bases de datos, modelos de optimización en hidrología, erosión, químicos, nutrición, economía y un modelo de decisión como herramienta, denominado sistema soporte de decisión multiobjetivo, por sus siglas en ingles (MODSS), también llamado facilitador (Lane et al.1991).

El software del MODSS apoya la toma de decisiones individuales o grupales y utiliza alternativas de decisión, una jerarquización de los rangos de los criterios de decisión, funciones score y programación lineal para identificar las mejores alternativas de decisión para el manejo de un problema determinado.

A la tabla que se genera con los criterios, alternativas y scores se le denomina matriz y se caracteriza por ser genérica y abierta para motivar la

participación de tomadores de decisiones y puede aceptar información de hechos reales, resultados de modelos de simulación y la opinión de expertos en el campo de interés para soportar la toma de decisiones. Una vez llena la matriz se procede a evaluar las alternativas con los criterios correspondientes, pudiendo ver los resultados en un formato de barras desplegadas horizontalmente para mostrar las mejores y peores alternativas de los scores, donde la longitud de las barras representa la sensibilidad de cada alternativa para cada uno de los criterios. La importancia de los modelos radica, entre otros aspectos, en la simulación y predicción de los fenómenos físicos, sobre todo los de frecuencia rara, a corto, mediano y largo plazo. Así mismo, a través de los modelos se pueden obtener relaciones de causa-efecto, sin haber realizado cambios en los sistemas reales (Oropeza, 1999). Los modelos de simulación en las áreas referidas han sido derivados de los modelos CREAMS (químicos, escurrimientos y erosión de sistemas de manejo agrícolas, por sus siglas en ingles) (Knisel, 1980) y EPIC (modelo para calcular el impacto de la erosión en la productividad, por sus siglas en ingles) (Williams et al., 1983). El modelo de decisión basado en un enfoque multiobjetivo permite conciliar conflictos de intereses, ya que un plan de manejo de recursos naturales puede reforzar un subproceso de interés, pero puede a su vez afectar adversamente otros procesos (Leonard and Knisel, 1988). Así por ejemplo, la visión multiobjetivo es la base para la operación del SWAPA (conservación de suelo, agua, aire, planta y animales por sus siglas en ingles) (SCS, 1991).

III. MATERIALES Y METODOS

3. 1 MATERIALES.

3. 1. 1 LOCALIZACION GEOGRAFICA.

Por su ubicación en el gradiente hidrológico de la Región Hidrológica No. 36, el Distrito de Riego 017 se constituye como el principal consumidor de los embalses del complejo de presas almacenadoras Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco y de las reservas subterráneas. El volumen total extraído es de 4,400 millones de $\text{m}^3 \text{año}^{-1}$ de los cuales el 58% proviene del subsuelo y el 42 % de aguas superficiales. De estos, el 87% se utiliza en la agricultura, el 9% en uso público, el 2% en uso industrial y el 2% en aspectos pecuarios (CNA, 2003).

La región hidrológica se compone de cuencas endorreicas con elevación promedio de 1,100 metros sobre el nivel del mar (msnm) en las planicies, alcanzando hasta 3700 msnm en las cadenas montañosas. El clima se clasifica como seco templado con temperatura media anual de 17.9 °C y precipitación media anual de 370 mm. (CNA, 2003).

La región comprende los estados de Durango, Zacatecas y Coahuila. Esta se extiende desde la Sierra Madre Occidental, al oeste, hasta las lagunas de Mairán y Viesca al este, en una superficie aproximada de 92 000 km^2 . Presenta un clima que va de subhúmedo en la sierra a árido en las lagunas, las cuales presentan la extremidad meridional del desierto de Chihuahua. La precipitación anual varía de 900 a 200 mm del oeste a este respectivamente, según puede apreciarse en la Figura 1. (Loyer *et al.* 1993; Descroix *et al.* 1997).

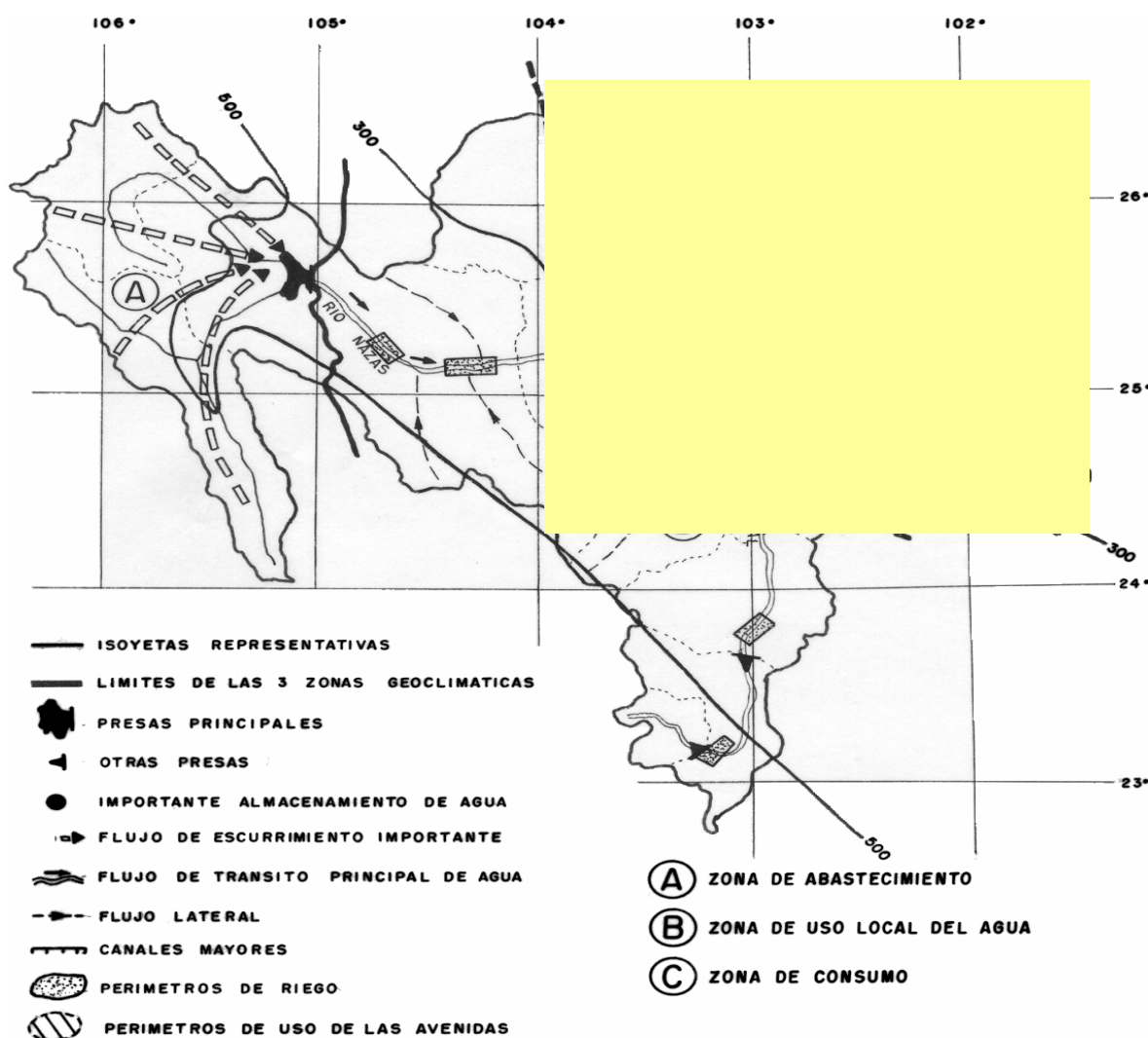


Figura 1: Región Hidrológica No. 36. Cuenca de los Ríos Nazas y Aguanaval.

El proyecto se desarrolló con información generada en el área de influencia del DR 017 Comarca Lagunera, que comprende los municipios de Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Nazas, Rodeo, Mapimí, San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar, localizados en el Estado de Durango y los municipios de Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero y Viesca del Estado de Coahuila. El área de riego del DR 017 se integra por la parte sur del Bolsón de Mapimi, la subcuenca Mairán y la subcuenca Viesca, en esta porción se localiza la denominada Comarca Lagunera, región agrícola dedicada en un principio al cultivo del algodón y que actualmente se considera la cuenca

lechera mas importante del país. Sin embargo, el consumo de agua de este perímetro sobrepasa, desde hace mas de 40 años, el volumen disponible de los escurrimientos; este déficit se complementa mediante la extracción directa del acuífero localizado en el área de influencia del DR 017, el cual tiene una dinámica anual de extracción y recarga de 1263 y 841.8 millones de m³ respectivamente, de donde se infiere que existe una sobreexplotación de 580.9 millones de m³, lo que ha ocasionado un fuerte abatimiento de su nivel freático en más de 1.5 metros anuales a partir del año de 1965 (CNA, 2002; PIFSV-SARH, 1991).

Entre la parte alta de la cuenca, que provee la mayoría de las aguas superficiales (almacenada en la presa Lázaro Cárdenas, en El Palmito), y la parte baja que la consume, se extiende una zona semiárida con precipitación anual de 300 a 500 mm. En esta zona semiárida los escurrimientos son aprovechados mediante numerosos presones de retención que almacenan el agua para el abrevamiento del ganado o bien, para el riego de pequeños perímetros agrícolas.

La figura 2 señala el comportamiento del área irrigada en el distrito de riego con los cultivos más representativos, tales como alfalfa, algodón, maíz, frijol, forrajes y nogal. Y en la figura 3 se observan las variaciones de los almacenamientos de los embalses.

CONTEXTO DEL PROYECTO.

El DR 017 Comarca Lagunera presenta en la actualidad una baja eficiencia global en el uso y manejo del agua, por lo que las pérdidas anuales del vital líquido son considerables, ocasionando con esto que el aprovechamiento del agua diste mucho de ser óptimo. Por otro lado es innegable la interdependencia de sectores y áreas de consumo de agua en toda la cuenca hidrológica. Con los datos existentes en la CNA (2003), se estima que las pérdidas de agua por conducción, distribución y aplicación son superiores al 63%, indicando con ello que los módulos de riego operan actualmente con una eficiencia del 37%. Ante esta situación, la CNA a través de la Gerencia Regional de las Cuencas Centrales del Norte se propuso conformar un Grupo de Planeación y

Coordinación (GPC) a partir del mes de febrero del 2003 y para ello convocó a expertos en esta problemática, provenientes de centros de investigación, universidades, funcionarios de los gobiernos estatal y municipal, consejo de cuencas, organizaciones comunitarias, así como a usuarios del distrito de riego para desarrollar mediante su participación el proceso de “Consolidación y Desarrollo del Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera”. La información utilizada en esta tesis es el resultado del esfuerzo del grupo mencionado para la aplicación

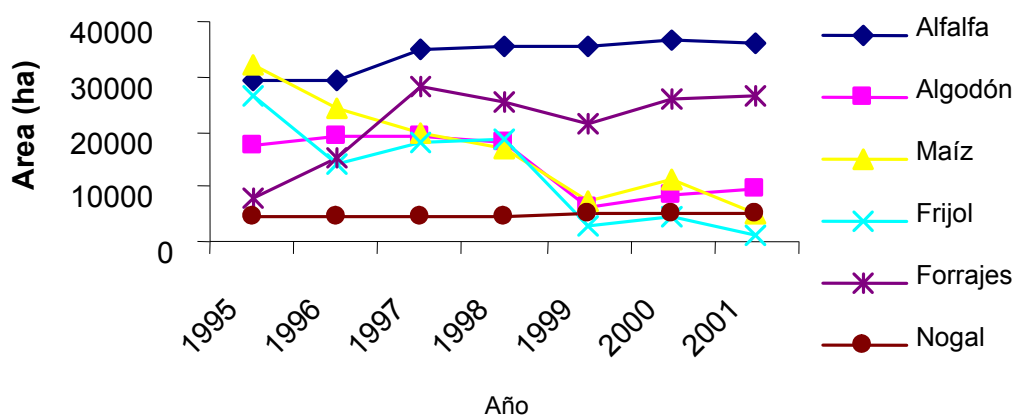


Figura 2: Variación del área sembrada para diferentes cultivos en el distrito de riego 017, Comarca Lagunera.

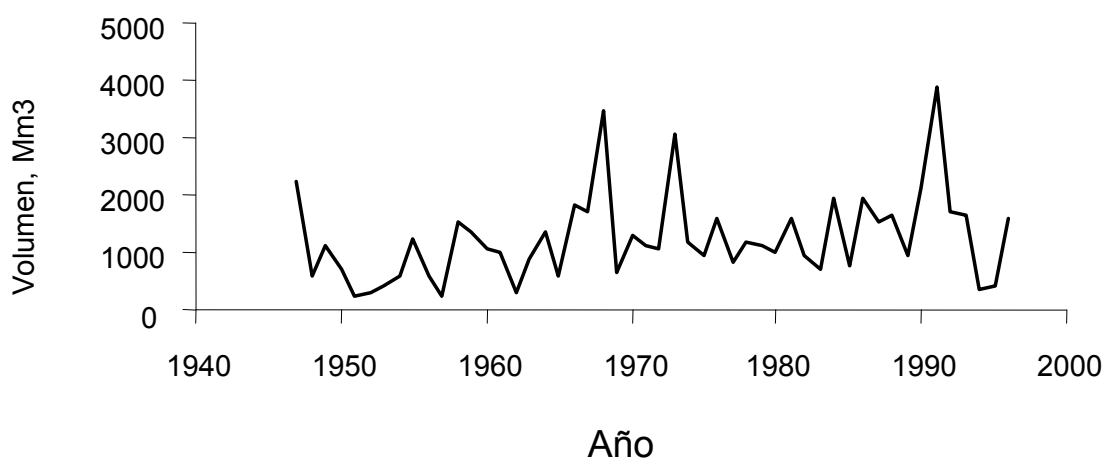


Figura 3: Variación del volumen almacenado en la presa Lázaro Cárdenas del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera.

De un concepto de trabajo integral y consistente para el DR 017, que permita hacer un uso eficiente del agua conforme a la dinámica del comportamiento de la región hidrológica No 36, considerando las interacciones implícitas entre sus cuencas alta y media y su repercusión en la cuenca baja, que es propiamente el área de influencia del DR 017. Dicha información se concentra de acuerdo a la problemática y las posibles alternativas de solución que el GPC diagnosticó en torno a la baja eficiencia del uso del agua del Distrito.

Método de aproximación.

El problema de conciliar intereses en el manejo de recursos naturales es complejo y con interacciones difíciles de cuantificar. Los usuarios de las cuencas hidrológicas manifiestan múltiples objetivos con el consecuente impacto en el corto plazo (Sánchez, 2004). La teoría de decisión multiobjetivo viene a solventar parcialmente la situación al considerar todos los intereses, opciones e impactos de posibles acciones (Heilman et al. 2003).

El Sistema Soporte de Decisiones utilizado en el presente estudio, DSS, denominado también “Facilitador”, es un software que apoya la toma de decisiones individuales o grupales con la utilización de alternativas de decisión, una jerarquización de los rangos de los criterios de decisión, funciones de score y programación lineal para identificar las mejores alternativas de decisión para el manejo de un problema determinado (Lawrence *et al* 2002).

El método se fundamenta en el trabajo de Yakowitz et al. (1993) con el siguiente raciocinio: suponiendo que existen n criterios u objetivos que los tomadores de decisiones (i.e productores, técnicos, jefes de distrito, comités hidráulicos) han jerarquizado en un determinado orden de importancia. Si V_{ij} es el score de la alternativa j evaluada con respecto al criterio i en el orden de importancia, y w_i es un factor de ponderación asociado con el criterio i , entonces el score mas alto (ó bajo) y el mejor (ó peor) para la alternativa j en congruencia con el orden de importancia, se encuentra resolviendo el siguiente problema con programación lineal descrito para los pesos w_i :

$$\max(\min)V_j = \sum_{i=1}^n w_i v_{ij}$$

sujeto a las restricciones siguientes :

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$$

De la ecuación 1 para ambos casos minimizar ó maximizar, la primer restricción normaliza la suma de los factores w_i a 1; de igual manera, la segunda restricción hace que la solución sea consistente con el orden de importancia y fuerza a que los pesos sean positivos. La solución de los máximos y mínimos arroja el rango completo de posibles escores dado el orden de importancia. Así, cualquier vector de pesos consistente con el orden de importancia producirá un escore que se ubica entre el mejor y peor escore. La figura 4 muestra un ejemplo de cómo procede el algoritmo.

Yakowitz *et al.* (1993), también mostraron que el peor y mejor escore puede ser obtenido en forma cerrada resolviendo los siguientes k problemas, empezando con el criterio de rango más alto añadiendo criterios hasta que todos sean considerados:

$$v_{kj} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n v_{ij}$$

Así, el mejor y peor escore para la alternativa j seleccionada de los resultados será:

$$Mejor = MV_j = \max_k \{v_{kj}\}$$

$$Peor = PV_j = \min_k \{v_{kj}\}$$

En un estudio posterior, Yakowitz y Weltz (1998) mejoraron el algoritmo básico descrito anteriormente al permitir agrupar sub objetivos bajo categorías mas amplias. Este agrupamiento permite introducir posteriormente otros objetivos bajo el criterio que corresponda .

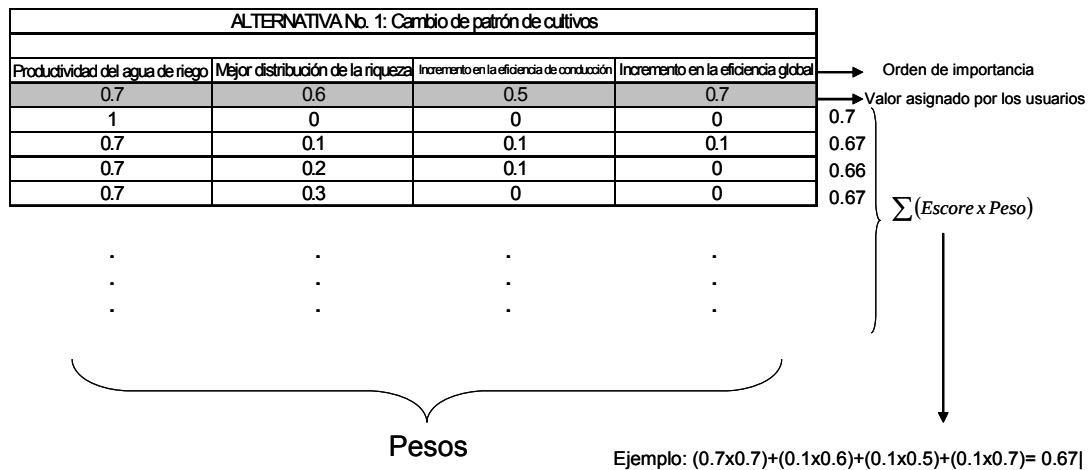


Figura 4: Ejemplo del planteamiento del problema a resolver mediante programación lineal.

Identificación del problema.

El punto central de este proceso es la identificación del problema acerca del cual se tomará una decisión. Para el presente caso el problema central de análisis y discusión fue: **La productividad del agua de riego** en el que se ha detectado un inadecuado uso del recurso agua en el Distrito de Riego, por lo que es necesario proponer y evaluar alternativas de solución bajo criterios de calidad.

Consulta de expertos.

Definido el problema, se consultó a personas especialistas en el tema, a los cuales el algoritmo denomina expertos. La manera de identificar a los expertos fue reunir a las personas involucradas en el problema, especialistas en el tema y en general a quienes estuvieran interesados tomando como plataforma al Comité Hidráulico, presidido por la Comisión Nacional del Agua (CNA) y personal de la Secretaría de Agricultura a través de su Delegación Estatal. Esto

involucró a agricultores, técnicos y personal operativo de ambas dependencias a nivel local y estatal. Así, se conformó un Grupo de Planeación y Coordinación (GPC). La matriz de problemas generada de esta reunión, se presenta en la Figura 5.

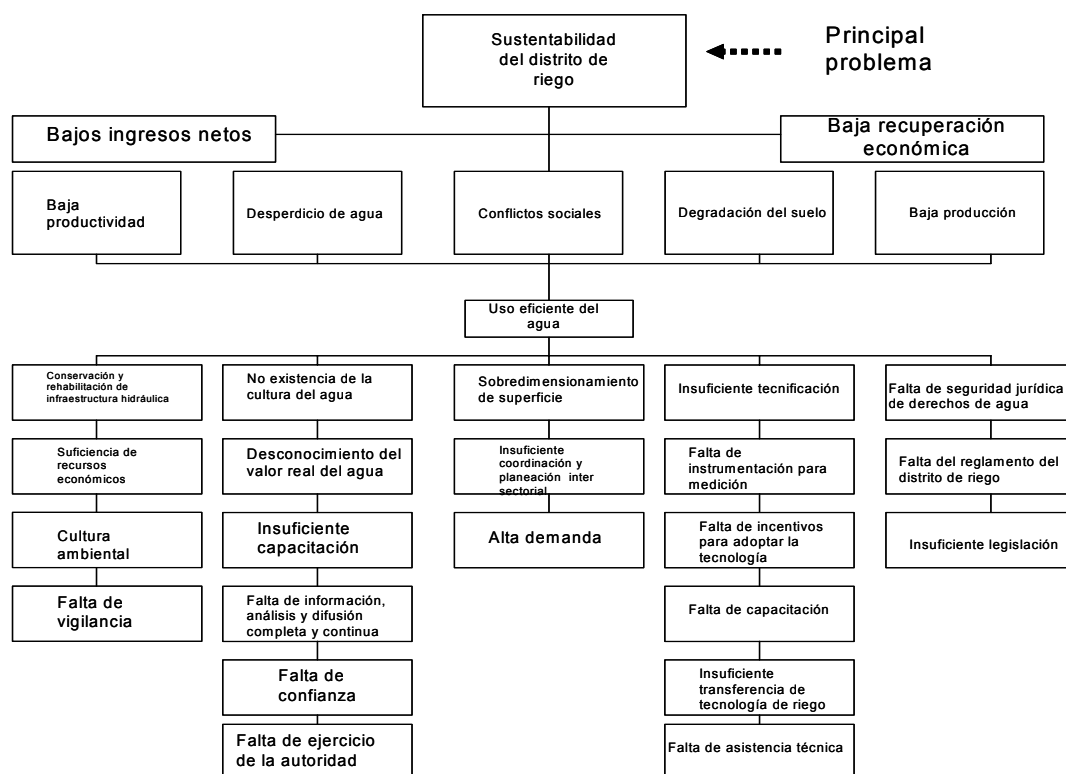


Figura 5: Árbol de problemas consensuados en el Distrito de Riego 017 Región Lagunera (CNA 2004).

Los problemas que muestra la figura anterior están asociados a los respectivos objetivos que se señalan; por ejemplo al problema de baja productividad se le asocia el objetivo o alternativa de “incrementar la productividad”, etc.

Generación de alternativas de solución o cursos de acción.

Para el adecuado curso en la toma de decisiones se plantearon varias alternativas o cursos de acción por los participantes con la finalidad de estar en posición de seleccionar la mejor. Se asumió que las personas involucradas en el proceso podrían ser capaces de contribuir con algunas de ellas. Una vez que

se generó una listado se procedió a documentar cada alternativa con la finalidad de ayudar a aquellas personas que no están involucradas en las discusiones para saber cómo fueron generadas las mismas. El consenso decidió enfocarse en cuatro objetivos particulares:

- productividad del agua de riego
- mejor distribución de la riqueza
- incremento en la eficiencia de conducción
- incremento en la eficiencia global del distrito de riego.

En el contexto de los objetivos planteados, las alternativas se enfocan a prevenir los conflictos del distrito por medio de la solución a problemas técnicos en el uso eficiente del agua evitando el incremento en la concentración de la riqueza.

Las alternativas propuestas se enfocaron primeramente a aspectos bajo el control del Distrito de Riego y son:

- cambiar el patrón de cultivos hacia cultivos con menos requerimientos hídricos
- cambiar a cultivos de invierno para reducir evapotranspiración
- capacitar a usuarios del riego
- rehabilitar infraestructura hidráulica
- compactar áreas y establecer mercado del agua
- dar precio al recurso agua
- asignar el agua por dotación volumétrica
- generar conocimiento base para realizar Agronegocios
- seguir con la situación actual (continuar con lo usual)

Identificación de criterios (objetivos) de evaluación y evaluación de alternativas.

Los criterios u objetivos se refieren a la manera de evaluar las alternativas.

En esta etapa se evaluaron las alternativas generadas con los criterios previamente definidos. En el DSS o Facilitador, se conforma una tabla enlistando los criterios arriba y a lo largo del encabezado y las alternativas en el

lado izquierdo. El software Facilitator provee de cuatro funciones para representar el impacto de cada alternativa en el objetivo, Cuadro 2. Esta metodología permite eliminar las unidades de las variables normalizándolas para que estas puedan ser comparadas entre sí. Generalmente para parametrizar variables de decisión se utilizan modelos de simulación. Para el presente caso se utilizó una función tipo “mas es mejor lineal” en virtud de que se contó con la opinión de expertos. Para ello en las reuniones con participantes de la Delegación Estatal de la SAGARPA y representantes del Distrito de Riego, se preguntó a los participantes cómo evaluarían el impacto que tendría cada alternativa en los objetivos en una escala de 0.0 a 1.0, considerando un valor de 0.5 a la alternativa de “continuar con lo usual” (no hacer nada). Los resultados se aprecian en el Cuadro 3.

En el caso de utilizar funciones escora distintas a la lineal, cuando se corren las evaluaciones, éstas se convierten en escora en el cuerpo de la misma tabla.

Si se cuenta con suficiente información se podría contar hasta con 10 escores para el mismo número de alternativas. Si es poca la información disponible, se deberá contar con un mínimo de 3 escores para que por lo menos se considere cual es buena, media o mala. Es recomendable evaluar un criterio a la vez. El valor más alto del escora corresponde a la mejor alternativa y el mas bajo a la menos conveniente (Figura 6). Esto se ejercita con todos los criterios para establecerles sus escores correspondientes. Es conveniente tener una visión rápida del escora para poder detectar si se han considerado los principales factores del problema central, con ello se detectará qué información adicional se puede requerir para tener más confianza en las respuestas de evaluación.

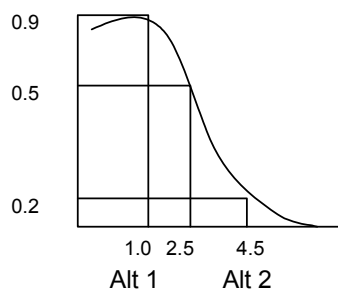
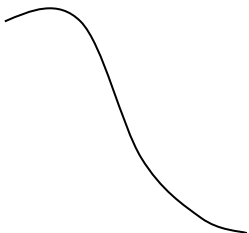
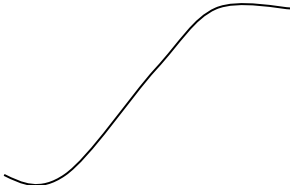
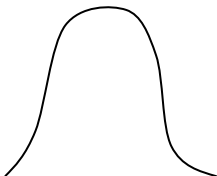
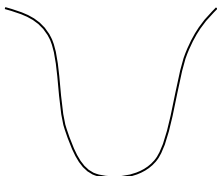
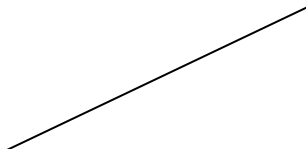


Figura 6: Ejemplo del proceso de evaluación de alternativas.

Cuadro 2: Descripción de funciones para calificar impacto.

Función de escore	Representación de la variable	Observaciones
MAS ES PEOR		Normalmente es usada para representar fenómenos de deterioro como contaminación, erosión, etc.
MAS ES MEJOR		Función utilizada para representar incrementos benéficos como rendimiento, ingreso, bienestar, etc.
RANGO DESEABLE		Cuando la variable de interés esta acotada por un mínimo y un máximo como rangos permisibles de contaminación, desechos, etc.
RANGO NO DESEABLE		Cuando la variable de interés esta acotada por un mínimo y un máximo como rangos no permisibles .
MAS ES MEJOR LINEAL		Función usada cuando existe la opinión del experto

Cuadro 3: Escores de los efectos de las alternativas en los objetivos.

	Situación actual	Cambio patrón de cultivos	Cambio a cultivos de invierno	Capacitación a usuarios del riego	Rehabilitar infraestructura hidráulica	Compactación y mercado del agua	Precio del recurso	Dotación Volumétrica	Conocimiento base para agro negocios
Productividad del agua de riego	0.5	0.7	0.75	0.8	0.85	0.7	0.88	0.8	0.6
Mejor distribución de la riqueza	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.75	0.7	0.7	0.8
Incremento en eficiencia conducción	0.5	0.5	0.6	0.6	0.88	0.6	0.8	0.75	0.6
Incremento en eficiencia global	0.5	0.7	0.8	0.87	0.8	0.6	0.87	0.7	0.6

IV. RESULTADOS.

Jerarquización de criterios de evaluación.

Al ordenar los criterios en una jerarquía, significa que si se quisiera, se puede dar más peso en cualquiera de los objetivos, esto en congruencia con las ecuaciones 1 y 2 antes anotadas. Este procedimiento es útil para agrupar ideas relacionadas, si hay traslape en algunos criterios, es aconsejable incluirlos dentro de un mismo encabezado, evitando así que sean evaluados dos veces.

Las alternativas pueden ser reevaluadas cambiando el orden jerárquico de los criterios; la finalidad sería ubicar los traslapes de alternativas al cambiar el orden. Este traslape daría luz sobre qué alternativa es la que conviene adoptar para la solución del problema expuesto.

Para el presente caso, se evaluaron distintos ordenes jerárquicos de los criterios como se muestran en la siguiente figura:

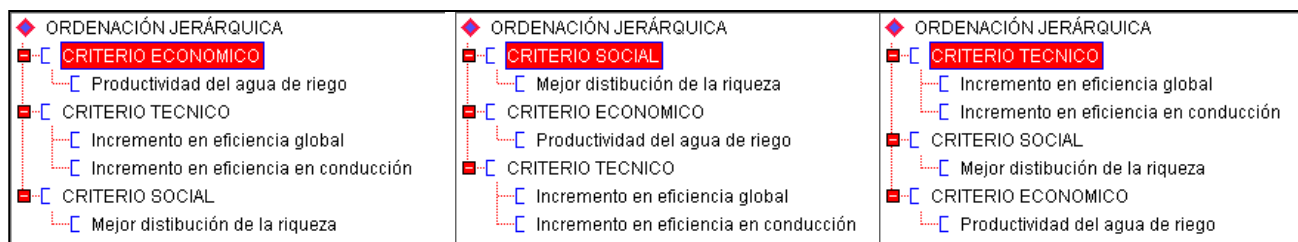


Figura 7: Ordenes jerárquicos ensayados.

De la figura 7 se desprende, por ejemplo, que si se siguiera el criterio económico para tomar la decisión:

- Para el análisis se ha dado orden de importancia a los objetivos; así, la decisión estará gobernada principalmente por el criterio económico que involucra a la productividad del agua de riego.
- Al criterio económico le subyace el criterio social que involucra la mejor distribución de la riqueza.
- El criterio técnico, aparece en tercer lugar de jerarquía e involucra al incremento en la eficiencia global como punto mas importante que el incremento en la eficiencia en conducción.

Y así sucesivamente se explica el orden jerárquico del criterio que se seleccione.

Considerando entonces diferentes ordenes jerárquicos, las alternativas optimizadas para cada criterio se presentan en las Figuras 8, 9 y 10.

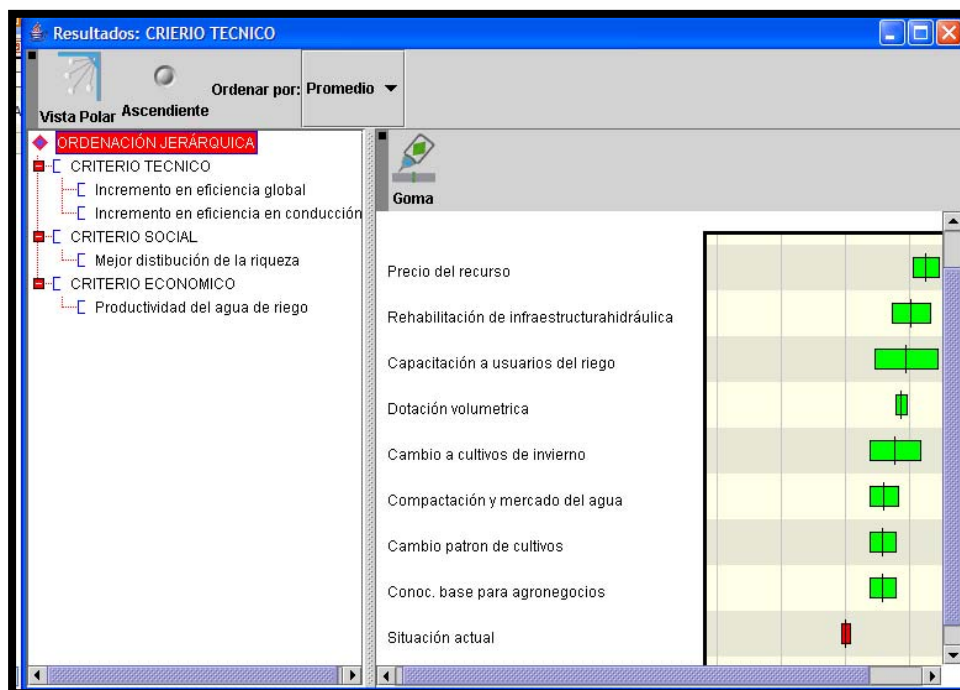


Figura 8: Alternativas optimizadas con el criterio Técnico.

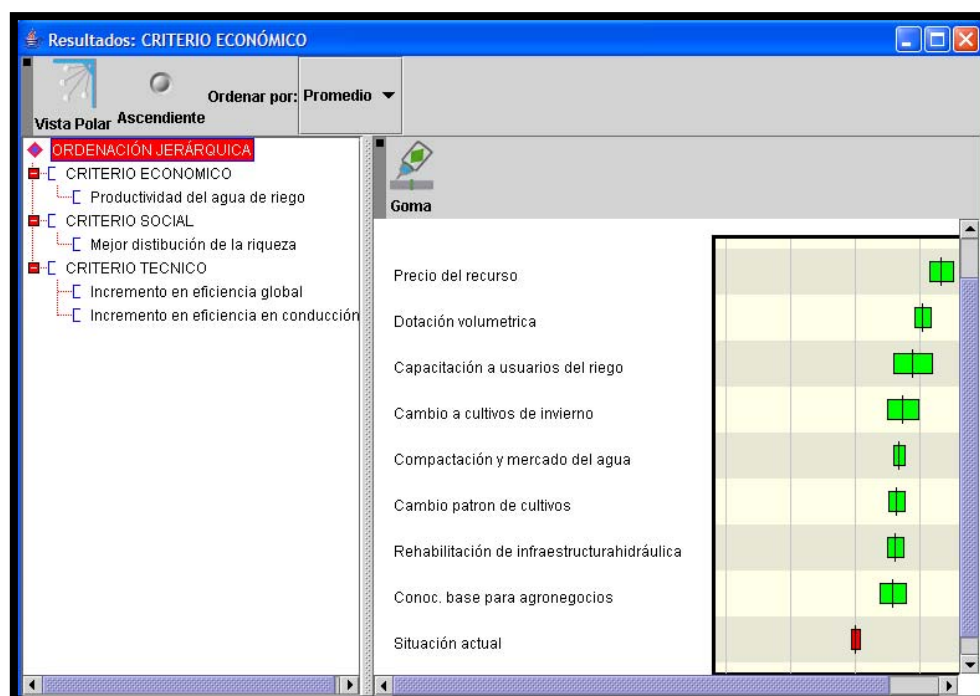


Figura 9: Alternativas optimizadas con el criterio económico.

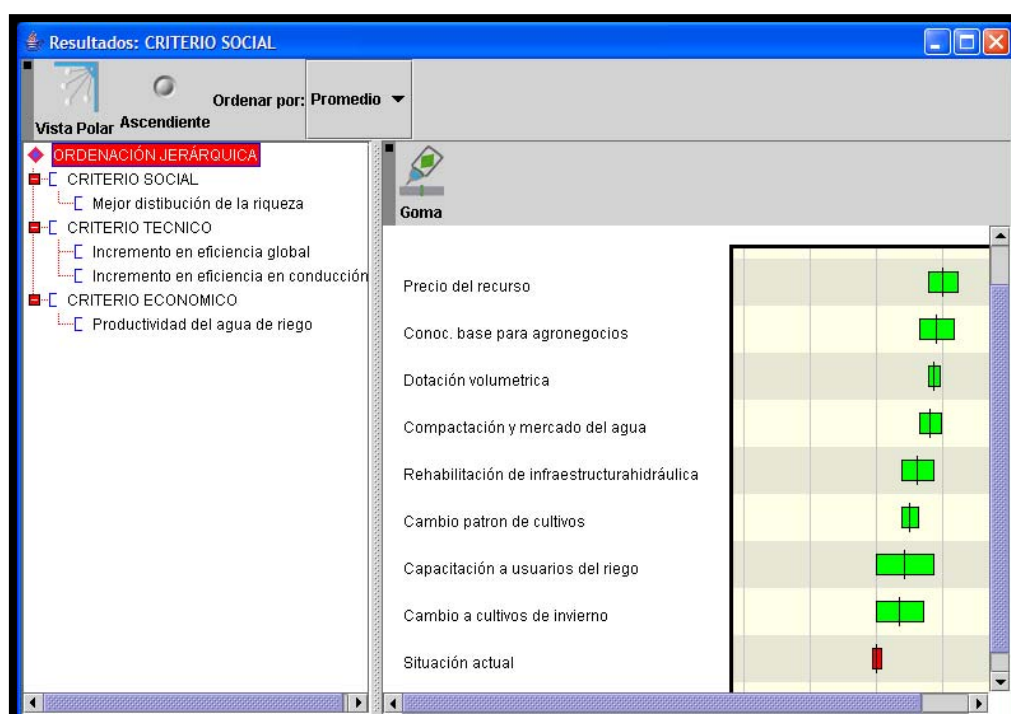


Figura 10: Alternativas optimizadas con el criterio Social.

Análisis.

Cada alternativa es representada por una barra que muestra el rango de los escores globales para esa alternativa (mejor, medio y peor escore). Es primeramente claro que una opción es mejor que otra si no hay traslape entre las barras

Con la jerarquía del **criterio técnico** que agrupa los objetivos de Incremento en la eficiencia global e incremento en la eficiencia de conducción resultó que las alternativas mas altamente calificadas fueron dar precio al recurso y rehabilitación de infraestructura hidráulica con escores de 0.87 y 0.88 respectivamente. La barra que representa el rango de posibles escores para el ajuste en el precio del recurso es mas angosta que la rehabilitación de infraestructura hidráulica porque el mínimo escore de 0.7, que corresponde al objetivo “mejor distribución de la riqueza”, es mayor que 0.6 para la alternativa de “rehabilitación de infraestructura hidráulica, lo que hace que el rango sea mayor.

De igual manera, teniendo al **criterio económico** con la mas alta jerarquía, que agrupa al objetivo de “Productividad del agua de riego”, las alternativas mas altamente calificadas fueron dar precio al recurso (0.88) y entrega de agua por dotación volumétrica (0.8). En tercer lugar aparece la “capacitación a usuarios del riego”. En este criterio (Figura 9), la barra que representa el rango de posibles escores a la alternativa “Precio del Recurso”, es mas amplia que aquella que representa el rango de posibles escores de la alternativa “Dotación Volumétrica”; esto en virtud de que la primera tiene un escore mínimo de 0.7 que corresponde al objetivo de “Mejor Distribución de la Riqueza” y el máximo de 0.88 arriba señalado, para el segundo, el escore mínimo es de 0.7

correspondiente a los objetivos “Mejor Distribución de la riqueza ” e “Incremento en la Eficiencia Global”; el máximo de 0.8 como también se anotó líneas arriba.

Con lo que respecta al **criterio social**, la Figura 10 señala que si éste criterio fuera en el que se fundamentara la decisión, las alternativas mas viables serían “Precio del Recurso” y “Conocimiento base para Agro negocios”, ya que la primera obtuvo un escore de 0.88 y la segunda de 0.8. La amplitud de la barra de la segunda alternativa es mayor debido a que el mínimo escore obtenido en ésta es de 0.6 contra 0.7 en la primera.

Independientemente del orden jerárquico analizado, las alternativas que tendieron a presentar los mas altos escores fueron: dar precio al recurso, dotación volumétrica, y capacitación a usuarios del riego. Cabe señalar que las alternativas que no resultaron con altos escores, estuvieron aún por arriba de la situación actual; es decir, que cualquiera que fuese el rumbo de acción, estaría mejor que la situación actual.

V. CONCLUSIONES.

La estructura actual del DR 017 respecto a la toma de decisiones para eficientar su operación en los ámbitos social, económico y ambiental no ha sido consistente. El uso de este sistema soporte para la toma de decisiones puede ayudar a mejorar dicho proceso, ya que permite considerar todas las alternativas posibles de operación con un análisis meticuloso de sus repercusiones en los ámbitos descritos, permitiendo la implementación de los mejores cursos de acción para incrementar la eficiencia global en el uso del recurso agua.

El DSS permite la participación de los usuarios del distrito y se involucran en él a través de sus necesidades, intereses y sus puntos de vista y consecuentemente los predispone positivamente a aceptar las alternativas o cursos de acción que se evalúan operativamente desde la captación y derivación de los embalses hasta la toma parcelaria.

Al considerar a través de este sistema soporte de decisiones los objetivos múltiples de las instancias involucradas en la operación del distrito como son los propios usuarios, gobiernos de los estados involucrados, la comisión nacional del agua y los representantes de la comunidad a través de grupos ambientalistas se permite la toma de decisiones consensuadas para la operación eficiente del distrito.

La implementación de este sistema soporte de decisiones para el propósito de eficientar la operativa del distrito de riego 017, ha permitido establecer la necesidad imperante de justipreciar el recurso agua en un afán de darle sustentabilidad y permanencia a la actividad agropecuaria.

VI. RECOMENDACIONES.

Se recomienda implementar una o varias de las alternativas más relevantes de acuerdo al DSS como son: dar un precio real al recurso agua, dotación volumétrica y capacitación a los usuarios, lo cual deberá estar en función de la capacidad del DR 017 en términos operativos y económicos, además de la organización conjunta de los integrantes de los módulos de riego. El valor (propriadamente precio) que se le asigne al recurso, deberá considerar: costo de aprovisionamiento, intereses de los usuarios con diferentes necesidades, y las fluctuaciones en la disponibilidad del recurso debido a factores climáticos.

Las alternativas evaluadas en este trabajo consideraron a los 20 módulos del DR 017 y los resultados obtenidos aplican en términos generales a todos ellos, no obstante, es recomendable que cada uno de ellos se organice para implementar la investigación de campo que permita evaluar, ratificar o depurar las alternativas o cursos de acción para resolver sus problemas particulares, teniendo así la oportunidad de evaluar la eficiencia en el uso del agua desde su derivación y conducción hasta la toma parcelaria.

Dado que los actores involucrados directa o indirectamente en esta actividad productiva deberán contar con la misma cultura social, tecnológica y ecológica, es recomendable, una vez calibrado el DSS para cada uno de los módulos del DR 017, presentarlo ante la Asociación Nacional de Usuarios de Riego, (ANUR), para analizar sus ajustes y aplicabilidad en los Distritos de Riego de las zonas áridas y semiáridas de México.

Considerando que el gobierno federal a través de la Comisión Nacional del Agua concede un determinado volumen a las asociaciones de usuarios, el cual se registra ante el REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) y dado que a través de la red de canales del DR 017 se le da servicio a otros usos como el industrial, ganadero y en algunos casos al doméstico, se recomienda dar un valor al recurso agua diferenciado, de acuerdo a su uso específico.

Es conveniente que los módulos de riego del DR 017 implementen este DSS en los meses de Septiembre y Octubre de cada año en los que se integran en Comité Hidráulico para analizar los requerimientos presupuestales para la conservación, operación y administración con propósitos de autosuficiencia a través de las cuotas por servicio de riego.

VII. LITERATURA CITADA

Cardoza V. R. 2000. Manejo integral de cuencas hidrográficas en el norte de México (caso Durango). X Congreso Nacional de irrigación . Simposio 4. Manejo Integral de Cuencas hidrológicas. Chihuahua, México. 10 p.

Cazorla C. X. 2003. Conflictos en el Manejo de los Recursos Hídricos: la crisis de la gobernabilidad y los usuarios del agua. Representación de la Red Mesoamericana de Recursos Bióticos (REDMESO), en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable (Johanesburgo , 2002) y el 3er foro mundial del agua (Kyoto, 2003). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. pp 1-20.

Comisión Nacional del Agua 2002. Aguas subterráneas. Gerencia Regional de las Cuencas Centrales del Norte. Subgerencia Técnica. Torreón, Coah. pp 3-35.

Comisión Nacional del Agua 2000. Programa hidráulico de gran visión 2000-2025. Gerencia regional de las cuencas centrales del norte. Torreón, Coah. pp 87-99.

Comisión Nacional del Agua 2002. Programa regional hidráulico 2002-2006. Gerencia regional de las cuencas centrales del norte. Torreón, Coah. pp 75-87.

Comisión Nacional del Agua 2003. Consolidación y desarrollo del distrito de riego 017, Comarca Lagunera. Gerencia regional de las cuencas centrales del norte. Torreón, Coah. 56 p.

Descroix L., Nouvelot J. F., Estrada A. J. 1997. Geografía de las lluvias en una cuenca del norte de México. Regionalización de las precipitaciones en la Región Hidrológica 36. Folleto técnico No 8. Serie INIFAP- Orstom. 52 p.

Descroix, L., Nouvelot J. F. 1997. Escurrimiento y erosión en la Sierra Madre Occidental. Folleto científico No 7. Serie INIFAP-Orstom. 50 p.

Dourojeanni, A., Jouravlev A. (2002). Evolución de políticas hídricas en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/L.1826-P. Diciembre de 2002. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 51, Santiago de Chile. Pp 346-355.

Heilman P., Sánchez C. I., Jeffry S., Macías R. H., Roy M. 2003. Working Smarter: Research and Decision Support Systems in Mexican Agriculture. Chapter book. International Symposium Aguascalientes, México 2003. 35 p.

Jasso I. R. 1999. Desarrollo tecnológico para el manejo integral de los recursos naturales en comunidades marginadas del Estado de Durango. Protocolo del proyecto CENID-RASPA. pp 1-6.

Knisel, W. G. 1980. CREAMS: A field – scale model for chemical, runoff, and erosion from agricultural management systems. USDA conservation research report No 26. 643 p.

Lane, L. J., Ascough, and Haknson T, E. 1991. Multiobjective decision theory- decision support systems with embedded simulation models. Proceedings ASCE National Conference on Irrigation and drainage Engineering. July 1991. Honolulu, HI. pp 445-451.

Lawrence, P. A., and R. J. Shaw. 2002. A framework for evaluating options for improved irrigation management. Proc. MODSS'99 2nd Int. Conf. on Multiple Objective Decision Support Systems for Land, Water and Environmental Management, Brisbane, QLD, Australia. 1-6 July, 1999. pp 1-23.

Leonard, R. A., Knisel, W. G. 1988. Evaluating groundwater contamination potential from herbicide use. Weed technology. pp 1403-1418.

Loyer J. Y., Estrada A. J., Jasso I. R., Moreno D. L. 1993. Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36. Orstom, Francia-CENID-RASPA INIFAP. 367 p.

Martinez M. M. R. 1999. Manejo integral de cuencas. Pasado, presente y futuro. Ponencia presentada en el IX Congreso Nacional de Especialistas en Irrigación. 10 p.

Moncada, J. 2001. Primera reunión de la H. Junta de Gobierno del INIFAP. INIFAP SAGARPA.

Nouvelot J. F. 1997. Proyecto binacional sobre manejo y uso del agua en las cuencas hidrográficas del Norte de México. Ponencia presentada en el 25 aniversario del CENID-RASPA. 135 p.

Oropeza, M. J. L. 1999. Modelos matemáticos y su aplicación al manejo de cuencas hidrológicas. Ponencia presentada en IX Congreso Nacional de Especialistas en Irrigación. 11 P.

Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal-SARH 1991. Estadística de la producción agropecuaria y su valor de los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. SARH subdelegación de política y concertación, unidad de información y estadística. Cd. Lerdo, Dgo. México. 79 p.

Sánchez C. I. 1994. Evaluating strip farming systems for arid ecosystems. A stochastic approach. Ph. D. Disertation. The University of Arizona. 111 p.

Sánchez, C. I. 1995. Erosión y productividad en la Comarca Lagunera. Folleto científico No. 4. Serie INIFAP-Orstom. 30 p.

Sánchez C. I. 2000. La investigación en hidrología en las cuencas centrales del norte de México. Artículo científico. Serie INIFAP-Orstom. 16 p.

Sánchez C. I. 2001. La cuenca hidrológica como unidad básica de planeación del desarrollo de las cadenas productivas. CENID-RASPA INIFAP. pp 1-13.

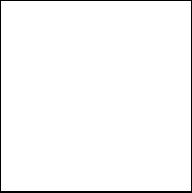
Sánchez C. I. 2004. Estudio Integral de los Sistemas de Produccion Agrícola, Pecuario, Forestal y de los Recursos Naturales de la Región Hidrológica No. 36 Cuencas de los Ríos Nazas y Aguanaval. Proyecto nacional. 60 p.

SCS. 1991. Field office technical guide. WNTC Tech. Transfer Note. March 1991, USDA-SCS, WNTC, Portland, OR. Pp 78-89.

Williams, J. R., Renard, K. G., and Dyke, P.T. 1983. A new method for assessign the effect of erosion on productivity-The epic model. Journal of soil and water conservation. 383 p.

Yakowits, D. S., L. J. Lane, and F. Szidarovsky. 1993. Multi-attribute decision making: dominance with respect to an importance order of attributes. Applied Mathematics and Computation 54: 167-181.

Yakowits, D. S., and M. Wertz. 1998. An algorithm for computing multiple attribute additive value measurement ranges under a hierarchy of the criteria: application



to farm or rangeland management decisions. P. 163-177. *In* Beinat E. And Nijkamp P. (ed.) Multicriteria Analysis for Land Use Management. Kluwer Academic Publishers, Boston.