



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN



**EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO VALLE DE LEÓN, GTO.
Y SU IMPACTO ECONÓMICO
EN LA AGRICULTURA DE RIEGO.**

Por :

**María Mireya Figueroa De Jesús
Rosalba Espinoza Méndez**

Tesis para la obtención del título en
LIC. PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO

DIRECTOR DE TESIS: M. en E. R. José Alfredo Loera Esparza

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

DEDICATORIAS

*A Dios
Porque me ha dado la vida
y no me deja de su mano*

*A Aída, mi madre
Porque con su amor y ejemplo me ha enseñado a
crecer*

*A Mirey, mi padre
Por su apoyo y porque me ha enseñado a
esforzarme para conseguir lo que tengo*

*A Aída, Ale, Juan y Bibis, mis hermanos
Por lo que hemos vivido juntos, por su cariño, apoyo
y estímulo*

*A Emiliano
Porque su amor es la inspiración de mi vida*

*A Rosalba
Por haberme brindado su amistad sin reservas*

*A Dios
Por darme el privilegio de vivir un día mas,*

*A Modesta, mi madre
Quien siempre ha estado a mi lado con fortaleza
y amor*

*A Martha, Marisela, Alicia, Sonia, Leticia, Arturo
y Rosario, mis hermanos
Por demostrarme siempre su cariño y apoyo*

*A mi hijo
Ese pequeño ser que se ha convertido
en esperanza, en alegría y en la razón
más hermosa de mi vida*

*A Mireya
Por su comprensión y por enseñarme que la
amistad nace al hacer bien a un amigo para que
continúe siéndolo y al enemigo para convertirlo
en amigo*

Mireya

Rosalba



AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional del Agua por habernos dado las facilidades para la elaboración y culminación de éste trabajo, en especial a la Gerencia de Aguas Subterráneas.

Al Ing. Oscar Escolero Fuentes por el apoyo y estímulo brindados para emprender éste proyecto y la oportunidad de desarrollarnos profesionalmente.

Al M. en E.R. José Alfredo Loera Esparza por la paciencia y dedicación prestadas en la dirección y seguimiento de éste trabajo.

De manera especial agradecemos el apoyo y asesoría de el Ing. Salvador Cruz Majluf, Biól. Cutberto Garrido Román, Lic. José de Jesús Landeros López e Ing. Eugenio Cedillo Portugal, por el tiempo invertido en la revisión del presente trabajo.

A la Lic. Amelia Reyes Martínez, la confianza, el apoyo y los consejos que nos ha dado.

Al Lic. Jesús E. Guadarrama Sánchez su intervención para la culminación de éste proyecto.

Al Ing. Román Quintanar Villalvanzo e Ing. Antonio Torres, de la Unidad de Riego 003 León, por la información y comentarios proporcionados del área de estudio.

También agradecemos a Victor, Toño, Héctor, Juan Manuel, Eric y Domingo porque de una u otra forma intervinieron en la elaboración de ésta tesis. Y de la misma manera a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo incondicional.

Í

ÍNDICE



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	6
HIPÓTESIS	7

1. EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO

1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 DESARROLLO SUSTENTABLE.....	11
1.2.1 ENFOQUES DE DESARROLLO Y ACCIÓN GUBERNAMENTAL ..	15
1.3 EL PAPEL DE LA AGRICULTURA EN EL DESARROLLO SUSTENTABLE...	16
1.3.1 AGRICULTURA SUSTENTABLE EN MÉXICO	19
1.4 APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	21

2. LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA Y LOS PROGRAMAS DE GOBIERNO

2.1 LOS RECURSOS HÍDRICOS EN MÉXICO	26
2.2 SITUACIÓN DE LOS ACUÍFEROS EN MÉXICO	28
2.2.1 MANEJO DE ACUÍFEROS	29

2.3	ALGUNOS ANTECEDENTES DE LA POLÍTICA HIDRÁULICA	31
2.4	PROGRAMA HIDRÁULICO 1995-2000	36
2.4.1	OBJETIVOS.....	36
2.4.2	PROGRAMAS ESPECÍFICOS	37
3.	EL VALLE DE LEÓN Y SUS RECURSOS NATURALES	
3.1	LOCALIZACIÓN GEÓGRÁFICA	42
3.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	44
3.2.1	GEOLOGÍA.....	44
3.2.2	SUELOS	50
3.2.3	HIDROGRAFÍA	51
3.2.4	GRUPO DE CLIMAS	53
3.2.5	VEGETACIÓN	55
3.3	CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS	56
4.	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DEL VALLE DE LEÓN	
4.1	POBLACIÓN	60
4.2	POBLACIÓN URBANA Y RURAL	62
4.3	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	63
5.	EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL VALLE DE LEÓN	
5.1	LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL VALLE DE LEÓN	66
5.2	EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO	72
5.3	EL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES	75

6. EL COSTO SOCIAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

6.1	EL <i>COSTO DEL AGUA</i>	79
6.1.1	<i>COSTO DE EXTRACCIÓN (Ce)</i>	81
6.1.2	<i>COSTO DE OPORTUNIDAD (Co)</i>	97
6.1.3	<i>COSTO DE AGOTAMIENTO (Ca)</i>	104
6.1.4	<i>VALOR DE ESCASEZ (Ve)</i>	107
6.2	<i>EL COSTO SOCIAL DE LA EXPLOTACIÓN EN LA AGRICULTURA DE RIEGO</i>	110
	CONCLUSIONES	114
	PROPUESTAS	118
	APÉNDICE	125
	GLOSARIO	136
	FUENTES	141

I



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable en cualquier actividad desarrollada por la sociedad, para usos agrícolas, industriales, comerciales, domésticos, de servicios, etc., por ello posee un valor social. Es un elemento que requiere de la construcción de diversas obras de infraestructura para su obtención y conducción; considerando la disponibilidad de agua y la capacidad tecnológica que existe en la actualidad puede considerarse como un recurso *escaso*, (según la clasificación de Owen, el agua es un recurso inagotable, mantenible y renovable; actualmente es discutible esta concepción, ya que con los ritmos actuales de explotación se ha alterado el ciclo de renovación del recurso). En el momento en que se presenta una demanda insatisfecha, es necesario realizar una serie de obras de infraestructura que dotarán de un mayor volumen de agua, dichas obras tienen un costo que automáticamente provocará que el valor del agua que se incorpore sea mayor.

La demanda del recurso agua se encuentra estrechamente ligada a los volúmenes que se requieren para cubrir los estándares de consumo por parte de los usuarios. Existen sectores económicos que presentan un elevado consumo de agua para sus actividades, considerándola como un bien indispensable, pero contradictoriamente su precio no se ve reflejado en sus costos totales de producción.

En México los usuarios del recurso hídrico pueden agruparse en tres tipos. Por un lado, el de aquellos que se abastecen de los sistemas municipales, pagando la cuota por metro cúbico determinada por el organismo operador. Por otro, el de los que han obtenido una concesión para usar aguas nacionales en cantidades volumétricas predeterminadas, expedida por el gobierno federal, específicamente por la Comisión Nacional del Agua (CNA), y que se han visto en la necesidad de operar su propio sistema de abastecimiento, estando obligados a pagar los derechos

de uso y aprovechamiento del recurso. En este segundo conjunto se incluye a los organismos operadores, que deben obtener una asignación por parte de la CNA y están obligados a pagar los derechos por el volumen de agua que distribuyen a los usuarios que se abastecen de sus redes.

Además, existe un tercer tipo de usuarios que a pesar de tener una concesión están exentos tanto del pago sobre derecho de uso de agua como de cuota alguna, pagando solo la tarifa de energía eléctrica (subsidiada por cierto), por lo tanto no pagan nada sobre el costo ambiental que la explotación genera, es el caso de los agricultores que contradictoriamente son los que utilizan el mayor porcentaje del volumen de agua extraído.

Históricamente en nuestro país se han creado políticas que pretenden "proteger" al sector agrícola, de donde se edifica la economía mexicana, pero raramente se han logrado los objetivos planeados. En el caso del agua subterránea, el problema radica en que con este tipo de políticas se han provocado problemas ambientales muy serios. Un ejemplo muy claro de esto es la *soberanía alimentaria*, - la grandeza de un país se basa en la capacidad que tenga para producir sus alimentos, pero no a costa del deterioro ambiental-.

En nuestro país se han implementado algunas políticas que no van de acuerdo a los recursos con que se cuenta, se ha introducido tecnología para extraer agua y aumentar la productividad de cultivos, que no son adecuadas a las condiciones naturales y económicas de nuestro territorio, provocando problemas ambientales como lo es el agotamiento de un acuífero, que acarrea impactos económicos en las actividades productivas más importantes de la región.

En este estudio fue analizado el impacto económico en la agricultura de riego, que por desarrollarse con este tipo de problemas incrementa sus costos de extracción de agua, indispensable para la producción; además, existen subsidios y los productores no pagan directamente nada sobre el costo del agua que se extrae. Para cubrir parte de estos subsidios se determina el pago de impuestos por parte de la sociedad en general y de tarifas por derecho de uso de agua, a las actividades económicas que pueden pagarlas, pero aún con esto no se paga el daño ambiental que afecta directamente las condiciones naturales del acuífero, tanto de cantidad como de calidad del recurso hídrico subterráneo. Además, provoca cambios en la F

vegetación de la región y en las condiciones de flujo superficial de agua, lo cual repercute en el bienestar de la población de la región.

Es necesario aclarar que históricamente se ha utilizado el término *explotación* como un sinónimo de *aprovechamiento* y el de *sobreexplotación* para indicar que esta *explotación* es excesiva. Para efectos de este estudio y tomando en cuenta los conceptos que aporta el desarrollo sustentable, se utilizará la palabra *aprovechamiento* para indicar el uso racional de los recursos hídricos, es decir, cuando el aprovechamiento de las aguas subterráneas se mantiene en una relación recarga - extracción más o menos constante sin rebasar el *rendimiento seguro* del acuífero, mientras que el término *explotación* se manejará (en lugar de *sobreexplotación*) cuando esta relación rebasa el *rendimiento seguro*.

El acuífero Valle de León ha sido estudiado ampliamente, llegando a identificarse las condiciones de explotación, el ritmo actual de abatimiento de los niveles freáticos, la calidad del agua, las repercusiones de la contaminación en el suelo, la vegetación y la población; así también, se tiene identificado el incremento en los costos para el suministro de agua en las actividades agrícolas e industriales y para consumo humano.

El agotamiento de agua subterránea genera entre otros problemas: inutilización de pozos, altos costos de operación de los mismos, salinización de suelos, disminución de la producción y otro gran problema que es el incremento en el uso de aguas residuales para riego que ocasiona a su vez la contaminación del suelo y del mismo acuífero.

A pesar de que los problemas están identificados y que han sido estudiados desde diversos puntos de vista, no existe una evaluación económica de ninguno de los daños generados al ambiente, ni se ha determinado el costo de extraer cada metro cúbico de agua de acuerdo a las condiciones del acuífero.

En este sentido el tema a tratar en este trabajo es el impacto económico generado por la explotación del acuífero Valle de León en la agricultura de riego; las condiciones económicas en las que se encuentra actualmente este sector, en cuanto a sus costos de producción y la importancia que tienen en éstos los costos de extracción del agua subterránea que se utiliza para riego, además de las pérdidas

ambientales y por lo tanto económicas, que sufren los agricultores, la sociedad y la naturaleza de la región.

En este estudio se trata el tema de la sustentabilidad como un enfoque de desarrollo, que actualmente proporciona las bases para un desarrollo económico y social más acorde a las condiciones de vida de la mayoría de países en el mundo, dentro del primer capítulo, se mencionan sus antecedentes y la importancia de la participación de los gobiernos a través de sus instituciones. Un aspecto importante en el desarrollo sustentable es la agricultura, pero desafortunadamente en nuestro país existen fenómenos sociales, políticos y tecnológicos que impiden el desarrollo de la misma; también se trata brevemente la evolución en las estrategias del gobierno mexicano encaminadas a lograr la soberanía alimentaria y finalmente la situación de los recursos naturales en nuestro país.

En el segundo capítulo el tema a tratar es la política hidráulica en México, sus antecedentes, las instituciones que a través del tiempo se han encargado del estudio y administración del recurso hídrico, así como la importancia que éste ha tenido en los programas de gobierno; en la actualidad el Plan Nacional Hidráulico 1995 - 2000 aporta la guía en la administración y control en el uso del agua.

El capítulo tercero reúne información básica sobre las condiciones físicas del Valle de León (geología, suelos, vegetación, clima, etc.), que influyen directamente en las características de los recursos naturales, sobre todo para la existencia de agua subterránea en la región.

Los aspectos demográficos se abordan en el capítulo cuarto y nos ilustran las tendencias de crecimiento, las proporciones entre población urbana y rural así como las actividades económicas a las que se dedican y que son el factor más importante en lo que se refiere al aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos en el Valle de León.

El quinto capítulo está enfocado principalmente a la actividad agrícola en la zona de estudio, trata acerca de las condiciones de tenencia de la tierra, los sistemas de riego, los problemas económicos y ambientales de los agricultores y la importancia del agua subterránea en el desarrollo de esta actividad, sobre todo por las condiciones de explotación en las que se encuentra el acuífero Valle de León.

En el capítulo sexto se lleva a cabo la estimación del costo del agua subterránea en relación a la actividad agrícola, considerando para esta estimación de los costos de extracción, de oportunidad, de agotamiento y el valor de la escasez; con éste se obtiene el costo social de la explotación del agua en el acuífero del Valle de León y su impacto en la agricultura de riego.

OBJETIVO GENERAL

Estimar económicamente el impacto ambiental generado por la explotación del agua subterránea en la agricultura de riego del Valle de León, Guanajuato.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Emplear una metodología capaz de estimar el *costo del agua* subterránea para la agricultura de riego del Valle de León, Guanajuato.
- Estimar los *costos sociales* presentes de la explotación del agua subterránea con base en la actividad agrícola de la región.
- Analizar el impacto económico que ha generado la explotación del acuífero Valle de León, Guanajuato, en la agricultura de riego.

HIPÓTESIS

La explotación del acuífero Valle de León afecta a la sociedad en general, pero directamente a los agricultores que riegan sus cultivos con aguas subterráneas. El aprovechamiento irracional ha ocasionado que los niveles freáticos presenten un nivel de abatimiento anual acelerado, lo que origina que los costos de perforación, mantenimiento y operación de pozos se incrementen, generando con ello un impacto económico en los costos de producción, además del impacto al ambiente que es irreversible e invaluable en términos monetarios .

De acuerdo con esto, es necesario planificar el desarrollo de las actividades económicas de la región y del uso de los recursos hídricos subterráneos disponibles, tomando en cuenta que en el futuro la escasez del mismo elevará aún más los costos de extracción y los daños ambientales ya existentes. De no tomarse medidas de manejo del acuífero, dejará de ser rentable, ambiental y económicamente para la agricultura, extraer agua subterránea para riego.

1



EL DESARROLLO
SUSTENTABLE EN MEXICO

1 EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO

1.1 ANTECEDENTES

Históricamente se ha considerado al crecimiento económico como idea fundamental del progreso, constituyéndose como el objetivo principal de las políticas económicas; a pesar de que desde los años setenta mostraba ya deficiencias al intensificarse los fenómenos estructurales de pobreza, las diferencias entre la ciudad y el campo y la polarización social en el sector rural

En la política económica existe la tendencia a utilizar al máximo los instrumentos de mercado para regular las relaciones productivas. Los objetos para la producción son valorados útiles únicamente en la medida en que se convierten en un producto, pero hay recursos naturales empleados para la elaboración de mercancías que no se incluyen en ese tipo de valoración y que se encuentran en una situación de degradación irreversible por el consumo productivo. Es decir, un gran número de factores de la producción se mantiene fuera de las contabilidades, en particular el aire, tierra y agua, a esta deficiencia del mercado se le llama *externalidad* (Economía informa, 253, pág 29).

Internalizar estas externalidades, es decir considerarlas en la contabilidad de la actividad productiva, sería el instrumento de la política de mercado y hay que usarlo hasta donde sea posible; debemos considerar que esto no basta para encauzar el desarrollo hacia la sustentabilidad y que difícilmente podrá frenar el proceso de deterioro, pero es útil para demostrar cuantitativamente, por lo menos, el deterioro ambiental que hemos provocado.

Por ejemplo, por muchos años la política oficial ha propiciado los procesos de ganaderización extensiva y la destrucción de selvas tropicales, con el otorgamiento de créditos, un marco jurídico aplicado de manera unilateral, un aval político teñido de corrupción y coerción social hacia determinados grupos sociales que se privilegian en detrimento de otros.

El hacer funcionales los mercados locales y regionales está relacionado con los sistemas mundiales de producción de alimentos. Las repercusiones sociales que traen consigo estas políticas de ajuste son enormes: pobreza de algunos sectores sociales, dependencia alimentaria, desmontes, deforestación, destrucción del suelo, agotamiento de acuíferos, de la biomasa y de la biodiversidad. A las cuales se suman anualmente pérdidas económicas importantes que no han sido completamente evaluadas en las cuentas nacionales.

Desde los años setenta comenzó a discutirse el tema de la sustentabilidad, cuando las políticas oficiales nacionales e internacionales favorecían la destrucción masiva de los recursos naturales en nombre de los nuevos polos de desarrollo, a través de la expansión de la frontera agrícola y la resolución de los conflictos agrarios con la apertura de nuevos centros de población. Asimismo, en esta etapa se promovía el uso masivo de agroquímicos y semillas especializadas frente a un abanico de otras posibilidades para ingresar a la "modernidad".

Estas políticas redundaron en la pérdida de calidad de vida de productores campesinos que ya no podían cultivar con los sistemas tradicionales extensivos e intensivos, al no poder competir en el mercado de trabajo y de dinero. Se evidenció que no se podía desligar el tema del crecimiento de la población de los de la pobreza urbana y rural, el deterioro ambiental y las políticas económicas.

Posteriormente, comenzó a generarse la crítica en torno a los desastres económicos sociales y naturales ocasionados por los grandes proyectos y polos de desarrollo. Al mismo tiempo se perfiló otro tema ligado a los anteriores: la pobreza y su relación con el deterioro ambiental. Este tema surgió cuando el informe Brundtland de las Naciones Unidas (1987) definió a la sustentabilidad del desarrollo como aquella que no comprometía a las generaciones futuras y que por lo tanto debía atacar a fondo el círculo vicioso pobreza-deterioro ambiental. De ahí el énfasis de la reunión internacional de las Naciones Unidas en Río de Janeiro de 1992 cuyo

lema *Nuestro futuro común* recalcó la cuestión del desarrollo sustentable y la equidad, además del respeto a la diversidad cultural.

Existen dos corrientes que han interpretado el desarrollo sustentable (De Grammont, 1996, pág. 221), una de corte economicista que trata de involucrar los instrumentos de mercado en el manejo de los recursos naturales, con el objetivo más limitado que es garantizar el crecimiento económico y otra desde la perspectiva ambiental. Esta última responde a la necesidad vital de teorizar y marcar políticas para evitar las consecuencias del tipo de desarrollo dominante: degradación de los recursos naturales básicos, de los energéticos no renovables, el agua, los suelos, la biodiversidad y la biomasa; esta corriente tiene como componente central el desarrollo sustentable.

1.2 DESARROLLO SUSTENTABLE

En los últimos veinte años las cuestiones ambientales han pasado de ser un asunto marginal a ocupar un lugar central, sin que esto signifique que ocupen hoy la atención fundamental.

Durante los años sesenta surgió una línea de pensamiento que serviría de base a una nueva economía de desarrollo; se trata del *Ecodesarrollo*, -concepto precursor del desarrollo sustentable- expuesto por el economista polaco Ignacy Sachs, en 1971. Su mérito fue trabajar en un nivel de abstracción menor, que pretende ... *encontrar los medios de armonizar los objetivos sociales y económicos del desarrollo con un manejo de recursos y del ambiente que sea ecológicamente adecuado* (Sachs, I., 1982). Este concepto, pensado en gran medida en relación con la economía rural, ayudó a abandonar las falsas contradicciones en que se hallaba la relación desarrollo-ambiente y a encuadrar ésta relación en un análisis más amplio de sistemas, de aplicación de técnicas de costo-beneficio, de incorporación a las tareas de la planificación a largo plazo, de enfoques interdisciplinarios e interinstitucionales y de economía política.

Podemos identificar al menos tres modos de impedir que las sociedades elaboren políticas ambientales eficaces mediante el encubrimiento del verdadero significado de los valores ambientales. En primer lugar, el desarrollo de una alta tecnología y la división internacional del trabajo nos hace pasar por alto los vínculos entre las causas y los efectos del agotamiento de los recursos.

Una segunda causa es lo que los economistas llaman *externalidades*, es decir los costos ambientales y sociales que no están incluidos en los precios del mercado de un artículo o servicio. Como no poseemos un medio capaz de valorar económicamente los costos ambientales que implica emplear herbicidas sobre las cosechas, agotar el agua de un acuífero o soltar plomo con el humo de los escapes de los autos, e incluirlos en las cuentas nacionales, es fácil pasar por alto los efectos negativos de estos procesos. En la mayor parte de las sociedades los futuros beneficios y los costos de proteger al ambiente son menos apreciados en relación con los actuales beneficios y costos.

Por último, nuestra capacidad para responder eficazmente a las consecuencias ambientales del uso de los recursos se ve seriamente menoscabada por el compromiso de cada sociedad con su propia ideología de desarrollo.

En 1983, durante la Primera Reunión Mundial sobre Medio Ambiente en Estocolmo, Suecia, con la presencia de 113 naciones, la Organización de Naciones Unidas (ONU) estableció la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo, la cual advirtió que la humanidad debía cambiar las modalidades de vida y de integración comercial si no deseaba el advenimiento de una era con inaceptables niveles de sufrimiento humano y degradación ecológica.

Esta Comisión señaló que la economía mundial debía satisfacer las necesidades y aspiraciones legítimas de la población, pero que el crecimiento debía guardar consonancia con los recursos del planeta.

En esa reunión se asentaron las bases para la conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil en junio de 1992, la cual representó un acontecimiento decisivo en la lucha por la conservación de la naturaleza. El convenio mundial para acceder a un desarrollo sustentable quedó plasmado en el documento Agenda 21, que establece el compromiso de las naciones para llevar a cabo estrategias que permitan a la

humanidad el acceso a grados de bienestar y de justicia en armonía con la naturaleza.

Dicha conferencia dejó claramente asentado la estrecha vinculación entre el ambiente y el desarrollo socioeconómico que no debe considerarse en forma aislada, formulando, además, los principios fundamentales que deberán orientar las decisiones y políticas futuras de los estados, tomando en cuenta las repercusiones ambientales del desarrollo económico.

La definición de desarrollo sustentable fue dada a conocer en el documento denominado Nuestro Futuro Común, reporte final de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) de la ONU en 1987, definiéndose como *el conjunto de vías de progreso económico, social y político que atienden a las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades* (CMMAD, 1988, pág. 23). En esta definición se integran tres elementos: a) la cobertura de necesidades básicas en la presente generación, b) la capacidad de los sistemas naturales para lograrlo y c) la cobertura de las necesidades de generaciones futuras.

La característica que distingue al desarrollo sustentable es que sitúa en un mismo nivel de prioridad la superación de la pobreza (la satisfacción de las necesidades de la generación presente) y la preservación del ambiente (no comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades), lo que implica no subordinar un propósito al otro.

Manifiesta, además, que la calidad ambiental del desarrollo es parte de la calidad social, lo cual indica que el deterioro ambiental es nocivo para el desarrollo social, esto es contrario al enfoque económico convencional ya que su aplicación en las políticas de desarrollo no toma en cuenta o minimiza los principales problemas ecológicos. El valor económico del ambiente es subestimado en los análisis costo - beneficio, debido a problemas de medición y valoración. Los beneficios ambientales intangibles que se derivan del valor intrínseco que el hombre le da a la naturaleza, aparte de cualquier valor práctico o utilitario, no son reconocidos en los análisis económicos, por lo que un primer paso para alcanzar el desarrollo sustentable es dar valor a los efectos ambientales negativos y a los beneficios intangibles como valores internos que no pueden dejar de incidir en el costo del modelo de desarrollo por el que se ha optado (Economía Informa, No. 253, pág.45).

Dentro de este contexto, conservar al ambiente no evita la intervención y transformación de los recursos naturales. La sustentabilidad de dichas actividades demanda, en cambio, que no se sobrepasen ciertos umbrales para permitir que el ambiente mantenga a largo plazo su capacidad de sostener la vida de las generaciones futuras, es por ello que el manejo de los recursos naturales descansa sobre una compleja red de interrelaciones en las que intervienen la ciencia, la tecnología, la sociología y la ética, por lo que el desarrollo sustentable no se refiere a un problema limitado de adecuaciones ecológicas de un proceso social, sino a una estrategia o modelo múltiple para la sociedad y que se basa en cuatro características primarias, que son:

- 1.- Ecológicamente armónico
- 2.- Económicamente eficiente
- 3.- Localmente autosuficiente
- 4.- Socialmente justo

Considerando lo anterior, la agricultura de riego por medio de aguas subterráneas se convierte en un problema ambiental de consecuencias económicas para la actividad referida ya que los criterios ortodoxos definen la sustentabilidad del desarrollo económico y social como una actividad que no debe violar ciertas leyes naturales; si ello llega a ocurrir, como resultado de la explotación de algún recurso, se iniciaría un proceso de degradación ambiental que en algunos casos podría ser irreversible, dejando a generaciones futuras sin recursos.

Aplicada a la temática hidráulica de nuestro país, se trata del reconocimiento del recurso como un bien económico y un satisfactor social, mediante una nueva ordenación de las prácticas tecnológicas e institucionales, que aseguren la continua atención de las presentes y futuras necesidades humanas. Es decir, que el desarrollo sustentable, en este caso, consiste en esencia, en valorar la importancia del agua reconociendo sus profundas vinculaciones con el desarrollo económico, social, cultural y con el crecimiento demográfico, a fin de garantizar una mejor calidad de vida de las presentes y futuras generaciones, así como plantear una economía del sector agrícola estable.

En el caso de un acuífero explotado, el desarrollo sustentable significa conservar el agua subterránea haciendo un uso más racional de la misma, restringiendo las extracciones en proporción a la recarga, con la finalidad de

recuperar la estabilidad de los sistemas acuíferos, así como de la calidad del agua; para ello se requiere modernizar, innovar y promover una nueva cultura del agua, con una más amplia y consciente participación social, para que el uso y aprovechamiento del recurso responda al crecimiento y la equidad social.

1.2.1 ENFOQUES DE DESARROLLO Y ACCIÓN GUBERNAMENTAL

En México, a partir de los años setenta, la evolución de las instituciones públicas respondió en gran medida a los enfoques del desarrollo en boga. Es así como se pueden distinguir esquemáticamente al menos cuatro enfoques (ONU-CEPAL, 1991) en esta transformación organizativa:

El primero corresponde al período en que se pensó que las formas más escasas de capital eran el físico y el financiero; y más abundante el natural. Entonces, el crecimiento económico se tradujo en obras de construcción e infraestructura y la administración pública fue modificada en esta dirección. En esta etapa nacieron las secretarías de estado y grandes empresas estatales de construcción y servicios nacionales.

La acción sectorializada de estos diversos organismos, incapaces de coordinarse entre sí y en constante pugna por la duplicación de funciones, por captar un mayor volumen de presupuestos y poder; que si bien en algunos aspectos específicos lograron algunos efectos positivos, finalmente sólo generaron el avance del deterioro ambiental.

El segundo corresponde al período en que el desarrollo se concibió en gran medida desde la óptica de superar el problema de pobreza. La participación de los beneficiarios potenciales del desarrollo, o sea la población, se visualizaba como parte integral del proceso de transformación. En esta etapa se reorientan los objetivos de varias secretarías de estado y de organizaciones regionales y locales, así como de diversas organizaciones comunitarias. Los programas más

sobresalientes fueron: el desarrollo rural integrado, la provisión de servicios públicos, la autosuficiencia alimentaria y aquellos destinados a aliviar la pobreza. Sin embargo, estas formas de organización fueron complejas y frágiles debido a que no se contaba en el país con estructuras institucionales eficaces.

El tercer enfoque surge cuando la gestión macroeconómica concentra la atención en cuanto al tema del desarrollo a medida que se entraba en una etapa de manejo global de la economía (con programas de ajuste estructural y sectorial), la organización institucional fue sufriendo cambios fundamentales: reducción del tamaño de la administración pública, privatizaciones y mayor importancia relativa de las instancias gubernamentales vinculadas a las finanzas y a la política monetaria y financiera.

El cuarto enfoque retoma, en un nuevo contexto, los aspectos de crecimiento y equidad, pero agrega el ambiental, ésta es la etapa que está comenzando. Los desafíos presentes requieren estructuras organizativas que correspondan a estos tres objetivos que se plantean. Dentro de este ámbito existe un acervo de experiencias anteriores que deben orientar las reformas organizativas futuras. Las modificaciones institucionales para el desarrollo sustentable deben constituir una meta a largo plazo.

1.3 EL PAPEL DE LA AGRICULTURA EN EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Las actividades agrícolas son las principales usuarias de tierra, agua y recursos vivos, los que se transforman para satisfacer las necesidades humanas. En los países en desarrollo la agricultura es a menudo fuente principal de crecimiento económico y divisas, por lo tanto es inevitable que juegue un papel clave en los problemas de desarrollo viable. Por otra parte, donde la agricultura tiene pocas posibilidades de expandirse es en la producción de los alimentos necesarios para sostener el crecimiento demográfico y debe obtenerse mediante una intensificación

de la producción sin afectar los recursos naturales. La sustentabilidad debe basarse en los recursos que dan lugar a la producción y en los medios para su conservación, debido a que ni la productividad ni la calidad de vida se pueden mantener si los sistemas de producción no son ecológicamente estables.

Es por ello que el campo de cultivo y las granjas son los dos primeros niveles en la jerarquía de la organización que define a los agrosistemas; del mismo modo, si la sustentabilidad no se alcanza en los niveles bajos, menos se alcanzará en los niveles altos. Es necesario establecer, programas a largo plazo orientados al diseño de sistemas, donde las fuentes de producción (agua, suelo, aire, semillas) puedan ser manejadas para aumentar su productividad y también para mantenerla a largo plazo y no llevar a cabo sólo modificaciones aisladas; sin embargo esto tiene un costo y un límite: una producción continua depende del mantenimiento de los recursos en los cuales se basa la producción.

El crecimiento poblacional y el aumento en los niveles de consumo representan una creciente demanda de alimentos, fibras y productos forestales, lo cual pone en peligro la capacidad del medio para satisfacer las necesidades mínimas en un futuro cercano, ya que las tierras cultivables no son suficientes para satisfacer las demandas futuras utilizando más tierras marginales susceptibles de degradación. La agricultura, ganadería y silvicultura deben ser reactivadas y planificadas a nivel nacional, para evitar el abandono que actualmente existe, creando unidades de producción diversificadas y de usos múltiples .

El problema de la sustentabilidad agrícola se puede analizar desde dos puntos de vista, la visión tecnócrata y la visión crítica:

La visión tecnócrata sostiene que no es necesario cambiar nada realmente fundamental en la organización económica y social de la producción agrícola, ni en la relación que los seres humanos establecen con la naturaleza; sostiene que las crisis de la agricultura serán superadas con soluciones científicas y tecnológicas cada vez más sofisticadas y de costo económico cada vez más elevados. La transformación social, la redistribución de la propiedad privada y del capital, la disminución de la fuerte desigualdad social que nos caracteriza en relación con Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, son imposibles para la visión tecnócrata. También está ausente en su análisis la sustentabilidad de la producción agrícola, pecuaria, pesquera y forestal, la necesidad impostergable de reducir

considerablemente el sobre-consumo aunado al dispendio de alimentos y de energía en los países altamente industrializados, como una de las condiciones centrales para alcanzar una producción sustentable.

La visión crítica reconoce, por el contrario, que la organización económica, tecnológica y social de la agricultura está plagada de problemas de diversa índole que están correlacionados entre sí, que el sobre-consumo de las sociedades industriales y de las clases sociales con más recursos es una de las principales fuerzas destructoras de la naturaleza y que, por ende, no puede haber una agricultura sustentable mientras la humanidad siga dividida en dos bloques fundamentales, uno de los cuales tiene un consumo excesivo y el otro un consumo deficiente. Así, la producción sustentable sólo será posible cuando exista un consumo sustentable y dirigido a satisfacer las necesidades fundamentales de toda la humanidad.

Los problemas de la agricultura mexicana, son fundamentalmente problemas sociales y políticos, no exclusivamente problemas técnicos. Por ende, si se entiende por agricultura sustentable solamente un conjunto de antiguas o de nuevas tecnologías agrícolas, sin considerar las cuestiones de relaciones sociales de producción y de formas de propiedad de la tierra en la agricultura, puede decirse que la agricultura sustentable es una falacia teórica.

La agricultura sustentable es un modelo de organización social y económica basado en una visión participativa y equitativa de desarrollo, que reconoce al ambiente y los recursos naturales como fundamentos de la actividad económica. La agricultura es sustentable cuando es ecológicamente adecuada, económicamente viable, socialmente justa, culturalmente apropiada y se funda en un enfoque científico global; preserva la biodiversidad, la pureza del agua, mantiene y mejora la fertilidad, así como las características físicas, químicas y biológicas del suelo, recicla los recursos naturales y conserva la energía. La agricultura sustentable produce formas diversas de alimentos de alta calidad, fibras y medicamentos. Utiliza recursos renovables disponibles a nivel local, tecnologías apropiadas y accesibles y minimiza el uso de costosos insumos externos incrementando por tanto la independencia y autosuficiencia local, asegurando al mismo tiempo fuentes de ingresos estables para campesinos, pequeños productores rurales, granjas familiares y comunidades rurales e integra a los seres humanos en el medio ambiente; respetando los principios ecológicos de diversidad, interdependencia y

autosuficiencia y utiliza los conocimientos de la ciencia moderna para mejorar las técnicas tradicionales utilizadas por los productores rurales en lugar de desplazarla.

Para construir modelos nuevos y democráticos de organización social y técnicas de agricultura sustentable, es necesario desarrollar y fortalecer propuestas y experiencias concretas y promover una conciencia social que permita superar la crisis social y ambiental provocada por el sistema dominante de políticas, programas y prácticas agrícolas actuales.

1.3.1 AGRICULTURA SUSTENTABLE EN MÉXICO

La agricultura mexicana no es sustentable porque está caracterizada tanto por el desconocimiento en el manejo de los recursos naturales como por una profunda y extensa injusticia social, que se expresa en: a) concentración cada vez mayor de la propiedad de la tierra en los grandes capitalistas agrarios e industriales; b) debilitamiento de las formas de propiedad comunal de la tierra y establecimiento de las bases jurídicas para una campaña de destrucción del ejido; c) brutal descapitalización de la agricultura campesina o de temporal; d) las obras públicas de construcción de infraestructura carretera, transportes, presas, pozos profundos, hidroeléctricas, plantas de fertilizantes, precios de garantía y demás, privilegiaron a los agricultores capitalistas y a las corporaciones agroindustriales, mientras que millones de campesinos carecen todavía hasta de caminos para sacar sus cosechas al mercado, y e) la mayoría de los campesinos tiene cerrado el acceso a los mercados nacionales, férreamente controlados por intermediarios y especuladores; en cierto modo, actualmente resulta más fácil producir que vender.

Para hacer realmente sustentable la agricultura a los agricultores o campesinos, se requiere que el gobierno se involucre y haga cambios en la estructura del mercado. Con la devaluación, diversas organizaciones campesinas están renovando sus demandas por precios de garantía, control de importaciones y programas de apoyo tipo PROCAMPO.

En México, aún con los cambios al artículo 27 constitucional y la participación en el TLC, no se han logrado los supuestos sobre los cuales se erigieron las expectativas de crecimiento. La apertura comercial que experimenta el mundo y en la que participa México, está asociada íntimamente al concepto de ventajas comparativas, que en nuestro país no se han manifestado en la que se promueve la especialización de las actividades productivas. En el caso de la agricultura, ésta tendencia se manifiesta en la simplificación extrema y destrucción de los ecosistemas; por ejemplo, con el establecimiento de plantaciones de monocultivos que alcanzan extensiones de miles de hectáreas.

Podría decirse que no hay una agricultura sustentable, sino múltiples prácticas de producción agrícola sustentable en ambientes específicos. El decir qué es sustentable y qué no es sustentable como práctica productiva esta en función de ambientes, formas de propiedad de la tierra y relaciones sociales de producción específicas. Por otro lado, es probable que la sustentabilidad completa sea más bien la excepción que la regla, suponiendo que toda forma de producción agrícola encuentra problemas diversos para ser practicada de modo continuo. La discontinuidad puede ser parte normal no sólo de los ecosistemas naturales, sino también de los sistemas agrícolas.

De hecho, al estudiar el origen del concepto de agricultura sustentable surge una sorprendente paradoja: la agricultura tecnificada fue presentada desde que se sentaron sus primeros fundamentos científicos y tecnológicos, como una agricultura sustentable; a diferencia de la forma de producción agrícola que le precedió, se argumentó, la tecnificada superaba las diferencias de su antecesora.

Cuando la destrucción del ambiente o el aprovechamiento ineficiente de los recursos no se refleja monetariamente, es explicable la práctica generalizada de la agricultura comercial. En este caso aunque sea claro que este tipo de agricultura no podrá practicarse durante periodos largos de tiempo, prevalece la lógica de los beneficios económicos a corto plazo. Esta situación es especialmente difícil de superar cuando se privilegia el desarrollo económico del país en detrimento de las políticas de desarrollo social. Por otra parte es claro que si una sociedad degrada sistemáticamente los recursos sobre los cuáles sustenta la producción agrícola, está comprometiendo la continuidad de su funcionamiento a través de periodos largos de tiempo. Esta situación es ampliamente reconocida en todos los sectores del país; sin

embargo, la realidad mexicana aún no logra establecer un balance entre las políticas de conservación de recursos naturales y de desarrollo económico.

Esto se explica porque en nuestro país los costos ambientales que causa la aplicación de algunas tecnologías agrícolas, no han sido incorporadas a los costos de producción. Por otra parte *...el costo social que significa la degradación ambiental, sí tiende a identificarse con claridad en los países desarrollados, y se expresa en los costos de producción* (Trujillo, J., 1990).

1.4 APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Pese a la tendencia observada, lo deseable para un crecimiento económico continuo para nuestro país se expone apoyándose en la premisa de que las variables ambientales y sociales deberán estar incluidas explícitamente en el proceso de producción, de modo que la composición, estructura e índices de crecimiento económico, sean compatibles con la calidad de vida. Es indispensable agregar consideraciones de calidad de vida, tales como factores ambientales y sociales primordialmente, ya que los problemas del medio ambiente no son mas que un aspecto del problema general de crecimiento y únicamente podrán resolverse mediante un proceso dinámico de desarrollo económico y social. Al incluir el medio ambiente en el análisis y la política de desarrollo, se enriquece este último concepto, ya que se abarca no sólo la satisfacción inmediata de necesidades materiales sino también aspiraciones sociales y de elevación de los patrones de cultura.

Por tal motivo, los objetos sociales y de otra índole que intervienen en el proceso de desarrollo, habrán de comprender las metas ambientales como parte integrante de la estrategia de desarrollo; es decir que los problemas del ambiente deben merecer necesariamente una asignación prioritaria. No es posible sustraer el problema que representa el ambiente de las estructuras socioeconómicas, por lo tanto, es necesario que se le considere como la variable más importante que interviene en el proceso de crecimiento.

Dada la complejidad del asunto, no es posible dar soluciones a los problemas del ambiente, si no existe o no se da una planificación de la economía donde se incluyan las variables sociedad y ambiente natural como partes integrantes del crecimiento económico.

Si se tratara de hacer una jerarquización de los problemas ambientales, primero se debe solucionar el problema económico, es decir, la miseria; puesto que no tiene caso hablar de calidad de vida o del ambiente en tanto no se eliminen la miseria, el hambre, el desempleo y el hacinamiento; o sea, la crítica situación en la que viven dos terceras partes de la población mexicana.

Por lo general, un solo mecanismo carece de capacidad para evaluar sistemáticamente los costos y los beneficios en términos de interdependencia entre los impactos económicos y ambientales. Uno de los primeros problemas cruciales es estimar la magnitud, composición y grado del crecimiento económico en términos de degradación de los recursos naturales. El costo de los impactos ambientales negativos de los proyectos de crecimiento económico, debe sustraerse del valor de los proyectos de crecimiento económico y sus impactos sobre los recursos naturales deberán ser evaluados. El intento es para valorar las opciones de desarrollo económico encaminadas a alcanzar las condiciones ambientales y económicas deseadas.

No es posible resolver apropiadamente los problemas que tienen origen en la planificación económica nacional cuando fallan los datos básicos necesarios para preparar un plan económico. Una planeación económica genuina para el desarrollo nacional requiere de una estructura económica y social, así como de una organización administrativa tal, que dé la posibilidad de determinar la conformidad con los objetivos planificados.

Sin pretender señalar un orden de prioridades entre las principales causas que impiden la protección al ambiente, pueden incluirse los siguientes factores:

- ◆ La pobreza de nuestro país, que difícilmente puede soportar el enorme gasto que significa la prevención del deterioro ambiental, cuando existe la amenaza del hambre.

- ◆ La explotación de recursos naturales, para mantener la sociedad de consumo, así como una falta de conocimientos precisos sobre la cuantía de los recursos naturales renovables y no renovables.
- ◆ Los inadecuados sistemas actuales de tenencia y uso de la tierra y pozos, así como la introducción de sistemas agrícolas altamente tecnificados sin que exista la infraestructura científica y técnica que valore el impacto de estos sistemas que pueden estar en contradicciones con la planificación del mejor uso de los recursos.
- ◆ La falta de un programa nacional, para afrontar a corto plazo la solución de problemas científicos y técnicos tanto nacionales como regionales derivados del mal uso o falta de conocimiento sobre la mejor forma de utilizar los recursos naturales.
- ◆ Falta de conocimientos sobre los límites y puntos críticos de crecimiento de población de las diferentes regiones en relación a su capacidad para sostener una determinada población.
- ◆ Falta de planeación para la protección del ambiente dentro de la programación para el desarrollo.
- ◆ Los sistemas rígidos de organización social y política que impiden a los técnicos y científicos compartir la toma de decisiones acerca de los diferentes problemas y principalmente de los concernientes a la explotación de recursos naturales.

La disyuntiva entre producir o conservar el ambiente es falsa; la producción en el medio rural tiene que preocuparse por la conservación de los recursos naturales como condición para mantener los procesos productivos en el mediano y largo plazo, en lugar de obtener resultados a corto plazo en explotaciones irracionales que agotan rápidamente el potencial productivo.

Cada modelo de producción asume, tácita o expresamente, una posición valorativa frente a los recursos naturales y actúa, consecuentemente, destruyéndolos o conservándolos, restaurándolos y desarrollándolos racionalmente. El grado de depredación o de conservación admite matices o modalidades.

También hay que diferenciar las actitudes de los diversos sectores productivos; para algunos la depredación se constituye en la única posibilidad de subsistir; otros fincan sus posibilidades de lucro en la explotación rápida de los recursos, aún cuando se erosione el suelo o se abatan los mantos de agua subterránea; algunos lo hacen de manera clandestina, otros con permisos formales y créditos del gobierno, unos lo hacen a pequeña escala, otros, en escala masiva. En fin, aquí también es necesario diferenciar y advertir como ha evolucionado la cultura ecológica en nuestro país.

Frecuentemente se piensa que la aplicación de mayor tecnología en la extracción de recursos naturales significa progreso acompañado de una tasa de producción más elevada del recurso, ya sea biótico o abiótico. Pero es una posición falsa y sobre todo en los países como el nuestro ya que subdesarrollo implica un doble deterioro del ambiente: por un lado, de los recursos que son utilizados para el autotrecimiento o simplemente para mantener funcionando el status socioeconómico del país y por otro lado el deterioro del ambiente que implica la explotación de recursos naturales.

La situación del ambiente en nuestro país puede definirse a través de la paradoja de Edmundo Flores: *Los países subdesarrollados no conservan sus recursos por carecer de recursos para conservar sus recursos. Los países subdesarrollados agotan o usan dispendiosamente muchos recursos naturales que conservarían o usarían menos dispendiosamente si no estuvieran tan urgentes de satisfacer sus necesidades de subsistencia* (Flores E., 1979).

2



LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA Y LOS PROGRAMAS DE GOBIERNO

2. LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA Y LOS PROGRAMAS DE GOBIERNO

2.1 LOS RECURSOS HÍDRICOS EN MÉXICO

El desarrollo económico y social en México presenta marcados contrastes regionales. Influyen, entre otras cosas, el suelo montañoso, lo disperso de los núcleos de población y la relativa escasez de tierra fértil y llana. Las actividades agrícolas absorben una porción importante de la población económicamente activa y, a pesar de ello, la agricultura ha dispuesto de limitados recursos materiales y financieros para un desarrollo acorde con las necesidades del país.

Algunos estudios han demostrado que aproximadamente el 31% del territorio nacional lo forman zonas desérticas y áridas; el 36% semiáridas, en las que el desarrollo de actividades agrícolas está supeditado a la construcción de obras de riego y el 33% se clasifica como zonas húmedas y subhúmedas. Es decir, más del 65% del territorio nacional requiere de riego para desarrollar la agricultura (Téllez, L., 1994).

De los 196.7 millones de hectáreas de superficie nacional, sólo el 36% son tierras llanas (71 millones de hectáreas), con pendientes menores de 2.5%; el resto está ocupado por terrenos accidentados.

El país no tiene un abastecimiento regular y suficiente agua. En algunas zonas del norte el abastecimiento es nulo; en cambio, las zonas costeras y el sureste

cuentan con abundante agua. Al mismo tiempo, donde existen grandes cantidades de agua, hay una densidad muy baja de población y donde se encuentran las mayores concentraciones urbanas, el líquido es escaso. Si se consideran las condiciones aleatorias de la agricultura de temporal, así como las diferencias entre la superficie laborable, las áreas cultivadas y la superficie cosechada, puede comprobarse la evidente importancia de las obras de irrigación.

Si bien el riego ha estado casi en forma absoluta a cargo de instituciones relacionadas con los recursos hidráulicos, en los otros usos del agua han intervenido diversas instituciones, las obras de agua potable servían en 1960 a 11 millones, en 1970 a 24 millones y para 1995 a 77 millones de habitantes a nivel nacional. Las obras de alcantarillado servían en 1960 a 10 millones, en 1970 a 12 millones y en 1995 a 61 millones. Es decir, que la realización de obras de agua potable y alcantarillado en los últimos años ha incrementado su ritmo de crecimiento.

El control de las avenidas fue una de las actividades establecidas en la Ley Federal de Aguas de 1972; actualmente sólo se han realizado acciones de infraestructura aisladas con el fin prioritario de control, mientras que en el pasado las acciones se orientaron casi exclusivamente a la irrigación.

Sin embargo, es importante llamar la atención sobre preceptos como el que se asienta en el párrafo primero del artículo 18° de la Ley de Aguas Nacionales (1997), que establece: *...las aguas del subsuelo podrían ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, excepto cuando el Ejecutivo Federal por causa de interés público reglamente su extracción y utilización, establezca zonas vedadas o declare su reserva*. El precepto tiene su punto de partida en el párrafo quinto del artículo 27° constitucional que describe lo siguiente: *Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno; pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aun establecer zonas vedadas al igual que para las demás aguas de propiedad nacional*.

Hay que decir que aunque el precepto constitucional puede sugerir la idea de que las aguas del subsuelo no son propiedad de la nación, han sido consideradas tradicionalmente como tales por la legislación sobre la materia. Así lo establecía la Ley Federal de Aguas de 1972, que las incluía explícitamente en su enumeración de

las aguas propiedad de la nación (artículo 5º. fracción XI) y así lo manifiesta la Ley de Aguas Nacionales vigente, que no contiene una enumeración de esa naturaleza.

2.2 SITUACIÓN DE LOS ACUÍFEROS EN MÉXICO

La explotación intensiva del agua subterránea, así como la construcción de importantes presas en México, se inició a partir de 1950, año en el cual se crearon los más importantes distritos de riego del país en los que se obtiene el 50% de la producción agrícola; sin embargo, en ese entonces no se contaba con la tecnología adecuada para determinar el comportamiento de los acuíferos y a raíz de ello su aprovechamiento se efectuó sin control, siguiendo únicamente la política de satisfacer necesidades que generaban el desarrollo de las zonas agrícolas.

Debido a la perforación desmesurada de pozos, que provocó la extracción de grandes volúmenes de agua subterránea, en México existe un gran número de acuíferos en condiciones de explotación, entre los que se encuentra el del Valle de León, Gto.

En México, como en otras partes del mundo, se considera que el agua subterránea está constituida por dos componentes principales: el volumen renovable (recarga estacional del acuífero) y el volumen no renovable (almacenamiento del acuífero); el manejo de ambas depende, entre otras cosas, de la determinación del potencial que tenga cada uno y además de la existencia o falta de fuentes alternativas que permitan realizar el uso conjunto de los recursos hídricos existentes.

En la actualidad la tendencia en el manejo de acuíferos se enfoca a determinar niveles máximos y mínimos del agua con el fin de regular la capacidad de su almacenamiento, coadyuvando con esto al desarrollo de actividades económicas que de otra manera no podrían realizarse. Dentro de este planteamiento, siempre debe tenerse en mente los efectos que podrían generarse en el comportamiento de

los acuíferos, a fin de evitar que se lleguen a producir colapsos económicos al no poder restituir las condiciones originales con las que se inició el uso del agua subterránea.

El manejo del agua subterránea, que hasta la fecha se ha hecho en México, responde, además de las diversas condiciones físicas del ambiente (climáticas, hidrológicas, geológicas, etc.), a las presiones socioeconómicas producidas por el mismo desarrollo, lo que ha motivado que en algunas zonas el volumen extraído de los acuíferos rebase su recarga natural generando con eso que se presenten abatimientos progresivos en los niveles piezométricos, lo que trae como efectos colaterales incremento en los costos de bombeo, intrusión de agua de mar en acuíferos costeros, asentamiento de terrenos, formación de grietas, estratificación de acuíferos, etc.

2.2.1 MANEJO DE ACUÍFEROS

Con el fin de que los problemas generados por la explotación de agua no progresen, agravando cada vez más la economía de las zonas afectadas, ha sido necesario resolver grandes problemas de manejo de acuíferos, mediante soluciones tales como reducción de las extracciones hasta un volumen del orden del *rendimiento seguro* (término equivalente al de extracción permanente) que se define como el máximo volumen de extracción que no produce abatimiento indefinido, daños irreparables en el acuífero, pérdidas económicas para los usuarios ni cambios en la calidad del agua (Lohman, S.W., 1977), y cuando esto no es posible, por lo menos reducir la magnitud de los efectos indeseables con el fin de alargar la vida útil de los acuíferos, aplicando medidas correctivas como implantación de vedas rígidas que no permitan el incremento de la extracciones en los aprovechamientos existentes ni perforación de nuevos pozos, redistribución de las captaciones para reducir la velocidad de abatimiento, incremento de la recarga mediante infiltración artificial, importación de agua desde cuencas vecinas y relocalización de captaciones a distancias mayores del litoral en el caso de acuíferos costeros. Una

herramienta que cada vez se aplica más en México es el uso de modelos de predicción del comportamiento de acuíferos, ya que con ellos ha sido posible plantear alternativas de explotación que permiten definir las más convenientes, tanto en el aspecto geohidrológico como en el económico.

Dentro de los aspectos relacionados con el manejo de agua subterránea existe otro tipo de problemas de carácter social y político que obligan a modificar las restricciones técnicas que se plantean para preservar el recurso, este tipo de problemas se ha tratado de resolver mediante campañas de concientización en las que juega un papel importante la participación de los usuarios, de donde han surgido propuestas para establecer un reglamento legal y administrativo para el manejo óptimo de acuíferos.

De la definición dada en relación al término *rendimiento seguro*, éste se puede considerar cuantitativamente como la recarga total que tiene lugar en el acuífero en forma periódica, constituida por la suma de las recargas verticales y de la aportación de áreas adyacentes en forma de flujo horizontal subterráneo, pudiéndose captar adecuadamente si se consideran los siguientes aspectos:

- ◆ Tipo de acuífero
- ◆ Ubicación espacial adecuada de los pozos
- ◆ Profundidad de alcance de los pozos

Como ya se mencionó, el rebasar el volumen de agua subterránea considerado como *rendimiento seguro* produce lo que se conoce en hidrogeología como *sobreexplotación* que consiste fundamentalmente en la extracción del agua que constituye el almacenamiento del acuífero, lo cual, si no se lleva a cabo en forma racional, producirá diferentes tipos de problemas entre los que se tienen: (Tinajero, A., 1987)

- ◆ agotamiento de agua o deficiencia en el mismo,
- ◆ intrusión salina en acuíferos costeros o migración de agua de mala calidad
- ◆ reducción de escurrimientos base en corrientes perennes
- ◆ formación de grietas
- ◆ asentamiento de terreno
- ◆ incremento en costos de bombeo

Ante estos problemas, la función de los hidrólogos y los planificadores de acuerdo a la definición dada en cuanto al manejo de agua subterránea se puede plantear de la siguiente manera:

- ◆ **Papel del Hidrólogo.-** Cuantificar los recursos hídricos disponibles dentro de una zona (superficial y subterránea) llevándolos hasta la simulación de funcionamiento.
- ◆ **Papel del Planificador.-** Ver los aspectos legales y restrictivos respecto al uso de agua de acuerdo a los sectores que lo demanden y hacer la distribución óptima desde un punto de vista socioeconómico. En este sentido la planificación aporta las bases para la toma de decisiones y la ejecución de las actividades planeadas.

2.3 ALGUNOS ANTECEDENTES DE LA POLÍTICA HIDRÁULICA.

Durante el régimen porfirista se otorgaron concesiones a empresas colonizadoras e irrigadoras; en 1908 se estableció la Caja de Préstamos para Obras de Irrigación y Fomento a la Agricultura, que subvencionaba a las empresas lucrativas que emprendieron la construcción de algunas obras de irrigación. Antes de 1910, las obras de riego con que contaba el país beneficiaba una superficie aproximada de 700 mil hectáreas.

En el período revolucionario de 1910-1920 se detuvo la construcción de obras de infraestructura y sólo en los primeros años de la década de los veinte se volvió a impulsar la obra de riego. En 1921 se estableció la Dirección de Irrigación dependiente de la Secretaría de Agricultura y Fomento y entre 1924-1925 funcionó el Departamento de Reglamentación e Irrigación que dependió de la Dirección de Aguas.

La Dirección de Irrigación incrementó y mejoró el servicio hidrológico con la instalación de estaciones pluviométricas y termopluviométricas, estaciones de evaporación y un servicio hidrométrico. Además realizó estudios para la utilización de los recursos hídricos que sirvieron de base para la ejecución posterior de proyectos y obras en diferentes lugares del país.

En enero de 1926 se expidió la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales, donde se declaró de utilidad pública la irrigación y se creó la Comisión Nacional de Irrigación; asimismo, se estableció el Fondo Nacional de Irrigación. El decreto posterior declaraba de utilidad pública las obras de abastecimiento de agua de la población rural, la regularización de las corrientes, la extracción de aguas subterráneas, el drenaje de terrenos con exceso de agua, etc.

La comisión emprendió la promoción y construcción de grandes distritos de riego en toda la república, entre los que se seleccionaron, en un principio, aquellos que rindieron mejores beneficios financieros, criterio que debió abandonarse ya que los colonos agricultores de los distritos se encontraban en una situación económica deplorable.

Entre las funciones de la comisión, además de las referentes a la planeación, ejecución y colonización de las obras, figuraban las de los distritos de riego. La comisión abordó problemas de colonización, crédito y distribución de aguas, considerando que deberían resolverse de manera planeada y conjunta y se enfrentó a aquellos de carácter administrativo al hacerse cargo de obras ya en uso en el Bajío y la región de Tula, Hgo.

En 1936, el Banco Nacional de Crédito Agrícola fue responsabilizado de los problemas de colonización, operación y servicios de crédito de los distritos de riego en explotación. De esta manera, el Banco pudo comprobar que ninguno de estos distritos estaba concluido y que les faltaban estructuras, canales secundarios, completar caminos y teléfonos, a la vez que carecían de drenaje o eran insuficientes. Además, las cuotas de compensación recibidas por el Banco no eran suficientes para amortizar el valor de las obras y gastos de conservación. Por esta razón, la operación de los distritos de riego ocasionó un considerable déficit. Esta situación empeoró en las administraciones posteriores. También, en éste mismo año, el gobierno cardenista creó el Departamento de la Pequeña Irrigación que dependía

de la Comisión Nacional de Irrigación. El Departamento se encargó de atender las peticiones relativas al riego en pequeña escala, formuló y ejecutó proyectos y se encargó de vigilar su funcionamiento.

Durante el período de 1941-1946, las inversiones para riego absorbieron más del 90% de las canalizadas al sector agropecuario; en promedio, las inversiones para la construcción representaron el 15.7% de la inversión total federal alcanzando, en 1946 el 16.3% del gasto total de la inversión, siendo la proporción más alta hasta entonces. En diciembre de 1946 entró en vigor una nueva Ley de Riegos que responsabilizaba a la Secretaría de Agricultura de la colonización de los terrenos nacionales beneficiados con estas obras y que trasformaba a la Comisión Nacional de Irrigación, ampliando su campo de acción y facultades, en Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) a partir de enero de 1947.

En 1947 se crearon las Comisiones del Papaloapan y el Tepalcatepec, las cuales se establecieron con el objeto de planear y coordinar los trabajos necesarios para el desarrollo integrado de la cuenca. Las inversiones en irrigación realizadas en el período 1947-1952 registraron un incremento notable. Se concentraron principalmente en el norte y noroeste del país, regiones cuya producción agrícola se destinaba a la exportación como en Sinaloa, Sonora, Baja California y Tamaulipas.

Entre 1950-1964 la superficie irrigada por obras de la Secretaría de Recursos Hidráulicos aumentó de 1.2 millones de hectáreas a 2.4 millones, registrándose una tasa de incremento de 5.22% anual; en tanto que, en el período de 1959-1961 el incremento medio anual fue de sólo 1.7%.

En el período 1965-1970, la Secretaría de Recursos Hidráulicos ejecutó un programa de trabajos que estuvo orientado fundamentalmente a continuar las obras iniciadas en períodos anteriores; ejecutar obras de riego que produjeran mayores beneficios económicos y sociales; promover el uso de mejores técnicas e intensificar los estudios que permitieran planear el aprovechamiento de las aguas disponibles; además, se puso en marcha el Plan Nacional de Pequeña Irrigación, cuyos objetivos principales eran satisfacer las necesidades de alimentación de un número importante de poblaciones rurales económicamente débiles; generar actividades remunerativas que permitieran incorporar contingentes de población a la economía nacional, evitando el flujo de campesinos hacia los centros de población urbana.

Los objetivos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos para el período de 1971-1976, se propusieron acelerar las obras en proceso, incrementar la eficiencia de los Distritos de Riego, acelerar la construcción de obras de pequeña y mediana irrigación, aprovechar ríos caudalosos no utilizados plenamente, abastecer de agua a las zonas urbanas e industriales y desarrollar la flora y la fauna en aguas litorales. Se centralizó la gestión del agua para uso agrícola al fusionarse la (SRH) y la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). A partir de este suceso se intentó integrar la programación de las aguas superficiales con las subterráneas y se crearon otros organismos especializados, como la Comisión de Aguas del Valle de México.

A principios de los ochenta, con el fin del *boom* petrolero, la política hidroagrícola empezó a cambiar de dirección. Las fuertes restricciones presupuestales impusieron límites muy estrictos al anterior esquema de fomento de la producción agrícola lo que determinó que se acumulara un gran rezago en el mantenimiento de la infraestructura. Entre 1981 y 1992 la inversión en infraestructura hidroagrícola cayó de manera significativa, sin que se haya recuperado hasta la fecha (De Grammont, 1996).

Es hasta 1989 cuando, por decreto presidencial, se crea la Comisión Nacional del Agua (CNA), como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es la única autoridad federal facultada para administrar las aguas nacionales. En diciembre de 1992, la Ley de Aguas Nacionales formalizó los avances institucionales que se habían logrado con la CNA y abrió espacios para que en el futuro ésta pudiera desarrollarse en otros aspectos.

A partir de 1990 dio inicio la transferencia de los Distritos de Riego a asociaciones de usuarios, para que administren, operen y conserven la red de distribución de la infraestructura hidroagrícola. Desde entonces, se procedió a reorganizar a los agricultores en módulos de riego, según criterios de eficiencia y compatibilidad. En los distritos transferidos, la CNA se encarga directamente del control, operación y conservación de las obras de cabeza y de las redes principales de canales y drenajes, además de las actividades de riego y drenaje, así como la supervisión general de la operación, conservación y administración que realicen los usuarios.

A fines de 1994 la transferencia ya se había realizado en los 40 distritos de riego más importantes del país, cuya superficie representa 77.4 % de la correspondiente a la gran irrigación (2.4 millones de hectáreas).

En 1994, con la nueva administración federal, la CNA cambió del sector agricultura al de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), como un órgano desconcentrado. La organización de la CNA permite ocuparse del carácter multisectorial del agua en el ámbito central, a través de su Consejo Técnico y en el regional, a través de su Consejo de Cuenca. Esta integralidad institucional se ve reforzada por la integralidad ambiental de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, que trata en forma unitaria los aspectos de cantidad y calidad tanto de aguas superficiales como subterráneas en el ámbito de las cuencas hidrológicas.

El apoyo tecnológico que necesita el país en materia de agua lo realiza el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), creado en 1986. El IMTA tiene las funciones básicas de realizar investigación, para desarrollar, adaptar y transferir tecnología. Además presta servicios tecnológicos y prepara recursos humanos para la administración, conservación y mantenimiento de la calidad del agua, a fin de contribuir al desarrollo sustentable en México.

Al inicio del actual sexenio, como parte del Plan Nacional de Desarrollo, se elaboró el Programa Nacional Hidráulico 1995-2000, en el cual se plantean objetivos de mejoramiento en el uso del agua a mediano plazo y en el cual la CNA actuará directamente en el desempeño de los programas específicos.

2.4 PROGRAMA NACIONAL HIDRÁULICO 1995-2000

2.4.1 OBJETIVOS

En apoyo a los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, referentes al fortalecimiento de la soberanía nacional, al desarrollo social integral, y al crecimiento económico sustentable se establecen los siguientes objetivos generales de la política hidráulica que dan marco a la formulación y desarrollo de los programas y acciones del sector hidráulico en el mediano plazo:

- ◆ Contribuir a reducir los rezagos y limitaciones en la disponibilidad de agua, que afectan a grupos sociales desprotegidos.
- ◆ Avanzar en el saneamiento integral de cuencas, comenzando por aquellas cuya contaminación produce mayores efectos negativos para la salud, la economía y el ambiente.
- ◆ Otorgar seguridad jurídica en el derecho al uso de las aguas nacionales y bienes inherentes.
- ◆ Contribuir al proceso de transición hacia el desarrollo sustentable, mediante la racionalización de los precios de agua, con criterios económicos y ambientales.
- ◆ Ampliar los canales de participación de la sociedad en la planeación y utilización del agua.
- ◆ Administrar el recurso de manera más eficiente a través de la descentralización progresiva y constante de programas y funciones a los usuarios y autoridades locales dentro del marco del nuevo federalismo.

◆ Inducir patrones de utilización del agua más eficientes en riego, uso doméstico, uso industrial, a fin de preservar la disponibilidad y la calidad futuras del recurso.

Dentro del Programa Nacional Hidráulico se realizarán algunos programas específicos, a continuación se mencionan los objetivos de cada uno y mas extensamente el programa Hidroagrícola.

2.4.2 PROGRAMAS ESPECÍFICOS

A) Programa de Manejo y Control del Sistema Hidrológico

Objetivos

Mejorar el manejo y el control del sistema hidrológico para:

- ◆ aprovechar el agua de manera plena y sustentable
- ◆ atenuar los impactos ocasionados por fenómenos naturales extremos
- ◆ contribuir al fortalecimiento del capital natural del país
- ◆ cumplir con los compromisos internacionales en materia de agua

B) Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

Objetivo

Alcanzar niveles de cobertura en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que contribuyan al cuidado de la salud y calidad de vida de la población y al desarrollo de las comunidades, además de frenar el proceso actual de deterioro del ambiente por contaminación de origen doméstico.

C) Programa Hidroagrícola

Objetivo

Favorecer el aprovechamiento del agua para el desarrollo de las actividades agrícolas y reducir los impactos negativos de esta actividad en el ambiente.

Componentes:

- ◆ **Irrigación y drenaje, enfocado a la ejecución de las obras iniciadas de proyectos de irrigación, para incorporar nuevas superficies de riego**
- ◆ **Operación y Conservación de distritos de riego**
- ◆ **Consolidación de las asociaciones civiles de usuarios**
- ◆ **Desarrollo del Trópico Húmedo**
- ◆ **Desarrollo parcelario**
- ◆ **Uso eficiente de la infraestructura agrícola**
- ◆ **Uso eficiente del Agua y la Energía Eléctrica**
- ◆ **Proyectos de control de ríos en defensa de inundaciones de las áreas de uso agropecuario**
- ◆ **Actualización de métodos para realizar estudios y diseños en los proyectos hidroagrícolas**
- ◆ **Desarrollo institucional**
- ◆ **Atención al rezago agrario mediante la aplicación de un programa de indemnizaciones a los núcleos agrarios afectados con motivo de la construcción de obras de infraestructura e instalaciones de la CNA**

Se trabajará en los subprogramas de uso eficiente del agua y la energía eléctrica y del desarrollo parcelario, correspondiendo a la CNA la elaboración de estudios y diseños ejecutivos para realizar el revestimiento o entubado de canales y regaderas interparcelarias, drenaje general y parcelario, estructuras de control de medición de agua y nivelación de tierras; a la SAGAR corresponde tecnificar el riego dentro de la parcela y la ferti-irrigación. Asimismo, se coordinará con esta secretaría el Programa de Obras Nuevas y en Proceso de Construcción.

Se continuará con el proceso de transferencias de los distritos de riego, mediante el subprograma de Riego y Drenaje a cargo de la CNA y en concordancia con el Programa de Modernización de la Administración Pública 1995-2000, a cargo de la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo.

Se continuarán las acciones y trabajos para la terminación de obras faltantes, además de proporcionar asistencia técnica a través de Unidades de Cooperación Tecnológica mediante el subprograma del Trópico Húmedo.

Mediante el subprograma de Desarrollo Parcelario, se elaborarán estudios de factibilidad y ejecutivos para realizar revestimiento o entubado de canales de riego, drenaje general y parcelario, nivelación de tierras.

Por lo que respecta a las unidades de riego operadas y conservadas por los usuarios desde su origen, serán apoyadas para su consolidación mediante los subprogramas de Uso Eficiente del Agua y la Energía y el de Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola, a cargo de la CNA.

Se desarrollarán las actividades técnico-administrativas necesarias para determinar la viabilidad técnica de las obras hidroagrícolas a través de estudios y proyectos. Se continuará con la expedición de escrituras dentro del Programa de Escrituración para Regularizar la Tenencia de la Tierra.

D) Programa de Uso del Agua en la Industria, Generación de Energía Eléctrica, Acuicultura y Pesca.

Objetivo

Apoyar el aprovechamiento del agua en la industria de acuerdo a las capacidades de los sistemas hidrológicos que supone el uso eficiente y el control de descargas de aguas residuales; generación de energía eléctrica, sin causar impactos negativos a otros usos y al sistema hidrológico y para el desarrollo de la acuicultura y pesca, que contribuya a la producción de alimentos, generación de empleos y mejoramiento de las condiciones de vida de algunas regiones del país.

E) Programa de Administración de los Usos del Agua

Objetivo

Conocer y regular el uso y aprovechamiento de las aguas nacionales y sus bienes inherentes.

F) Programa de Tecnología y Capacitación

Objetivo

El objetivo consiste en desarrollar, adaptar y transferir tecnología y capacitar los recursos humanos, que contribuyan al aprovechamiento del agua, para impulsar el desarrollo económico, social y ambiental del país.

3

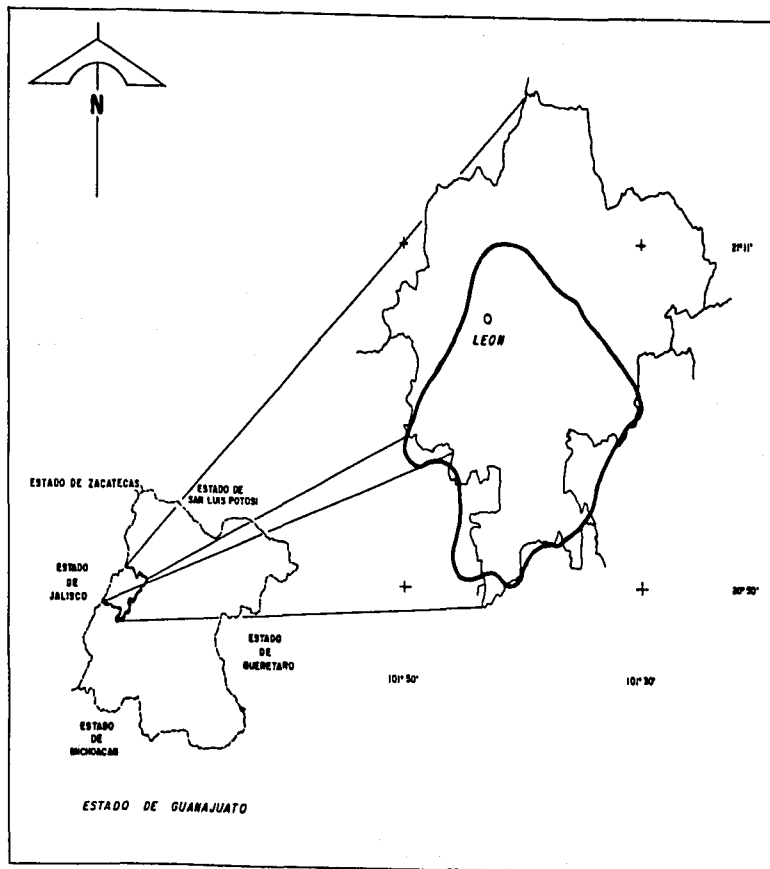
EL VALLE DE LEÓN Y
SUS RECURSOS NATURALES

3 EL VALLE DE LEÓN Y SUS RECURSOS NATURALES

3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Valle de León se ubica geográficamente en la porción noroccidental del estado de Guanajuato, básicamente en el municipio de León; se localiza entre los paralelos 20°50' y 21°11' de latitud norte y entre los meridianos 101°30' y 101°50' de longitud oeste.

El municipio de León cubre una superficie de 1,326 Km² aproximadamente que representa el 3.9% de la superficie del estado; mientras que la zona de estudio, es decir el acuífero del Valle de León tiene una extensión aproximada de 767 Km², comprende parcialmente los municipios de León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón (Figura 1). Limita al noreste con la sierra de Guanajuato, al poniente con el valle del Río Turbio, al oriente con los valles de Purísima del Rincón y San Francisco del Rincón y al sur con los valles de Pénjamo e Irapuato.



SIMBOLOGIA

- LIMITE ESTATAL
- LIMITE MUNICIPAL
- CABECERA MUNICIPAL
- LIMITE DEL ACUIFERO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		
IRAPUATO		
PLANEACIÓN PARA EL DESARROLLO		
AGROPECUARIO		
EXPLORACIÓN DEL ACUÍFERO VALLE DE LEÓN, GTO Y SU IMPACTO ECONÓMICO EN LA AGRICULTURA DE RIEGO		
Figura No. 1 LOCALIZACIÓN DEL ACUÍFERO VALLE DE LEÓN, GTO		
FOLIO 101 DE LA CARTA TOPOGRÁFICA 1:50,000		
SEPTIEMBRE DE 1987	ELABORADO POR: FOLIO 101 DE LA CARTA TOPOGRÁFICA 1:50,000	11 DE FEBRERO DE 1988

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

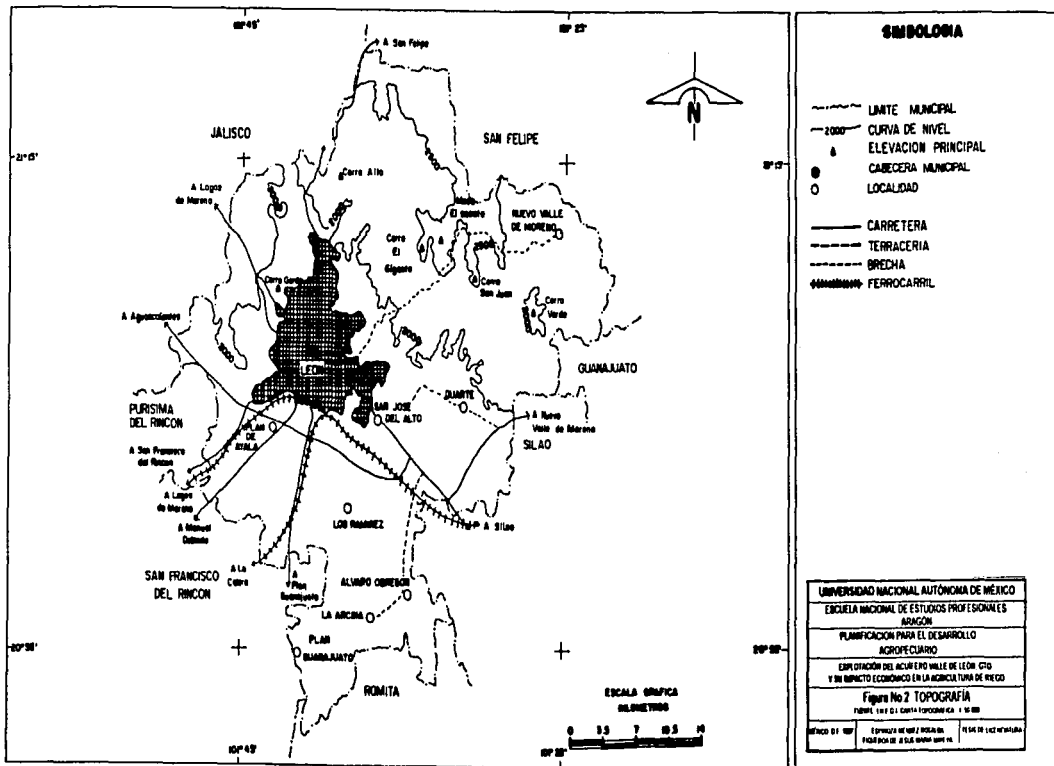
3.2.1 GEOLOGÍA

El Valle de León se localiza en la provincia fisiográfica denominada *Mesa Central* (Raisz, E., 1964), caracterizada por la presencia de extensas mesetas constituidas por rocas volcánicas de tipo riolítico, intercaladas con sedimentos aluviales y lacustres.

Entre las elevaciones principales de la región se encuentran: Cerro el Gigante con 2,884 msnm, Cerro Alto, Cerro Gordo, Cerro San Juan, Cerro Verde y Mesa el Zacate. (Figura 2).

Al noreste del valle se localiza la sierra de Guanajuato, la cual es una cordillera que en la zona alcanza elevaciones cercanas a los 3,000 msnm. La sierra está formada por rocas ígneas intrusivas de tipo diorítico, que dieron lugar a la formación de yacimientos minerales, como los que aún se explotan en el área cercana a la ciudad de Guanajuato; estas rocas metamorfizaron por contacto a las rocas sedimentarias marinas mesozoicas, dando lugar a la formación de esquistos y pizarras de color gris verdoso (CNA, *et. al.*, 1996).

En algunas partes de la zona existen depósitos de rocas volcánicas de tipo andesítico, de color gris rojizo, muy alteradas, de edad Terciario Inferior y de espesores variados. Correlacionado con la formación descrita, existe, en algunos lugares de la región, un depósito de sedimentos lacustres continentales de color rojo, conocidas genéricamente como Conglomerado Rojo de Guanajuato. Está compuesto por lutitas, areniscas y conglomerado de color rojo, muy compactos. Su espesor no se conoce y su edad es Terciario Inferior.



Cubriendo la secuencia descrita y predominando en extensión sobre todas las demás rocas, se observa en el área un gran depósito de rocas volcánicas de tipo riolítico, formado por ignimbritas y tobas de color rosado y pardo claro. Su edad es Terciario Medio y Superior.

El límite noroccidental del valle de León, lo forman una serie de mesetas que alcanzan alturas de 2,000 msnm. Estas mesetas están formadas por rocas volcánicas riolíticas de color gris rosado y se presentan en forma de ignimbritas y tobas de depositación lacustre, intercaladas con depósitos aluviales y lacustres formados por arenas, arcillas, gravas y conglomerados medianamente cementados por carbonato de calcio.

La parte plana del valle tiene una altura media de 1,780 msnm. y está totalmente cubierta por una capa de no mas de 3 metros de espesor de suelo vegetal de color negro de edad reciente. Abajo del suelo vegetal se ha podido detectar, mediante excavaciones y perforaciones de pozos, un grueso paquete de materiales formado por tobas de tipo riolítico, de color rosado claro, depositados en un medio lacustre, en capas de espesor muy variable que se encuentran intercaladas con capas de sedimentos aluviales y lacustres compuestos por gravas, arenas y arcillas.

Es común, en el caso de cuencas intermontanas como la del valle de León, que la geología altamente variable provoque complejas condiciones hidrogeológicas. Dentro de la secuencia del vulcanismo ácido, depósitos aluviales y lacustres antes mencionados, las tobas ignimbriticas de composición riolítica forman una secuencia compleja de los acuíferos regionales, los cuales también se encuentran afectados por fallamiento. Basado en la información de afloramientos y la interpretación de la estructura geológica, junto con los registros litológicos de pozos y los resultados de levantamientos geoelectricos, se han reconocido en estudios previos varias unidades hidrogeológicas permeables y poco permeables.

Las rocas mas antiguas de la Sierra de Guanajuato pueden ser consideradas como mayoritariamente impermeables y de poca importancia hidrogeológica en el valle. La parte superior de esta secuencia, el conglomerado rojo, se encuentra a diversas profundidades en los pozos profundos del valle y constituyen la parte impermeable del acuífero regional. Otras rocas mas antiguas no han sido cortadas durante la perforación.

Otra estructura geológica de importancia es la ignimbrita cuatralba que constituye el acuífero profundo principal en el área de estudio. Puede ser considerada como dos unidades, basada en sus características hidrogeológicas. La unidad inferior esta bien expuesta en ambos flancos del valle y se presenta a profundidades de más de 250 m en pozos profundos para abastecimiento municipal. La permeabilidad intergranular baja moderada se encuentra por fracturamiento, lo cual se observa claramente en afloramientos, pero puede ser menos abierto y por lo tanto menos efectivo a mayores profundidades. La amplitud del afloramiento proporciona una buena área de infiltración la cual puede ser una importante fuente de recarga al acuífero.

La unidad superior también aflora en forma extensa al norte del valle en los Altos de Jalisco y en menor extensión en la Sierra de Guanajuato. Está constituida por tobas poco consolidadas de composición riolítica, la cual como consecuencia tiene una porosidad intergranular y permeabilidad primaria significativas.

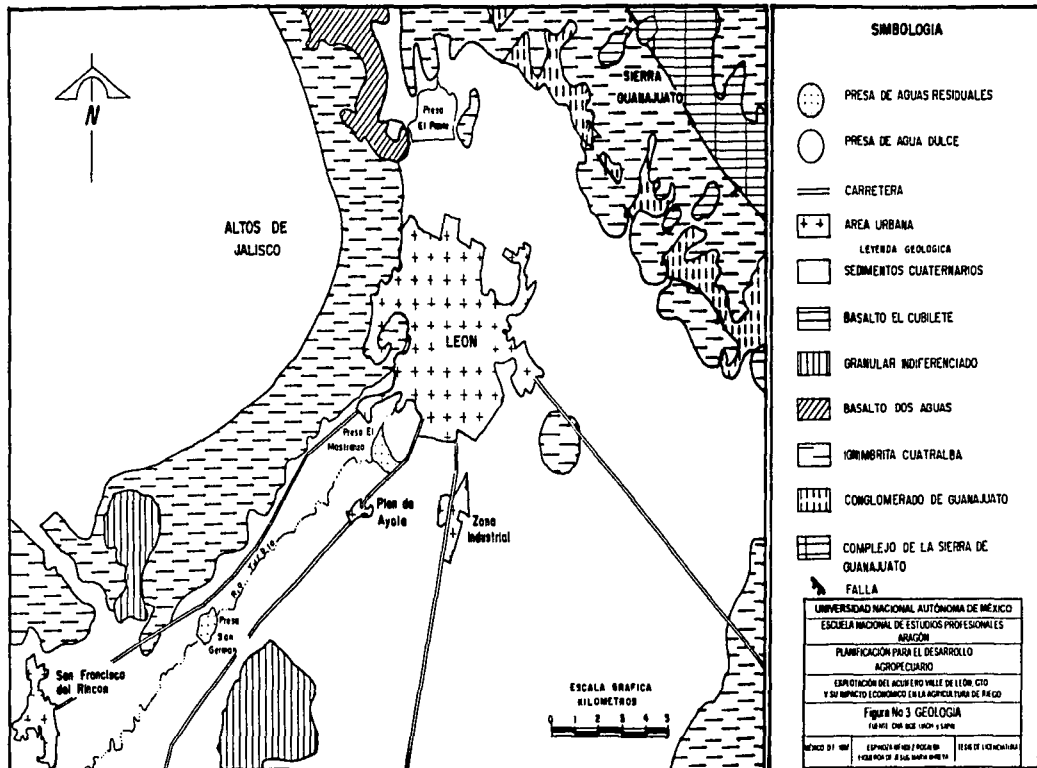
Debajo del valle se localiza la ignimbrita a profundidades variables, confirmando la importancia del fallamiento en la región. La permeabilidad intergranular de este material es baja en las áreas cercanas a la ciudad. Los valores de transmisibilidad obtenidos a partir de pruebas de bombeo varían de 50 a 1,700 m²/día con un promedio aproximado de 600 m²/día. Las tobas riolíticas de la ignimbrita cuatralba pueden estar parcialmente confinadas y/o en continuidad hidráulica con los depósitos aluviales lacustres sobreyacentes.

El basalto Dos Aguas aflora en la plataforma inmediata al noroeste de León y se ha encontrado a diversas profundidades en alguno de los pozos para abastecimiento de agua potable en el valle. El extenso fracturamiento permite la infiltración en los afloramientos y origina que el basalto sea parte importante del sistema acuífero en el subsuelo del valle .

Sobre la secuencia basáltica del valle se presenta una secuencia de sedimentos del Terciario conocida como Granular Indiferenciado. Afloran al sur del área de estudio y están constituidos por material heterogéneo de relleno del valle, incluyendo tobas, arenas, arcillas y gravas de origen lacustre. Esta formación constituye un acuífero de buen espesor, de permeabilidad variable, el cual proporciona la mayoría del agua subterránea utilizada para fines agrícolas en el

valle. Los pozos que atraviesan el espesor completo de sedimentos encuentran basalto o ignimbrita debajo.

La roca volcánica más recientes del área, el basalto cuaternario El Cubilete, se presenta en afloramientos restringidos y tiene una limitada importancia hidrogeológica, pero puede formar parte de la secuencia del acuífero en el subsuelo del valle. Los sedimentos cuaternarios constituyen la cubierta superficial y se presentan en la base de las colinas en los flancos del valle. Están constituidas por suelos residuales y sedimentos derivados de la erosión de montañas y colinas circundantes. Las intercalaciones complejas locales de sedimentos finos y gruesos producen variaciones laterales significativas de permeabilidad. Los materiales limosos y arcillosos del suelo pueden restringir la infiltración; los sedimentos más permeables en los flancos del valle podrían constituir zonas locales de infiltración y recarga al sistema acuífero subyacente (Figura 3).



SIMBOLOGIA

-  PRESA DE AGUAS RESIDUALES
-  PRESA DE AGUA DULCE
-  CARRETERA
-  AREA URBANA
- LEYENDA GEOLOGICA
-  SEDIMENTOS CUATERNARIOS
-  BASALTO EL CUBILETE
-  GRANULAR INDIFFERENCIADO
-  BASALTO DOS AGUAS
-  YONIMBRITA CUATRALBA
-  CONGLOMERADO DE GUANAJUATO
-  COMPLEJO DE LA SIERRA DE GUANAJUATO

FALLA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES		
INGENIERÍA		
PLANEACIÓN PARA EL DESARROLLO		
AGROPECUARIO		
EXPLORACIÓN DEL ACUÍFERO VILLE DE LEÓN, C.D.O.		
Y SU IMPACTO ECONÓMICO EN LA AGRICULTURA DE PAISCO		
Figura No 3 GEOLOGIA		
Escala: 1:50,000		
FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE REVISIÓN	FECHA DE ACTUALIZACIÓN



3.2.2 SUELOS

De manera general se puede decir que en el área de estudio se identifican tres tipos de suelo, de acuerdo con el Sistema FAO-UNESCO: los vertisoles pélicos, asociados a Feozems háplicos, distribuidos en la subprovincia del Bajío Guanajuatense; se caracterizan por la presencia de grietas en época de sequía susceptibles a erosionarse de presentarse en laderas o pendientes, son fértiles para la agricultura de riego y temporal principalmente en el cultivo de granos y hortalizas, pero presentan problemas para su manejo ya que su dureza dificulta la labranza y presentan problemas de inundación y drenaje; sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo; el uso óptimo para estos suelos depende de la pendiente del terreno y las posibilidades de obtener agua.

En la subprovincia de los Altos de Jalisco se presenta la segunda asociación de suelo, el Planosol mólico con Feozem háplico y vertisol pélico con fase pedregosa y dórica. Tienen una capa superficial fértil y rica en materia orgánica pero susceptibles a erosión, sobre todo las capas superficiales que descansan sobre la arcilla o tepetate impermeables, La vegetación natural de estos suelos va desde selvas bajas hasta los pastizales y matorrales, por lo que son utilizados en la ganadería obteniendo rendimientos moderados.

La tercera asociación es de Feozem háplico y lúvico con litosol (fase lítica), estos suelos tienden a erosionarse, son fértiles y poco ácidos a pesar de mantener arcilla en el subsuelo, su productividad se ve reflejada en el cultivo de frutales y con pastizales cultivados o inducidos que proporcionan utilidades en la ganadería

3.2.3 HIDROGRAFÍA

Esta zona pertenece a la Región Hidrológica No. 12 "Lerma-Santiago" - la cual descarga sus aguas hacia el Pacífico -; está ubicada en la cuenca del Río Lerma-Salamanca, específicamente en la subcuenca del Río Turbio - Presa Palote y cubre el 51.26 % de la superficie municipal.

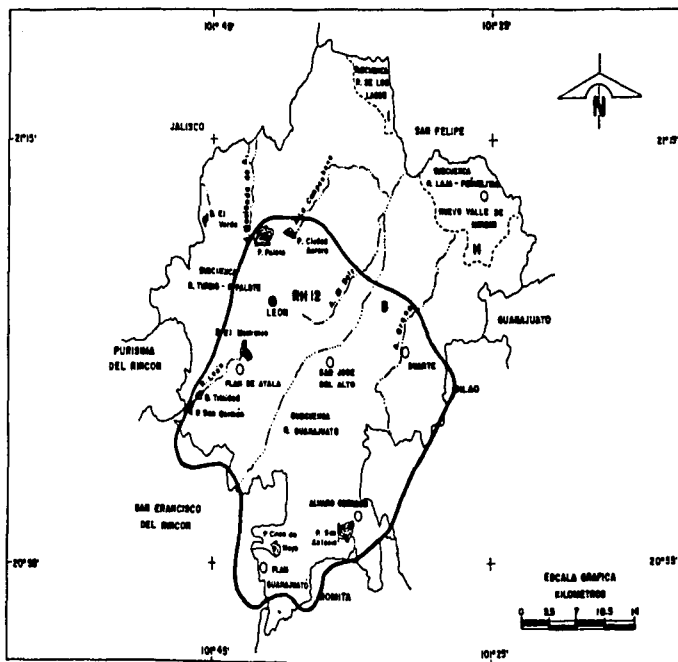
El Valle de León es atravesado por arroyos que fluyen en dirección norte-sur. La corriente más importante del valle es el río llamado Los Gómez, que al pasar por la ciudad de León recibe el nombre de río León, el cual origina al río Turbio, que continúa por varios kilómetros en esa dirección, hasta unirse con el Río Lerma en el municipio de Pénjamo (Figura 4).

Las corrientes de agua que se ubican en el valle son principalmente: el río León, arroyo La Campechana, arroyo Hacienda de Arriba y arroyo El Salto.




Los cuerpos de agua con que cuenta la región son: al norte, las presas El Palote y Ciudad Aurora, además del bordo El Verde; en el suroeste la Presa San Germán y los bordos El Mastranzo y Trinidad; al sur las Presas San Antonio y Cinco de Mayo.

La presa El Palote tiene como función primordial complementar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de León, además de controlar las avenidas de los arroyos que bajan de la sierra.

Los arroyos y pequeñas presas localizadas aguas abajo de la ciudad, han sido aprovechadas desde hace más de 30 años para la conducción, almacenamiento y distribución de aguas residuales para uso agrícola.



SIMBOLOGIA

- RM 12** REGION HIDROLOGICA
B CUENCA
 --- LIMITE DE CUENCA
 - - - LIMITE DE SUBCUENCA
 --- CORRIENTE DE AGUA
 CUERPO DE AGUA
 CABECERA MUNICIPAL
 LOCALIDAD
 --- LIMITE DEL ACUIFERO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO
EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO VALLE DE LEÓN, GTO Y SU IMPACTO ECONÓMICO EN LA AGRICULTURA DE REGO

Figura No. 4 HIDROGRAFÍA

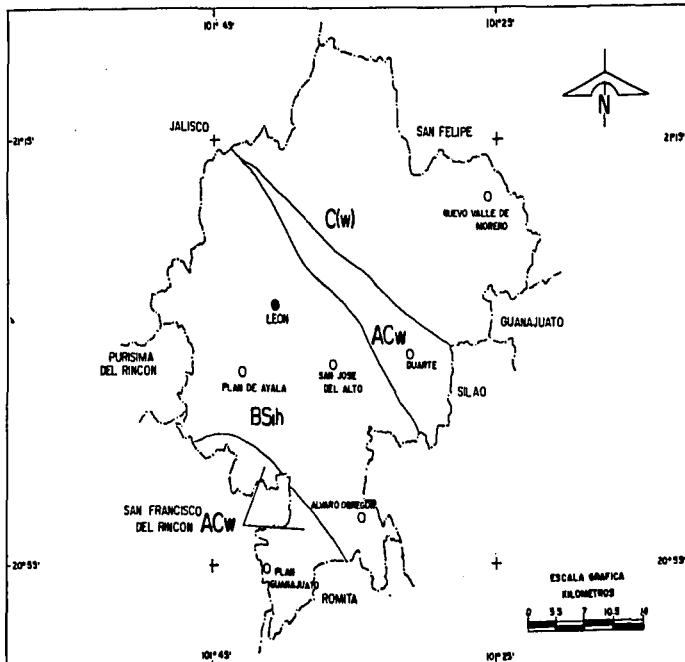
FIGURA 1 A E G1 CARTA HIDROGRÁFICA DE AGUAS
 SUPERFICIALES 1:250 000

MÉXICO, D.F. 1980	ESPIONZA HERNÁNDEZ ROSARIO FISICIANA DE ALFARO RAMONA GARCÍA	TELADO Y VICENTINARA
-------------------	---	----------------------

3.2.4 GRUPO DE CLIMAS

Al norte del Valle de León, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (C(w)) y una temperatura media anual de 15.8°C; en la porción noreste y sureste es Semicálido subhúmedo con lluvias en verano (ACw), su temperatura media anual es de 18.8°C y en el centro del valle el clima es semiseco semicálido (BS+h), con una temperatura media anual de 19.2 °C (Figura 5).

Las precipitaciones medias anuales en el valle de León, de acuerdo a las principales estaciones meteorológicas son: al norte 898.3 mm (Estación Media Luna), al centro 636.1 mm (Estación León) y de 787.1 mm en el suroeste y noreste (Estación La Sandía), siendo los meses de junio a septiembre los de mayor precipitación en el valle; estas lluvias se caracterizan por ser torrenciales y representan, junto con los escurrimientos superficiales que originan, una recarga vertical directa a los acuíferos, debido a las condiciones topográficas y la permeabilidad de los suelos en algunas áreas, que favorecen una buena infiltración.



SIMBOLOGIA

- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE DE CLIMA
- CABECERA MUNICIPAL
- LOCALIDAD
- ACw CLIMA SEMICALDO SUBHUMEDO CON LLUVIAS EN VERANO
- C(w) CLIMA TEMPLADO SUBHUMEDO CON LLUVIAS EN VERANO
- BSh CLIMA SEMISECO SEMICALDO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN

PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
AGROPECUARIO

EXPLOTACIÓN DEL AGUAFUERVO VALLE DE LEÓN, GTO
Y SU IMPACTO ECONÓMICO EN LA AGRICULTURA DE REGO

Figura No. 5 GRUPO DE CLIMAS

PUNTEO CENOTECUATLA DE CLIMAS Y
TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES 11 000 000

MÉXICO, D.F. 1987

ESQUEMA MEXIQUETECUATLA
FIBERON DE 4 SUS MARRA MARQUETA

TESIS DE LICENCIATURA

3.2.5 VEGETACIÓN

El tipo de vegetación y su distribución en el área dependen de la topografía local y los tipos de suelos existentes en el valle de León, por lo que describe el sistema de topoformas.

En este caso, en el sistema de topoformas de *Llanuras de aluviones profundos* la vegetación imperante es mezquital, matorral subtropical, matorral crasicaula (nopalera), pastizal halófilo y pastizal inducido. Para el sistema de *Lomeríos asociados a mesetas* la vegetación es matorral subtropical, mezquital y pastizal inducido. En el sistema de *Mesetas lávicas* el tipo de vegetación es bosque de encino, matorral subtropical y pastizal inducido. Por último, en el sistema de *Sierras con valles paralelos* la vegetación que se observa es matorral subtropical, pastizal inducido y bosque de encino.

Esta vegetación es característica de regiones en las que se han perturbado las condiciones originales. A manera de conclusión, se puede afirmar que los tipos de vegetación del valle no son buenos indicadores de delineación de zona de recarga o descarga de algún sistema de flujo de agua subterránea, como ocurre con las freatofitas (plantas indicadoras de zonas de descarga con raíces muy profundas que se alimentan de agua subterránea), sino más bien el tipo de vegetación corresponde a las condiciones de aridez predominante en el Valle, a la degradación ambiental y ampliación de la frontera agrícola

3.3 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

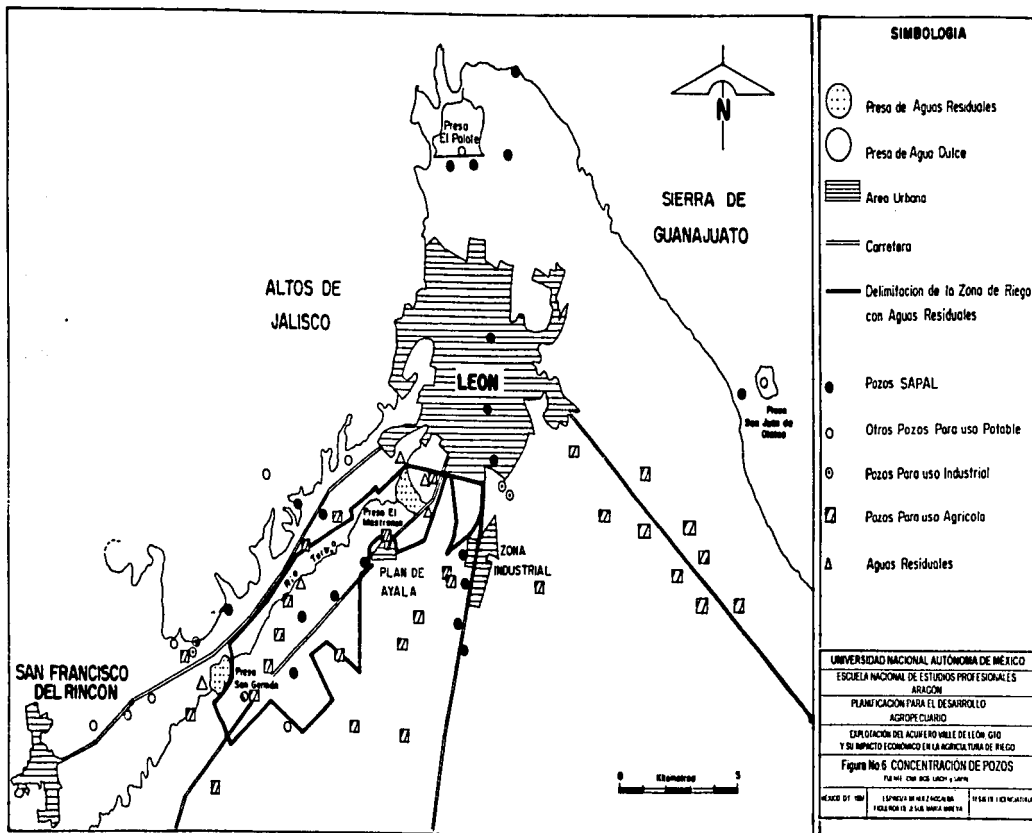
En el acuífero Valle de León, de acuerdo con los datos más recientes (CNA, 1997 a) existen un total de 1,325 aprovechamientos de agua subterránea, que extraen un volumen conjunto de 204 Millones de metros cúbicos (Mm³) al año, provocando una explotación de 108 Mm³ anualmente, ya que la recarga es de solamente 96 Mm³. Esta explotación se manifiesta por un constante descenso de los niveles de agua subterránea, de 1 a 6 m por año, detectándose una de las zonas más afectadas en la porción suroriental de la ciudad, donde existe la mayor concentración de pozos (Figura 6). De los 1,325 aprovechamientos, 1,055 se destinan a uso agrícola, 120 para uso público urbano, 100 uso industrial y 50 a uso doméstico.

La baja transmisibilidad (0.00675 m²/seg.) de los materiales que rellenan el valle hace que los rendimientos de los pozos sean bajos, los más representativos de la zona son los de la Batería Sur (CNA, *et al.*, 1996), los cuales tienen las características promedio siguientes:

Profundidad	368 m
Gasto	20 lps
Nivel estático	80 m
Nivel dinámico	131 m

Del total del volumen de agua extraído, 124 Mm³ se utilizan para agricultura (uso agrícola); le siguen en importancia el abastecimiento de agua potable con 66 Mm³ (uso público - urbano); el uso industrial con 10 Mm³ y los restantes 4 Mm³ para abastecimiento de pequeñas poblaciones rurales (uso doméstico) (CNA, 1997 a) (Figura 7).

El abastecimiento de agua para la ciudad de León es mixto; una modesta parte (9%) tiene su origen en el tratamiento de aguas superficiales, y el restante (91%) proviene de la explotación del recurso subterráneo mediante pozos. Incluyendo los

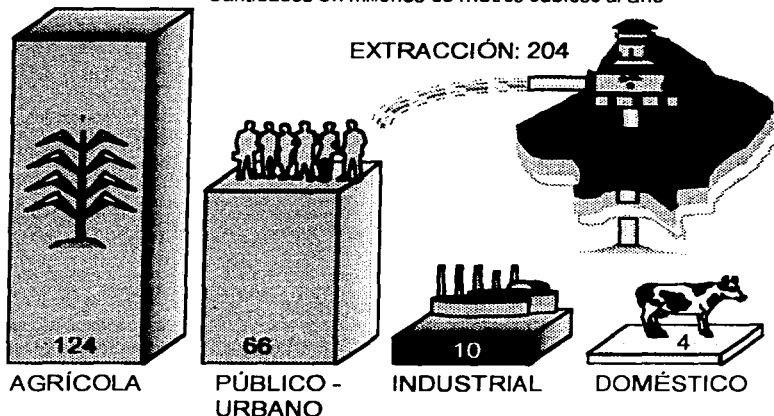


del Sistema Sur, del Sistema Ciudad, los de algunos fraccionamientos y sobre todo los del Sistema Turbio.

Figura 7

DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE LEÓN

Cantidades en millones de metros cúbicos al año



FUENTE: C.N.A. (1997), INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA GENERAL DE LOS ACUÍFEROS DEL PAÍS. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte interno.

Se estima que dicho abastecimiento para la ciudad de León es de 51 Mm³ anuales, de los cuales 26 Mm³ provienen del Sistema Turbio y representan volúmenes de agua importados de la vecina cuenca del Valle del Río Turbio.

Las cifras anteriores ponen en evidencia una competencia por el recurso agua subterránea entre la agricultura y el abastecimiento de agua potable para León, de la cual se está viendo desplazada la primera de ellas, pues no tiene recursos para invertir en pozos cada vez más profundos, ni puede soportar fuertes incrementos en los costos de bombeo.

Las extracciones de agua subterránea que se llevan a cabo desde hace muchos años representa una excesiva explotación de los acuíferos, que se han venido manifestando en un gradual abatimiento de los niveles piezométricos. La recarga de los acuíferos del Valle de León está compuesta de alimentaciones subterráneas provenientes del perímetro del valle, que ocurren radialmente hacia su porción central donde se localizan las máximas depresiones, así como de una alimentación vertical producida por infiltraciones de lluvia, excesos de riego en la agricultura y escurrimientos superficiales a través de los cauces de arroyos y ríos que cruzan el valle (CNA, *op. cit.*).

Desde 1970 se tiene conocimiento de acuíferos inferiores a los tradicionalmente aprovechados. En la actualidad se sabe que dichos acuíferos inferiores están localizados más allá de los 200 m de profundidad y aunque la información es escasa, se deduce que la transmisibilidad de los acuíferos profundos es, por lo general, del mismo orden de magnitud que en los acuíferos someros.

4

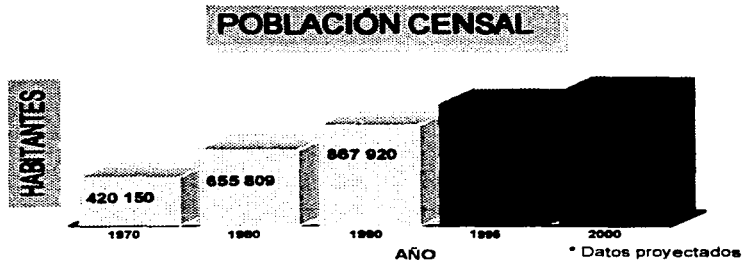
ASPECTOS DEMOGRÁFICOS
DEL VALLE DE LEÓN

4. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DEL VALLE DE LEÓN

4.1 POBLACIÓN

La población total en el municipio de León para 1970 era de 420,150 habitantes; según el XI Censo General de Población y Vivienda, para 1990 ascendió a 867,920 habitantes; en el conteo de 1995 la población censada fue de 1'042,132 habitantes. Considerando en el lapso de 1950 a 1990 una tasa media de crecimiento del 2.83% anual, se prevé para el año 2000 una población de 1'148,203 habitantes (Figuras 8 y 9). Lo que implica mayor presión sobre el acuífero debido al incremento en la demanda de agua potable para consumo humano.

Figura 8

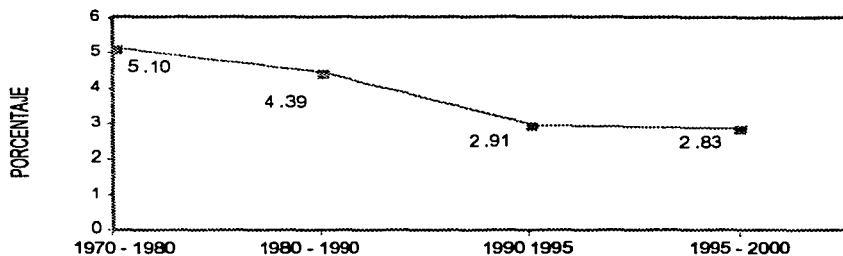


FUENTE:

Cuensejuso. Resultados Definitivos. Datos por localidades: XI Censo General de Población y Vivienda 1990. INEGI.

Figura 9

**TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL
INTERCENSAL (1970 - 2000)**



FUENTE: Guanajuato. Resultados Definitivos. Datos por localidad: XI Censo General de Población y Vivienda 1990. INEGI.

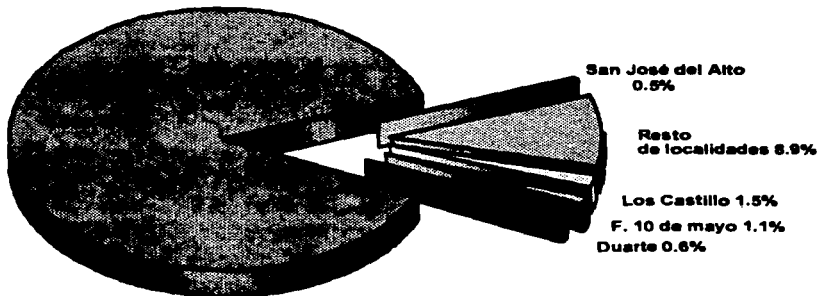
Las áreas más pobladas del Valle de León representan el 0.8% de la superficie del mismo, además se muestran tendencias inequívocas a crecer en la ciudad principal que es León, dado su mayor desarrollo económico y de servicios. Prácticamente es una población joven, cuyas edades oscilan entre los 15 y 35 años de edad como consecuencia, por una parte, del descenso de 32.5% en la mortalidad debido al mejoramiento del nivel de vida y por otra, la alta tasa de natalidad registrada en la región (33.3%), que trae consigo el rápido crecimiento poblacional.

La densidad de población en 1995 fue de 785 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que colocó al municipio de León como una de las seis principales ciudades en el país y concentró el 21.81% del total de los habitantes del estado. Dentro de la zona de estudio la mayor densidad de población se encuentra en la ciudad de León que cuenta con el 87.4 % de la población del municipio; otras

localidades importantes por la cantidad de población que albergan son: Los Castillos, Fraccionamiento 10 de mayo, Duarte y San José del Alto (Figura 10).

Figura 10

POBLACIÓN PORCENTUAL EN LAS PRINCIPALES LOCALIDADES



FUENTE:

Guanajuato. Resultados Definitivos. Datos por localidad: XI Censo General de Población y Vivienda., 1990. INEGI.

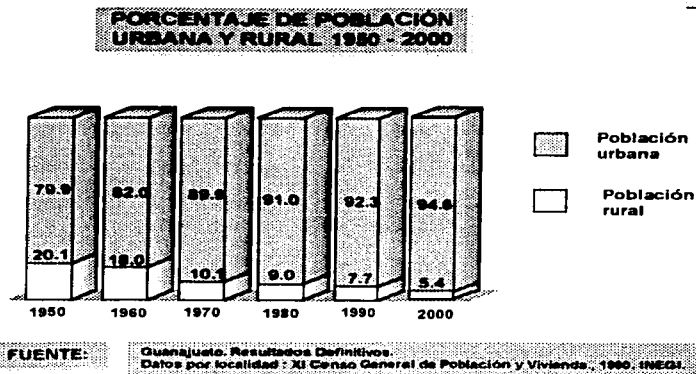
4.2 POBLACIÓN URBANA Y RURAL

La población urbana en la región es más numerosa que la rural. En 1950 del total de la población el 20.1% era rural y el 79.9% era urbana; en el censo de 1990 la población rural representó el 7.7% y la urbana 92.3%; de continuar con esta tendencia se estima que para el año 2000 la población rural sea solo el 5.4% y la urbana aumente al 94.6% (Figura 11), lo cual traería consigo la disminución de la

población empleada en las actividades del sector primario en la región, así como mayor demanda de empleos y servicios en las zonas urbanas.

Considerando el crecimiento de la ciudad, en el futuro el incremento de la demanda de agua potable se va a concentrar en la zona urbana, esto agravará aún mas la competencia que existe por el agua subterránea en la región. Al ser prioritario el abastecimiento de agua para consumo humano, será necesario establecer estrategias adecuadas para cubrir ésta demanda y al mismo tiempo solucionar el problema de la descarga de aguas residuales generadas por la ciudad.

Figura 11

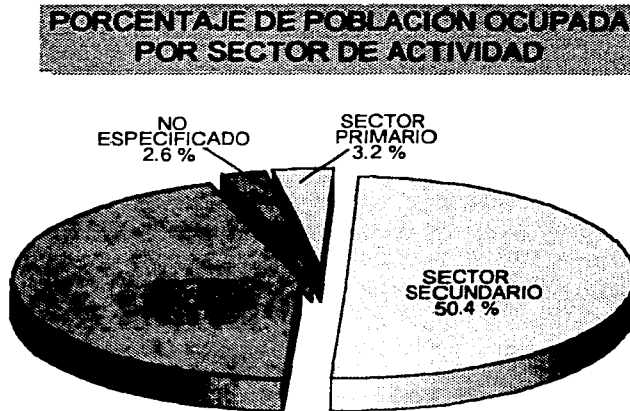


4.3 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

En 1990 la población económicamente activa (PEA) fue de 280,606 habitantes y la población económicamente inactiva (PEI) 282,805 habitantes; de los cuales el 50.4% se dedica al sector secundario representada por la industria de la curtiduría y

textil; el 43.8% al sector terciario de servicios; sólo un 3.2% al sector primario que abarca las actividades agrícola y pecuaria, el restante 2.6% a otras actividades (Figura 12).

Figura 12



FUENTE: Cuernavaca. Resultados Definitivos. Datos por localidad. XI Censo General de Población y Vivienda. 1990. INEGI.

Es decir que el 94 % de la PEA se dedica a actividades primordialmente urbanas, por lo tanto habita en la ciudad o en la zona conurbada, lo que ha contribuido a la expansión de la misma, esta tendencia indica que el problema de abastecimiento de agua potable lejos de solucionarse, se torna cada vez mas grave.

5



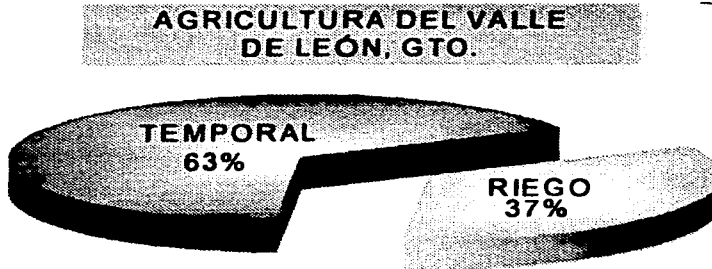
EL SECTOR AGRÍCOLA
EN EL VALLE DE LEÓN

5. EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL VALLE DE LEÓN

5.1 LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL VALLE DE LEÓN

La agricultura en León ocupa una parte importante de la superficie, 34,500 hectáreas del valle, que representan el 26% del total del territorio municipal. Al igual que en la mayoría de las zonas agrícolas de la república mexicana, se desarrolla agricultura de riego y de temporal, predominando ésta última. De la superficie agrícola en el Valle 21,800 ha son de temporal y 12,700 ha se encuentran bajo riego (Figura 13).

Figura 13



FUENTE:

SAGAR, Delegación Estatal en Guanajuato, Distrito de Desarrollo Rural 003, 1996.

Por lo que se refiere a la tenencia de la tierra en la región, la mayoría pertenece a pequeños propietarios, de las 12,700 ha de superficie que se encuentran bajo riego, 7,620 (60%) pertenecen a la pequeña propiedad y 5,080 ha (40%) son de propiedad ejidal (Figura 14). De esta misma superficie aproximadamente 10,400 ha (82%) son irrigadas con agua subterránea y 2,300 ha (18%) con agua superficial proveniente de pequeñas presas tanto de agua limpia como de aguas residuales (Figura 15).

Figura 14

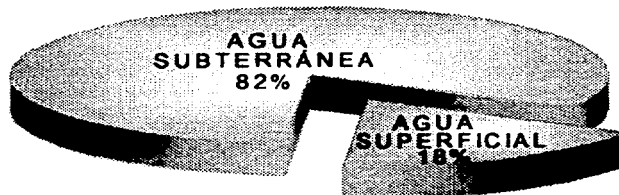
TENENCIA DE LA TIERRA



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato
Distrito de Desarrollo Rural 003: 1996.

Figura 15

ORIGEN DE RIEGO



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato
Distrito de Desarrollo Rural 003: 1996.

Por lo que se refiere a la tenencia de la tierra en la región, la mayoría pertenece a pequeños propietarios, de las 12,700 ha de superficie que se encuentran bajo riego, 7,620 (60%) pertenecen a la pequeña propiedad y 5,080 ha (40%) son de propiedad ejidal (Figura 14). De esta misma superficie aproximadamente 10,400 ha (82%) son irrigadas con agua subterránea y 2,300 ha (18%) con agua superficial proveniente de pequeñas presas tanto de agua limpia como de aguas residuales (Figura 15).

Figura 14

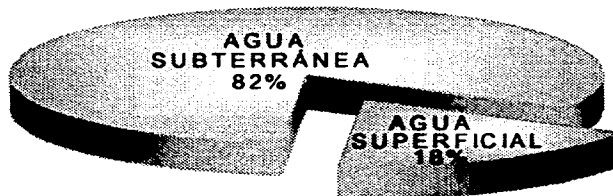
TENENCIA DE LA TIERRA



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato.
Distrito de Desarrollo Rural 003, 1998.

Figura 15

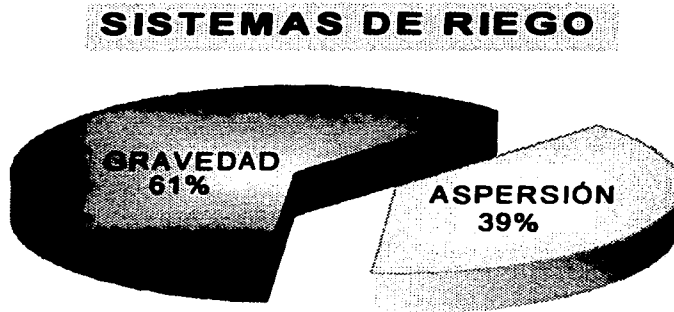
ORIGEN DE RIEGO



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato.
Distrito de Desarrollo Rural 003, 1998.

El sistema de riego que predomina en la región es por gravedad, ya que de las 10,400 ha de superficie que son regadas con agua de pozo, aproximadamente 6,350 ha (61%) se riegan bajo este sistema, mientras que 4,050 ha (39%) se riegan con sistemas de aspersión (Figura 16). De los sistemas de riego por aspersión el que predomina es el autopropulsado de desplazamiento frontal, así como también el de pivote central, pero en menor proporción. Podemos decir que el 65% de la superficie de riego se encuentra tecnificada, aunque vale diferenciar que de esta tecnología el 90% se encuentra en tierras de pequeños propietarios mientras el otro 10% la poseen los ejidos.

Figura 16



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato.
Distrito de Desarrollo Rural 003. 1996.

Por otro lado se estima que la eficiencia en la conducción del agua extraída es de un 65% a 70%, es decir que de cada 1000 litros sólo 650 - 700 litros son aprovechados por los cultivos, y los restantes 300 - 350 litros se pierden en la conducción y distribución además que la aplicación del agua subterránea se realiza de forma empírica, sin tomar en cuenta las etapas de crecimiento del cultivo, así como la estructura, profundidad y textura del suelo.

La importancia en el buen manejo del riego radica en que de éste depende el ahorro en el volumen de agua destinado a una superficie; en primer lugar, porque del sistema que sea elegido (presurizado o de gravedad) depende ese ahorro, por ejemplo, en el caso de la conducción en el riego por gravedad se pierde un volumen bastante alto (30% - 35%). Por otra parte también es importante conocer las etapas de crecimiento del cultivo, porque regula la aplicación del riego y determina el momento apropiado, evitando, de este modo, pérdidas por infiltración y evaporación; del mismo modo si se conocen las características del suelo se pueden evitar pérdidas por infiltración.

Las condiciones geohidrológicas en las que se desenvuelve la actividad agrícola son muy complicadas, principalmente por las condiciones de explotación que presenta el acuífero que abastece a la región. Además la competencia por el recurso se hace cada vez mas cerrada, ya que la zona urbana se encuentra en constante crecimiento y demanda por lo tanto mayor cantidad de agua potable para abastecer a la población (66 Mm³).

La agricultura en la región presenta serios problemas económicos aunados a los ambientales, entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- financiamiento
- dificultad para comercializar sus productos
- agotamiento del acuífero y
- degradación del suelo

Problemas de financiamiento los tienen, en mayor o menor medida, todos los agricultores, pero principalmente los ejidatarios ya que el 80% de ellos no tiene acceso a créditos (avío) ni a mecanismos de apoyo para la comercialización, mientras que en el caso de los pequeños propietarios, solo el 35% de ellos tienen algún tipo de problema para cultivar o comercializar. En general, la falta de dinero en la etapa de siembra o de comercialización es fundamental para la dinámica económica de esta actividad.

Los agricultores que logran conseguir crédito para la siembra o alguna vía de comercialización para su cosecha, lo hacen a través de las Sociedades de Producción Rural, de compañías como MASECA o con Molinos de San Francisco,

con quienes intercambian su cosecha por semilla, fertilizante, insecticidas y asistencia técnica en el período de siembra. Sin embargo el número de agricultores que participan de estos mecanismos de apoyo es muy reducido, por lo que la mayoría busca otro tipo de ayuda. Aunque algunos cuentan con el apoyo económico otorgado por el Programa Nacional de Modernización al Campo, en muchas de las ocasiones son a destiempo y se ven obligados a conseguir dinero prestado con personas dedicadas a ese negocio; pero en ningún momento el agricultor solicita crédito a alguna institución de la banca comercial, ya que existe entre ellos el temor a los obstáculos que presenta tramitarlo, y por la incertidumbre de la estabilidad en el pago de intereses.

La dificultad a la que se enfrentan los agricultores, después de las que enfrentaron para poder producir, es la de colocar su cosecha en el mercado; podría decirse que aún con todos los problemas que implica, es más fácil producir que vender; los que no tienen los medios para almacenar y transportar su cosecha la venden a muy bajo precio y en ocasiones ni siquiera la pueden vender, lo que les acarrea más problemas para los ciclos posteriores. El principal centro de acopio y comercialización de sus productos se lleva a cabo en la central de abastos de León, de donde se distribuye a otras partes del estado y una parte importante hacia la ciudad de México

Otro problema importante es la degradación de los suelos, debido principalmente a que no toda la superficie del valle tiene las mismas características de suelo y sin embargo se sigue la misma forma de cultivo. Con el paso de tiempo y debido el ritmo a que se trabaja la tierra y a la desmedida utilización de fertilizantes, se ha ido perdiendo gran parte de su fertilidad, aunado de los problemas originados por el acelerado agotamiento de agua superficial y subterránea.

En cuanto al agotamiento del acuífero podemos decir que es el principal problema, tomando en cuenta que de la disponibilidad de agua subterránea depende la actividad de la agricultura en la región. De la explotación del acuífero se derivan problemas como:

- disminución del caudal extraído por los pozos
- reducción de vida útil de los pozos
- incremento en consumo de energía eléctrica
- incremento de costos de operación y mantenimiento

Estos problemas ocasionan el incremento de los costos de producción reales en la agricultura; desde aquí, comienza a formarse un círculo vicioso, ya que estos desencadenan los problemas de financiamiento mencionados anteriormente.

Por otro lado existe la limitante de disponibilidad del acuífero, para no rebasar la disponibilidad y continuar con ésta actividad los agricultores deben cambiar sus sistemas de riego de gravedad a riego por aspersión, lo cual representa un obstáculo más, ya que el costo del equipo es muy elevado. Actualmente, tecnificar con equipo de riego presurizado cuesta aproximadamente \$25,000 pesos por hectárea (independientemente de los costos de producción del cultivo); si tomamos en cuenta lo dicho anteriormente sobre la falta de dinero y las dificultades de financiamiento, será más fácil entender las condiciones de explotación del acuífero y los graves problemas económicos en la agricultura.

Este cúmulo de problemas afecta principalmente a los ejidatarios, quienes al no poder cubrir con todos los gastos que representa su actividad, optan por vender sus tierras a compañías privadas que construyen fraccionamientos habitacionales, originando con esto un cambio en el uso del suelo y graves problemas de planeación del territorio, además de los que se originarán para abastecer de servicios a la población demandante

5.2 EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

Los principales cultivos en la región del Valle de León son la alfalfa, papa, hortalizas, trigo, maíz y sorgo; su importancia radica no sólo en el aspecto económico sino en el uso de agua subterránea en su proceso productivo. Los cultivos como el maíz (3,895 ha) y el sorgo (755 ha) no dependen exclusivamente del riego ya que existe una amplia superficie de temporal a las que sólo se les proporciona algunos riegos de auxilio, en estos dos cultivos la superficie de riego es menor, comparada con la de temporal.

En 1996 se sembraron 10,380 hectáreas con estos seis cultivos, de las 12,700 hectáreas sembradas en total; de trigo fueron 2,150; de alfalfa 2,175, de papa 1,171 y 234 de hortalizas. El valor de la producción del conjunto de cultivos para 1996 fue de \$879'796,737 y consumieron 112'035,265 m³ de agua (Cuadro 1).

Cuadro 1

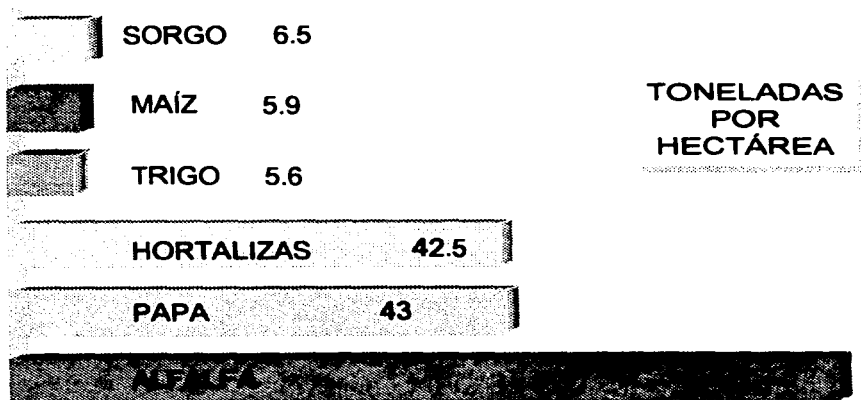
CULTIVOS				
	SUPERFICIE (Ha)	VOLUMEN TOTAL REQUERIDO (m ³)	RENDIMIENTO (Ton / Ha)	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (Toneladas)
PAPA	1,171	18,786,000	43	53,866
HORTALIZAS	234	2,574,000	42.25	9,887
TRIGO	2,150	19,141,450	5.60	12,040
MAÍZ	3,895	30,281,000	6.80	22,484
SORGO	755	4,788,965	6.50	4,908
TOTAL	10,380	112,035,265		260,282

FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato; Distrito de Desarrollo Rural 003, 1996

La preferencia de los productores por cultivar trigo, sorgo, maíz y alfalfa se debe a la adaptación en la zona, facilidad de cultivo, rendimiento por hectárea que proporciona cada cultivo y a la demanda en la actividad pecuaria, para el caso de la alfalfa. Mientras que el cultivo de papa y hortalizas se mantienen con una rentabilidad aceptable ante la creciente demanda nacional. Aunque en los últimos años se enfrentan a serios problemas de financiamiento para desarrollar sus actividades tanto de cultivo como de comercialización. El rendimiento por hectárea de los principales cultivos de riego, se ilustran en la figura 17.

Figura 17

RENDIMIENTO MEDIO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS

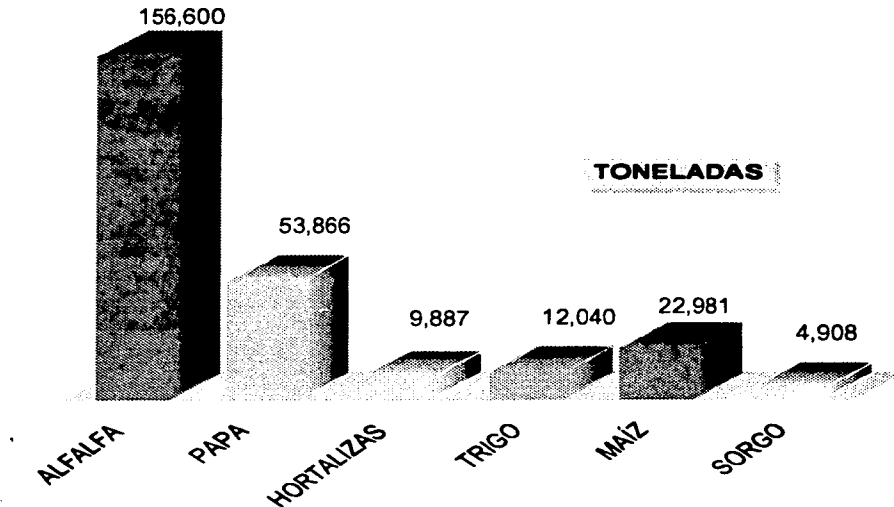


FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato.
Distrito de Desarrollo Rural 003. 1996.

Por otra parte, de los cultivos considerados en este estudio, la alfalfa es el cultivo que proporciona mayor volumen de producción al año (156,600 toneladas), aunque también es el que consume el mayor volumen de agua extraído para uso agrícola (Figura 18).

Figura 18

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS



FUENTE: SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato. Distrito de Desarrollo Rural 003. 1996.

5.3 EL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES

Respecto al agua superficial no existen corrientes importantes para la irrigación, y las que existen se encuentran contaminadas por afluentes industriales y tiraderos de basura, por lo que los agricultores se abastecen de pequeñas presas como: El Palote, San Germán, San Antonio, Ciudad Aurora y Cinco de Mayo; así como de los bordos El Verde, El Mastranzo y Trinidad, que son de alguna manera insuficientes como fuentes de captación.

El uso de aguas residuales en la agricultura de riego se ha venido incrementado desde hace cuarenta años aproximadamente. El crecimiento de la zona urbana e industrial ha aumentado la demanda de agua limpia y consecuentemente ha incrementado la descarga de aguas residuales, las cuales se reutilizan principalmente para uso agrícola.

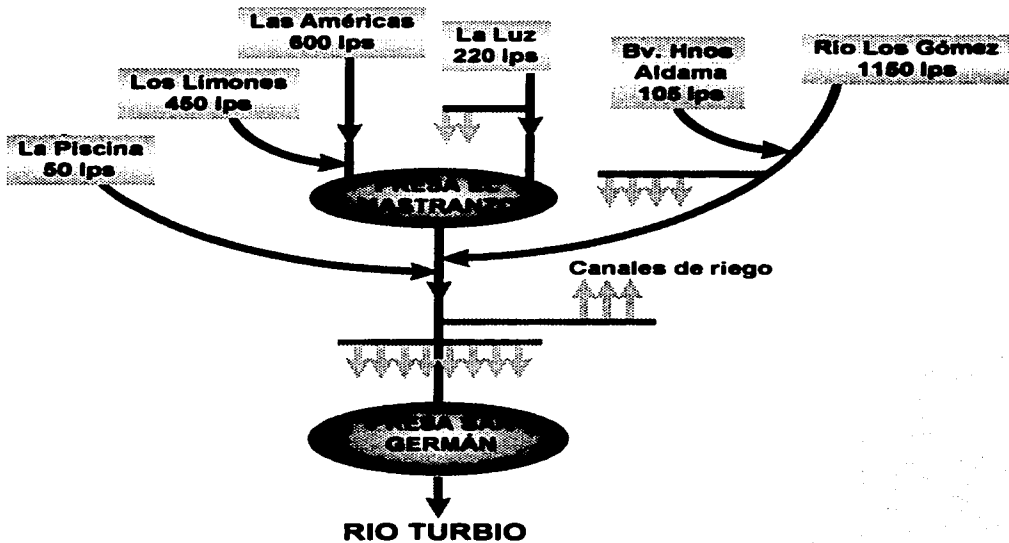
Las prácticas de riego, se pueden considerar como una frontera de carga constante en el funcionamiento del sistema acuífero, debido a que estas condiciones prevalecen desde hace 40 años y permanecen durante todo el año, exceptuando el período lluvioso. Estas condiciones, favorecen la presencia de niveles someros de agua subterránea contaminada, los cuales varían de 2 a 15 m, en las zonas donde se riega con aguas residuales.

La ciudad de León actualmente genera unos 82 Mm³ al año de agua residual; de éstos, unos 9 Mm³ corresponde a afluentes Industriales, principalmente de la industria procesadora del cuero. Ésta agua proveniente de la ciudad es captada por seis colectores: La Piscina, Los Limones, Las Américas, La Luz, Hermanos Aldama y Río los Gómez. Estos la acarrear dentro del área de irrigación para cubrir los requerimientos de un complejo sistema de distribución, los colectores Los Limones, Las Américas y La Luz surten el almacén de la presa El Mastranzo (Figura 19).

La primer área de riego se localiza precisamente al sur de la laguna El Mastranzo, en el ejido Plan de Ayala. La zona irrigada se extiende en dirección sur con la expansión del área urbana, como consecuencia de la gran disponibilidad de aguas residuales desde hace treinta años; mientras que la tierra entre el ejido Plan

Figura 19

DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES



FUENTES:

BGS, CNA, SAPAL Y UACH

de Ayala y el ejido Puerta San Germán ha sido irrigada por mas de veinte años (Figura 20). En cuanto a las dotaciones aproximadas de aguas residuales, el ejido Pompa tiene una dotación de 60 ha, el ejido Plan de Ayala una dotación de 1,741 ha y el ejido Puerta San Germán una dotación de 468 ha. En la figura 21 se muestran solo cuatro de los principales cultivos regados con agua residual. Actualmente el total del área irrigada con aguas residuales es de aproximadamente de 2,270 hectáreas, lo que representa el 17% de la superficie de riego del valle.

En las zonas irrigadas con aguas residuales se cultiva trigo, sorgo, alfalfa y maíz principalmente, este riego es por gravedad y no se le da ningún tratamiento al agua para ser utilizada en estos cultivos, es decir son *aguas crudas*. Comparativamente, los rendimientos en estas zonas de cultivo son mayores que en otras regiones del valle donde se riega con agua limpia. Aparte del rendimiento y los beneficios que proporciona se deben contemplar también los daños ambientales que origina esta práctica, daños que se sumarán a los ya existentes, que no son contemplados en la actualidad y que en un futuro no muy lejano afectará principalmente a los mismos usuarios del recurso.

Figura 21

SUPERFICIE AGRÍCOLA REGADA CON AGUAS RESUDUALES (1996)

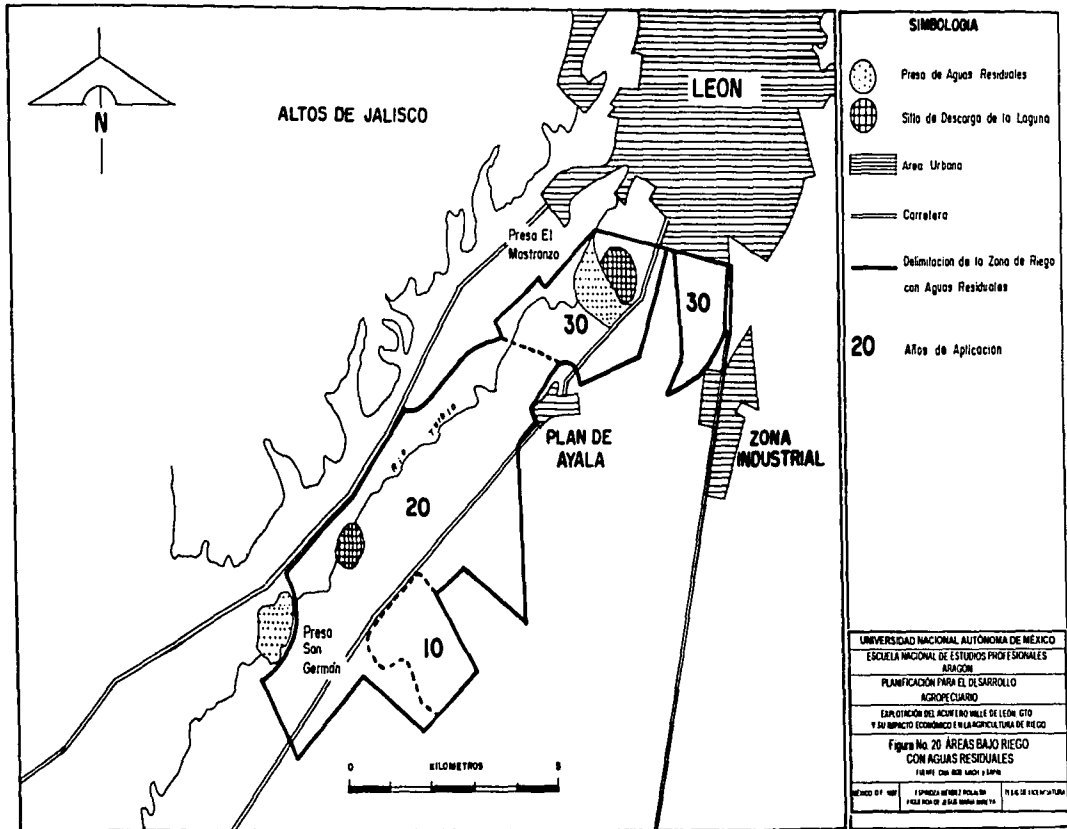
(Hectáreas)

EJIDO

CULTIVO	EJIDO			TOTAL
	POMPA	PLAN DE AYALA	PUERTA SAN GERMAN	
Trigo	60	855	81	996
Maíz	6	47	36	89
Sorgo	0	75	12	87
Alfalfa	6	6	1	13
TOTAL	60	1 025	176	1 261

FUENTE:

SAGAR Delegación Estatal en Guanajuato, Distrito de Desarrollo Rural 003, 1996.



6. EL COSTO SOCIAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

6.1 COSTO DEL AGUA

Uno de los objetivos para estimar el impacto económico de la explotación del acuífero en este estudio es la estimación del *costo del agua*, se entiende *costo* como el valor monetario de los recursos empleados para obtener un bien o servicio.

Por lo tanto, el *costo del agua* está estimado a partir del valor monetario de los recursos empleados para su obtención, además de otras estimaciones que nos reflejan su escasez o agotamiento.

La importancia de la estimación del *costo del agua* radica en que, de acuerdo a la opinión de los economistas, el manejo de los recursos naturales sería más eficiente si se consideraran sus respectivos costos (Hirschleifer, J., 1988). Por lo tanto, a continuación se trata de mostrar como se estimó el *costo del agua* y qué aspectos se tomaron en cuenta.

Como se señaló anteriormente, el *costo del agua*, en este caso es la suma tanto de los costos económicos en los que se incurre para su extracción, como de los costos ambientales valorados en términos monetarios.

En este trabajo el *costo del agua* se estimará considerando los siguientes conceptos (Figura 22):

(Ce) *Costo de extracción*

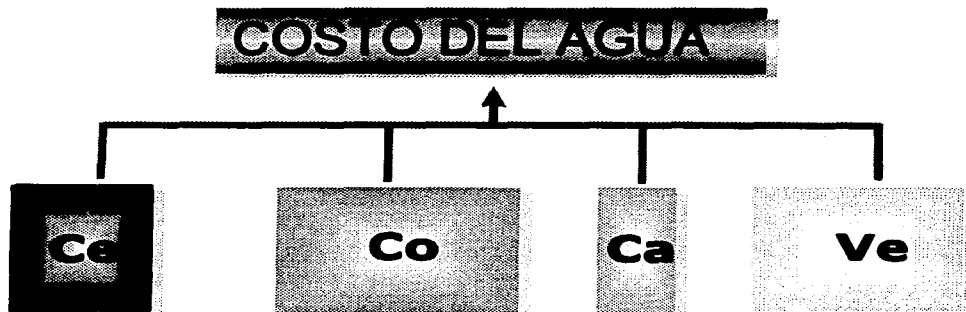
- *Costo de operación y mantenimiento*
- *Costo de amortización y depreciación del equipo de bombeo*

(Co) *Costo de oportunidad*

(Ca) *Costo de agotamiento*

(Ve) *Valor de escasez*

Figura 22



Todos estos costos fueron estimados en las mismas unidades de medida, es decir en metro cúbico y pesos, debido a que de este modo se homogeneiza el manejo. A continuación se expone el significado de cada uno de los conceptos considerados en el *costo del agua*.

6.1.1 COSTO DE EXTRACCIÓN (Ce)

Se le llama *costo de extracción* (Ce) a la suma tomada sobre los recursos utilizados en la extracción de un metro cúbico de agua subterránea. Para este aspecto se estimó el *costo de operación y mantenimiento* y el *costo de amortización y depreciación* del equipo de bombeo.

El *costo de operación y mantenimiento* incluye el costo de la energía eléctrica consumida en la extracción y del mantenimiento anual del motor y equipo eléctrico.

El costo de energía eléctrica se estimó, en términos monetarios, de acuerdo a la cantidad de energía (kilowatts) que se necesita para extraer un metro cúbico de agua a las profundidades que actualmente existen en el Valle de León.

Para la estimación de éste costo se utilizó el promedio de la tarifa eléctrica por kilowatt hora (kWh) en los países de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico de la Comunidad Europea (OCDE) que es de \$ 0.06 dólares (\$0.48), de acuerdo a estudios financiados por el Banco Mundial (IBRD, 1996). Se considerará este promedio por ser el que refleja mejor el costo de la generación de energía eléctrica, ya que en estos países las tarifas de la energía se asemejan mas a sus costos de generación (BIRF, 1993).

En México la tarifa 09 de energía eléctrica para el bombeo de agua subterránea en la agricultura (publicada en el Diario Oficial de la Federación del 18 de diciembre 1995) es tres veces menor que el promedio en los países de la OCDE, siendo ésta, para 1996, de \$ 0.15 a \$0.22 (media tensión), por lo que se consideró que no representa realmente el costo de la energía.

En la estimación del costo de energía eléctrica, se aplicó el siguiente procedimiento (CNA, 1993) :

Para la obtención de los caballos de fuerza (H.P.), se empleó la siguiente ecuación:

$$H.P.= \frac{Q \times H}{77(0.60)}$$

Donde:

- Q Gasto (Ips)
- H Carga dinámica (metros)
- 77 Factor constante
- 0.60 Eficiencia conjunta del motor y bomba

Para la estimación del gasto se consideró el volumen que extrae un pozo anualmente, el diámetro de descarga y las horas de bombeo.

Para estimar las Horas Anuales:

$$\text{hrs-año} = \frac{(V / Q)}{t}$$

Donde:

- V Volumen anual extraído (metros cúbicos), convertir a litros (l)
- Q gasto (litros por segundo)
- t: 3600 segundos

1. Para obtener Kilowatts hora (kWh) :

$$\text{kWh} = \text{H.P.} \times 0.75$$

Donde:

- H.P. Caballos de fuerza
- 0.75. Factor constante

2. Horas en operación al mes (hrs - mes) :

$$\text{hrs-mens} = \frac{\text{hrs-año}}{12}$$

3. Kilowatts hora anuales (kWh-año) :

$$\text{kWh año} = \text{kWh} \times \text{hrs-año}$$

4. Kilowatts mensuales (kWh mes) :

$$\text{kWh mes.} = \frac{\text{kWh-año}}{12}$$

5. Tarifa de energía eléctrica :

La tarifa 09 de energía eléctrica para uso agrícola es de \$0.15132 y se incluye en este análisis, sólo para su comparación con la tarifa promedio de los países de la OCDE.

6. Tarifa promedio de los países de la OCDE:

La tarifa promedio que se incluye en esta estimación corresponde a los países de la OCDE y es de \$ 0.06 dólares, es decir \$ 0.48 en nuestro país, al tipo de cambio de \$8.00 por dólar.

7. Costo mensual de energía eléctrica (Cee - mes):

$$\text{Cee - mes} = \text{Costo del kWh} \times \text{hrs - mes}$$

8. Costo de energía eléctrica por hora de bombeo (Cee - hr):

$$\text{Cee - hr} = \frac{\text{Cee - mes}}{\text{hrs - mes}}$$

9. Costo de mantenimiento (Cm):

El costo de mantenimiento por hr de bombeo es de \$0.60 según estudios de la CNA.

10. Costo anual de mantenimiento (Cm - año):

$$\text{Cm - año} = \text{Cm} \times 1,127$$

11. Costo de mantenimiento por mil metros cúbicos de agua extraídos (Cm 1000m³)

Cm 1000m³= Cm x tiempo en que se extraen 1000 m³ de agua

12. Costo de energía eléctrica por mil metros cúbicos de agua extraídos (Cee 1000m³):

Cee 1000m³= Cee por hr x tiempo en que se extraen 1000 m³ de agua

13. Costo de operación y mantenimiento por metro cúbico de agua extraído (COM m³):

$$\text{COM m}^3 = \frac{\text{Cm 1000m}^3 + \text{Cee 1000m}^3}{1000}$$

Se elaboraron tres cuadros (Cuadros 2, 3 y 4) para estimar el costo de energía eléctrica empleando diferentes potencias de la bomba de acuerdo a la cargas dinámicas que van de 20 a 120 metros, con bombas de 4", 6" y 8" de diámetro de descarga y considerando una eficiencia conjunta de 60% en el motor y la bomba. Se utilizaron estos tres diámetros por ser los que predominan en la zona de estudio.

En el apéndice se ilustra este procedimiento con los datos correspondiente a la primera fila del cuadro 2.

Para determinar el costo de mantenimiento del equipo eléctrico y de bombeo que incluye revisiones al equipo de bombeo, columnas y transmisión automotriz, motor eléctrico, transformador y arrancador, se consideró un costo de \$0.60 por hora de bombeo (CNA, 1994), el primer paso para estimar este costo por metro cúbico es calcular el tiempo en horas que opera el pozo al año, en este caso los tres tipos de pozo (4", 6", 8") trabajan 1,127 horas; se obtiene entonces el costo del mantenimiento anual, después se divide éste entre el volumen que extrae el pozo, también anualmente y el cociente es el costo de mantenimiento por metro cúbico. Para el caso de la perforación no se requiere mantenimiento hasta después de su vida útil que es de 25 años, por lo tanto no se considera en este análisis.

Los resultados de la estimación el *costo de operación y mantenimiento* por metro cúbico de agua fueron en promedio, para el pozo de 4" de diámetro de \$0.164; para el de 6" \$0.163 y para el de 8" \$0.163. Con estos datos, se determina un costo, que se incluye posteriormente en la estimación del *costo del agua*.

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CUADRO 2

EFICIENCIA DEL MOTOR: 60%
 DIAMETRO DE DESCARGA: 4"
 VOLUMEN A EXTRAER: 60,958 m³
 GASTO: 15 L P S
 HORAS ANUALES: 1177

CONDICIONES DE OPERACIÓN	KWS	hrs - mes	kWh - año	kWh- mes	Tarifa de energía eléctrica* (\$)	Tarifa promedio países OCDE** \$	Cee - mes (\$)	Cee - hr (\$)	Cm \$/Hr	Cm - año (\$)	Cm 1000m ³ (\$)	Cee 1000m ³ (\$)	COM m ³ (\$)
	1	2=1177 / 12	3=1x1177	4=312	5	6	7= 4x6	8= 7/2	9	10=9 x1,127	11= 9x18 52	12= 8x18 52	13=11x121/1000
C D 20 MTS MOTOR DE LA BOMBA 6 S H P	4 875	93 92	5,494 13	457 84	0 15132	0 48	219 77	2 34	0 60	676 20	11 11	43 34	0 05445
C D 40 MTS MOTOR DE LA BOMBA 13 H P	9 75	93 92	10,988 25	915 69	0 15132	0 48	439 53	4 68	0 60	676 20	11 11	86 67	0 097786
C D 60 MTS MOTOR DE LA BOMBA 20 H P	15	93 92	16,905 00	1,408 75	0 15132	0 48	676 20	7 20	0 60	676 20	11 11	133 34	0 144456
C D 80 MTS MOTOR DE LA BOMBA 26 H P	19 5	93 92	21,976 50	1,831 38	0 15132	0 48	879 06	9 36	0 60	676 20	11 11	173 35	0 184459
C D 100 MTS MOTOR DE LA BOMBA 33 H P	24 75	93 92	27,893 25	2,324 44	0 15132	0 48	1,115 73	11 88	0 60	676 20	11 11	220 02	0 231130
C D 120 MTS MOTOR DE LA BOMBA 39 H P	29 25	93 92	32,864 75	2,747 06	0 15132	0 48	1,318 59	14 04	0 60	676 20	11 11	260 02	0 271133
												PROMEDIO	0 164

* Tarifa 09

** Tarifa países OCDE, USD 90 06

nota: 18 52 hrs es el tiempo en que se extraen mil metros cúbicos

FUENTE: C.N.A. 1993

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CUADRO 3

EFICIENCIA DEL MOTOR: 80%
 DIAMETRO DE DESCARGA: 6"
 VOLUMEN A EXTRAER: 121,716 m³
 GASTO: 30 L P S
 HORAS ANUALES: 1,127

CONDICIONES DE OPERACIÓN	KWS	hrs - mes	kWh - año	kWh - mes	Tarifa de energía eléctrica* (\$)	Tarifa promedio países OCDE** \$	Cee - mes (\$)	Cee - hr (\$)	Cm \$/Hr.	Cm - año (\$)	Cm 1000m ³ (\$)	Cee 1000m ³ (\$)	COM m ³ (\$)
	1	2=1127/12	3=1x1 127	4=312	5	6	7= 4x6	8= 7/2	9	10=9x1,127	11= 9x9 26	12= 8 x9 26	13=11x12/1000
C/D 20 MTS MOTOR DE LA BOMBA 13 H P	9.75	93.92	10,988.25	915.69	0.15132	0.48	439.53	4.68	0.60	676.20	11.11	43.34	0.0544
C/D 40 MTS MOTOR DE LA BOMBA 26 H P	19.5	93.92	21,976.50	1,831.38	0.15132	0.48	879.06	9.36	0.60	676.20	11.11	86.67	0.0978
C/D 60 MTS MOTOR DE LA BOMBA 39 H P	29.25	93.92	32,964.75	2,747.06	0.15132	0.48	1,318.59	14.04	0.60	676.20	11.11	130.01	0.1411
C/D 80 MTS MOTOR DE LA BOMBA 52 H P	39	93.92	43,953.00	3,662.75	0.15132	0.48	1,758.12	18.72	0.60	676.20	11.11	173.35	0.1845
C/D 100 MTS MOTOR DE LA BOMBA 65 H P	48.75	93.92	54,941.25	4,578.44	0.15132	0.48	2,197.65	23.40	0.60	676.20	11.11	216.68	0.2278
C/D 120 MTS MOTOR DE LA BOMBA 78 H P	58.5	93.92	65,929.50	5,494.13	0.18091	0.48	2,637.18	28.08	0.60	676.20	11.11	260.02	0.2711
												PROMEDIO	0.163

* Tarifa 09

** Tarifa países OCDE, USO 90 06

nota: 9 26 hrs es el tiempo en que se extraen mil metros cúbicos

FUENTE: CNA 1993

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CUADRO 4

EFICIENCIA DEL MOTOR : 60%
 DIAMETRO DE DESCARGA : 8"
 VOLUMEN A EXTRAER: 202,850 m³
 GASTO : 50 L.P.S.
 HORAS ANUALES : 1,127

CONDICIONES DE OPERACIÓN	KWS	hrs - mes	kWh - año	kWh - mes	Tarifa de energía eléctrica* (\$)	Tarifa promedio países OCDE** (\$)	Cee - mes (\$)	Cee - hr (\$)	Cm \$/Hr.	Cm - año (\$)	Cm 1000m ³ (\$)	Cee 1000m ³ (\$)	COM m ³ (\$)
	1	2=1127 / 12	3=1x1 127	4=3/12	5	6	7= 4x6	8= 7/2	9	10=9 x1,127	11=9x5 55	12= 8x5 55	13=11+12/1000
C.D 20 MTS MOTOR DE LA BOMBA 22 H.P.	16.5	93.92	18,595.50	1,549.63	0.15132	0.48	743.82	7.92	0.60	676.20	11.11	43.96	0.0551
C.D 40 MTS MOTOR DE LA BOMBA 44 H.P.	33	93.92	37,191.00	3,099.25	0.15132	0.48	1,487.64	15.84	0.60	676.20	11.11	87.91	0.0990
C.D 60 MTS MOTOR DE LA BOMBA 65 H.P.	48.75	93.92	54,941.25	4,578.44	0.15132	0.48	2,197.65	23.40	0.60	676.20	11.11	129.87	0.1410
C.D 80 MTS MOTOR DE LA BOMBA 87 H.P.	65.25	93.92	73,536.75	6,128.06	0.18091	0.48	2,941.47	31.32	0.60	676.20	11.11	173.83	0.1849
C.D 100 MTS MOTOR DE LA BOMBA 108 H.P.	81	93.92	91,287.00	7,607.25	0.18091	0.48	3,651.48	38.88	0.60	676.20	11.11	215.78	0.2269
C.D 120 MTS MOTOR DE LA BOMBA 126 H.P.	97.5	93.92	109,882.50	9,156.88	0.18091	0.48	4,365.30	46.80	0.60	676.20	11.11	259.74	0.2709
												PROMEDIO	0.163

* Tarifa 09

** Tarifa promedio mundial USD \$0.06

nota: 5.55 hrs es el tiempo en que se extraen mil metros cubicos

FUENTE: C.I.A. 1993

El *costo de amortización y depreciación* del equipo se estimó tomando en cuenta el valor del equipo de bombeo sin considerar la operación, es decir sin incluir el costo de la energía eléctrica consumida por el pozo, ya que se está estimando como un concepto aparte.

Conocemos el término amortización *como el cargo anual que se hace a los costos de producción, para recuperar una inversión* (Riggs, 1997). En este caso el costo de amortización del equipo de bombeo se adiciona a los costos de extracción de agua. En cuanto al término depreciación, también es *un cargo anual que se aplica sobre el activo fijo*, (Riggs, *op. cit*) en este caso sobre el equipo de bombeo, ya que con el uso y el tiempo este tipo de bienes pierde valor, es decir se deprecia.

La finalidad de estimar el *costo de amortización y depreciación* es la de identificar el cargo anual sobre los costos de extracción que está pagando la sociedad para tener disponible un metro cúbico de agua. La inversión total y el desembolso de dinero ya se realizó en el momento de la construcción y equipamiento del pozo, y hacer un cargo por el concepto de amortización y depreciación del equipo implica que en no se está desembolsando directamente éste dinero; luego entonces, se está recuperando vía pago de impuestos.

Para determinar el valor del equipo de bombeo, el primer paso fue identificar los costos que influyen directamente en la extracción de agua, es decir los de infraestructura para el bombeo como son: los costos de perforación, de la bomba y del equipo eléctrico.

El costo de perforación, para los tres tipos de pozo (4", 6" y 8" de diámetro de descarga) que se manejan en este estudio, se obtuvo a través de una cotización realizada por la Cía. Mecánica Hidráulica de Precisión, S.A. de C.V. para 1996 (Cuadro 5), a la que se le proporcionaron los datos necesarios de localización, profundidad, diámetro de perforación y tipo de material para su construcción. Del mismo modo los costos de la bomba y el equipo eléctrico fueron cotizados por la Cía. Construcción y Rehabilitación Eléctrica S.A. de C.V. para 1996 (Cuadro 6).

Una vez conocido el valor del pozo perforado y equipado, el siguiente paso fue estimar el *costo de amortización y depreciación* de este equipo.

COSTO DE PERFORACIÓN

Cuadro 5

CONCEPTO	Para de 10" de diámetro de perforación	Para de 12" de diámetro de perforación	Para de 16" de diámetro de perforación
	Profundidad 200 metros Material 50% clase I 50% clase II Diámetro 6" de diámetro Barro 6" de diámetro Clase 30 l/s Volumen anual a extraer: 80 896 m ³	Profundidad 200 metros Material 50% clase I 50% clase II Diámetro 8" de diámetro Barro 8" de diámetro Clase 30 l/s Volumen anual a extraer: 121 718 m ³	Profundidad 200 metros Material 50% clase I 50% clase II Diámetro 10" de diámetro Barro 10" de diámetro Clase 30 l/s Volumen anual a extraer: 202 860 m ³
Desarrollo, traslado, instalación y mantenimiento de equipos de perforación y accesorios de máquina de perforación	7,000.00	7,000.00	7,000.00
Perforación exploratoria de poco en material clase I de 0 a 100 metros de profundidad	21,000.00	31,500.00	47,250.00
Perforación exploratoria de poco en material clase II de 100 a 200 metros de profundidad	29,067.00	43,600.00	65,400.00
Ampliación del diámetro de perforación en material clase I de 0 a 100 metros de profundidad	16,800.00	25,200.00	37,800.00
Ampliación del diámetro de perforación en material clase II de 100 a 200 metros de profundidad	21,467.00	32,200.00	48,300.00
Suministro y preparación de todo material	12,700.00	19,050.00	28,575.00
Alcance y extracción de agua	4,200.00	5,300.00	9,450.00
Instalación de registro eléctrico incluyendo gráficos y reporte	4,500.00	4,500.00	4,500.00
Suministro de tubería de acero galvanizado tipo estándar de 12" x 1/4" de espesor	31,933.00	47,900.00	71,850.00
Suministro de tubería de acero liso de 12" x 1/4" de espesor	24,333.00	36,500.00	54,750.00
Colocación de tubería de acero con cable y cable al arco eléctrico	10,067.00	15,100.00	22,650.00
Suministro de tubería de acero liso de 16" x 1/4" de espesor	6,200.00	9,300.00	13,950.00
Formación de suelo artificial permitiendo el escape anual hasta los 20 metros	1,933.00	2,900.00	4,350.00
Suministro y instalación de filtro de arena de río lavado y cribado de 1/4" a 1/2"	3,920.00	5,880.00	8,820.00
Tramo de registro de vitelografía en hasta la profundidad del poco	1,450.00	1,450.00	1,450.00
Mera o prueba de bomba, bombeando durante 72 horas	15,000.00	15,000.00	15,000.00
SUBTOTAL	211,570.00	303,380.00	441,095.00
- 15% IVA	31,735.50	45,507.00	66,164.25
TOTAL	243,305.50	348,887.00	507,259.25

COSTO DEL POZO EQUIPADO

Cuadro 6

CONCEPTO	Pozo de 10" de diámetro de perforación Profundidad: 200 metros Material: 50% clase I, 50% clase II Ademe: 6" de diámetro Bomba: 4" de diámetro Gasto: 15 l.p.s. Volumen anual a extraer: 60 858m ³	Pozo de 12" de diámetro de perforación Profundidad: 200 metros Material: 50% clase I, 50% clase II Ademe: 8" de diámetro Bomba: 6" de diámetro Gasto: 30 l.p.s. Volumen anual a extraer: 121,716 m ³	Pozo de 14" de diámetro de perforación Profundidad: 200 metros Material: 50% clase I, 50% clase II Ademe: 10" de diámetro Bomba: 8" de diámetro Gasto: 50 l.p.s. Volumen anual a extraer: 202,860m ³
Bomba completa	89,189.40	166,800.00	198,886.00
Equipo eléctrico	47,771.00	110,560.00	124,000.00
TOTAL	136,960.40	277,360.00	322,886.00

FUENTE: Ca. Construcción y Rehabilitación Eléctricas S.A. de C.V.

Para estimar la amortización de la inversión debe determinarse la vida útil de los diferentes componentes, en este caso se calculó la inversión total durante 25 años de vida útil de la perforación, sin que tenga que realizarse ninguna rehabilitación ni profundización, pero reemplazando la bomba y el equipo eléctrico. Con este valor se calculó un costo anual de amortización; aparte para obtener el monto de las anualidades se requiere conocer la tasa de interés bancaria que en nuestro estudio fue de 23.1% (1996). Además de considerar un período de tiempo de 25 años para amortizar la inversión (Apéndice).

Para calcular la anualidad, se utilizó la siguiente fórmula:

$$A = C \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde:

- A Anualidad, en pesos
- C Capital por amortizar, en pesos
- i tasa de interés, decimal
- n periodo de amortización, en años

La depreciación del pozo, equipo de bombeo y equipo eléctrico puede calcularse por varios procedimientos; en este estudio se utilizó el método de *Línea Recta*, que consiste en dividir el valor del bien entre el número de años de vida útil y ese resultado es el valor anual de la depreciación. Es común que en algunos casos de depreciación se asigne un valor residual para alguno de los componentes; sin embargo, no es fácil vender chatarra y menos si es el ademe de un pozo, por lo tanto en esta depreciación no se considera el valor de rescate para ninguno de los componentes del pozo. En el apéndice se muestra un ejemplo de este procedimiento con los datos del pozo de 4" de diámetro de descarga.

La fórmula utilizada para determinar la depreciación del equipo, es la siguiente:

$$Da = \frac{Vc}{n}$$

Donde:

Da Depreciación anual
 Vc Valor del bien
 n número de años de vida útil

Posteriormente, el costo anual de amortización y de depreciación se dividieron entre el volumen anual extraído por el pozo para estimar el costo por metro cúbico de agua extraído, una vez realizada esta división, se suman ambos costos y se obtiene el *costo de amortización y depreciación* por metro cúbico de agua (Cuadros 7, 8 y 9). Para el pozo de 4" de diámetro el resultado fue de \$2.33; para el de 6" de \$2.01 y para el de 8" de \$1.55, como podemos apreciar éste costo es menor en el pozo de mayor diámetro, en el de 8". Finalmente al incluir este costo (como parte *del costo de extracción*) en la suma para estimar el *costo del agua* se consideró el promedio de los tres que es de \$1.96.

COSTO DE AMORTIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Pozo de 4"

Profundidad: 200 mts

Gasto: 15 l p s.

Volumen anual a extraer: 60,858 m³

Cuadro 7

CONCEPTO	Vida útil (años)	Inversión Inicial (\$)	Depreciación anual (\$)	Inversión por m ³ (\$)	Inversión total para 25 años (\$)	Mantenimiento anual (\$)	Porcentaje de depreciación
	1	2	3 = (5 / 25) · 6	4 = 3 / 60,858 m ³	5 = 3 × 25	6	7 = 3/2
Perforación	25	243,305.00	9,732.20	0.160	243,305.00	0.00	4%
Bomba	10	89,189.40	8,242.74	0.147	222,973.50	676.20	9%
Equipo eléctrico	20	47,771.00	1,712.35	0.039	59,713.75	676.20	4%
TOTAL		380,265.40	19,687.29	0.346	525,992.25	1,352.40	

CONCEPTO	Depreciación por m ³ (\$)	Amortización anual (\$)	Amortización anual por m ³ (\$)	Costo de amortización y depreciación por m ³ (\$)
	8	9	10 = 9 / 60,858 m ³	11 = 8 + 10
Perforación	0.160	56,516.58	0.93	1.09
Bomba	0.135	51,784.79	0.85	0.99
Equipo eléctrico	0.028	13,870.73	0.23	0.26
TOTAL	0.323	122,172.11	2.01	2.331

COSTO DE AMORTIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Pozo de 6"

Profundidad: 200 mts.

Gasto: 30 l p.s.

Volumen anual a extraer: 121,716 m³

Cuadro 8

CONCEPTO	Vida útil (años)	Inversión Inicial (\$)	Depreciación anual (\$)	Inversión por m ³ (\$)	Inversión total para 25 años (\$)	Mantenimiento anual (\$)	Porcentaje de depreciación
	1	2	3 = (5 / 25) · 6	4 = 3 / 121,716 m ³	5 = 3 × 25	6	7 = 3/2
Perforación	25	348,887.00	13,955.48	0.115	348,887.00	0.00	4%
Bomba	10	166,800.00	16,003.80	0.137	417,000.00	676.20	10%
Equipo eléctrico	20	110,560.00	4,851.80	0.045	138,200.00	676.20	4%
TOTAL		626,247.00	34,811.08	0.297	904,087.00	1,352.40	

CONCEPTO	Depreciación por m ³ (\$)	Amortización anual (\$)	Amortización anual por m ³ (\$)	Costo de amortización y depreciación por m ³ (\$)
	8	9	10 = 9 / 121,716 m ³	11 = 8 + 10
Perforación	0.115	81,041.91	0.67	0.78
Bomba	0.131	96,863.67	0.80	0.93
Equipo eléctrico	0.040	32,102.06	0.26	0.30
TOTAL	0.286	210,007.64	1.73	2.011

COSTO DE AMORTIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Pozo de 8"

Profundidad: 200 mts.

Gasto 50 l.p.s.

Volumen anual a extraer: 202,860 m³

Cuadro 9

CONCEPTO	Vida útil (años)	Inversión Inicial (\$)	Depreciación anual (\$)	Inversión por m ³ (\$)	Inversión total para 25 años (\$)	Mantenimiento anual (\$)	Porcentaje de depreciación
	1	2	3 = (5 / 25) · 6	4 = 3 / 202,860 m ³	5 = 3 × 25	6	7 = 3/2
Perforación	25	507,259.25	20,290.37	0.100	507,259.25	0.00	4%
Bomba	10	198,886.00	19,212.40	0.098	497,215.00	676.20	10%
Equipo eléctrico	20	124,000.00	5,523.80	0.031	155,000.00	676.20	4%
TOTAL		830,145.25	45,026.57	0.229	1,159,474.25	1,352.40	

CONCEPTO	Depreciación por m ³ (\$)	Amortización anual (\$)	Amortización anual por m ³ (\$)	Costo de amortización y depreciación por m ³ (\$)
	8	9	10 = 9 / 202,860 m ³	11 = 8 + 10
Perforación	0.100	117,829.72	0.58	0.68
Bomba	0.095	115,504.94	0.57	0.66
Equipo eléctrico	0.027	36,004.48	0.18	0.20
TOTAL	0.222	269,339.14	1.33	1.550

6.1.2 COSTO DE OPORTUNIDAD (CO)

El *costo de oportunidad* es el valor de un recurso en su mejor uso (Hirshleifer, J., 1988). Cuando hablamos aquí de mejor uso nos referimos al cultivo donde se obtiene un mayor beneficio económico por cada unidad de agua subterránea. En este caso el mayor beneficio económico por cada metro cúbico de agua utilizado en la agricultura de riego, sin considerar el daño ambiental, se obtiene en alfalfa y esto debido a las condiciones de mercado del cultivo.

El Costo de Oportunidad es representado por la productividad marginal del agua en el sistema de cultivos de la región del Valle de León.

Productividad marginal es el incremento en unidades de producción por cada unidad adicional de insumo (Palacios, V. y Exebio, G., 1989). En este sentido es la cantidad en unidades de producción (dinero) que refleja la importancia económica del agua como insumo en un sistema de producción, que en este caso es la agricultura de riego.

Para los usuarios del recurso ésta productividad representa una parte del valor real del agua por unidad de volumen y está en función de, entre otros factores, el volumen de agua disponible.

En este trabajo se utilizó el método propuesto por Palacios (*op. cit.*, pág. 12) para calcular la productividad marginal del agua en la agricultura. Con información de agricultura del Valle de León fue posible establecer una relación entre el volumen aplicado a los cultivos de riego más importantes en la región (alfalfa, papa, hortalizas, trigo, maíz y sorgo) y los beneficios netos que obtienen con ellos los agricultores.

Como el agua es indispensable para la producción agrícola de riego, se supone que sin agua los beneficios serían nulos. Incluso con una cantidad muy pequeña de agua también los beneficios serían nulos; entonces, los beneficios comienzan hasta que se encuentre disponible cierta cantidad de agua capaz de sostener una superficie y un cultivo dados (Palacios, *op. cit.*, pág. 12).

La relación entre volumen y beneficios de los cultivos, se ilustra en el cuadro 10, donde se ordenan de acuerdo al beneficio neto por hectárea de mayor a menor, de manera que el primer cultivo es el que reditúa mayor beneficio económico por cada metro cubico de agua en una hectárea, en esta región es la alfalfa.

CUADRO 10

VOLUMEN Y BENEFICIO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS

CULTIVO	ACUMULADO						
	SUPERFICIE REGADA (hectáreas)	BENEFICIO POR HECTÁREA (\$)	VOLUMEN POR HECTÁREA (m ³)	VOLUMEN TOTAL REQUERIDO (m ³)	BENEFICIO NETO (\$)	VOLUMEN TOTAL REQUERIDO (m ³)	BENEFICIO NETO (\$)
ALFALFA	2,175	283,000	16,742	36,413,850	609,217,500	36,413,850	609,217,500
PAPA	1,171	108,000	16,000	18,736,000	126,468,850	55,149,850	735,685,500
HORALTIZAS	234	94,418	11,000	2,574,000	22,561,800	57,723,850	758,247,300
TRIGO	2,150	11,470	8,903	19,141,000	24,661,000	76,865,300	782,908,300
MAÍZ	3,895	5,801	7,800	30,381,000	22,596,195	107,246,30	805,504,495
SORGO	755	5,133	6,343	4,788,965	3,875,717	112,035,26	809,380,212

Fuente: SARH. Delegación en el Estado. Subdelegación de Agricultura. Programa de Fomento Agrícola.

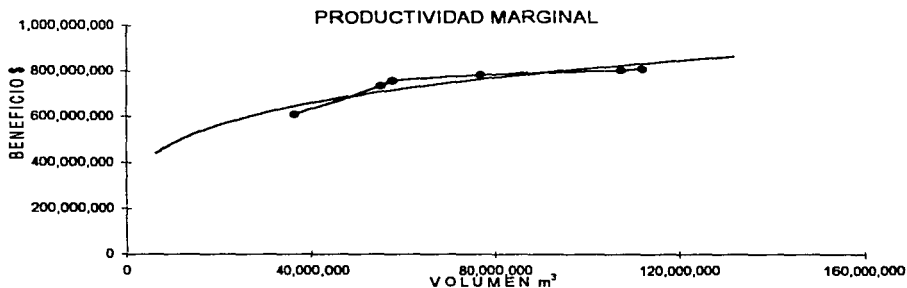
Partiendo de la información incluida en este cuadro se trata de simular un "mercado del agua", donde se parte del supuesto que el costo de todos los insumos (integrados en los costos de producción) refleja un precio "perfecto" del producto, *óptimo económico*, según Palacios (*op. cit.* pág.15), por lo tanto el beneficio neto que se obtiene es atribuible al agua.

Con los datos de beneficio neto de cada cultivo y sus respectivos volúmenes utilizados, se obtiene una función que representa matemáticamente este sistema productivo. La derivada de esta función da como resultado la productividad marginal del agua en la agricultura de riego; es decir, el incremento en beneficio producido por una unidad adicional de agua. Si se pretendiera invertir dinero para mejorar la eficiencia en el uso de agua, esta inversión sería económica si llegara a ser por unidad de volumen como máximo igual al beneficio esperado, o sea a la productividad marginal del agua. Es de este modo que la productividad marginal refleja también el *costo de oportunidad* o precio sombra del recurso (Palacios, *op. cit.* pág. 11).

Al graficar los beneficios netos de cada cultivo contra el volumen de agua que requiere cada uno de ellos, se obtiene la curva de la función que representa la productividad marginal en cada cultivo de acuerdo al volumen de agua que requiere en este sistema (Figura 23). Utilizando los datos obtenidos como productividad marginal se puede trazar otra gráfica determinada por la pendiente de ésta, contra el volumen de agua en el punto en que se considere dicha pendiente. A esta curva se le conoce como la *curva de la demanda* para el sistema de riego (Figura 24) (Palacios, *op. cit.* pág.15).

La función representada en este estudio, presupone que el uso del agua y de otros recursos (energía eléctrica, equipo de bombeo) utilizados en la producción es con una eficiencia óptima, dado que se considera, para determinar el volumen utilizado en la agricultura, el requerimiento de riego para cada cultivo y una eficiencia conjunta de la bomba y equipo eléctrico del 60%. Sin embargo, tomando en cuenta que el nivel tecnológico que predomina en la región dista mucho de acercarse al uso óptimo de los recursos, la curva real tendería a desplazarse hacia abajo (Figura 25), esto significa que también a menor eficiencia, disminuye proporcionalmente la productividad marginal.

Figura 23



$$y = 13\,212\,248.28 x^{0.2235472769}$$

$$B = 13\,212\,248.28 V^{0.2235472769}$$

$$r^2 = 0.8262251483$$

B = Beneficio
V = Volumen
dB = derivada de B
 r^2 = coeficiente
de correlación

$$dB = 0.2235472469 (13\,212\,248.28 V^{-0.776462723})$$

Figura 24

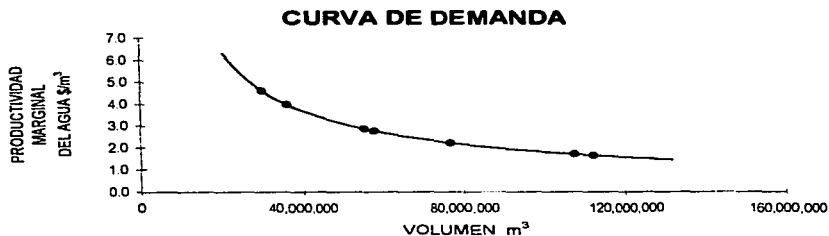
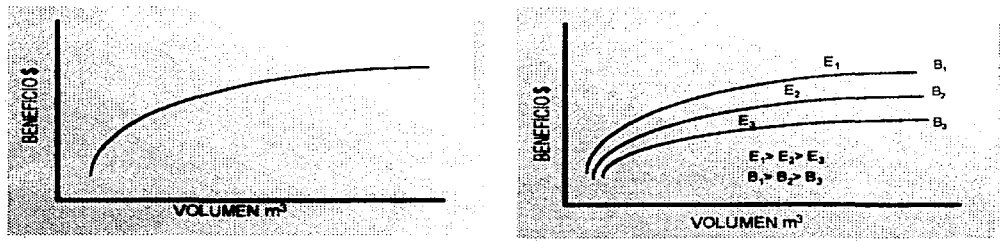


Figura 25

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD MARGINAL



Como se menciona anteriormente la productividad marginal del agua está en función del volumen disponible; si la agricultura en el valle se desarrollara bajo condiciones normales de explotación, es decir si el acuífero no estuviera explotado al grado que lo está, la productividad marginal del agua en el sistema de cultivos sería de \$1.6611, que corresponde al último cultivo (sorgo) en la relación establecida de acuerdo al beneficio neto por hectárea. Pero considerando que el acuífero se encuentra en graves condiciones de explotación y que por lo tanto el volumen de agua disponible es menor al que se extrae para mantener a la actividad agrícola (y todos los usos), la productividad marginal que se incluyó en la estimación del *costo del agua* fue la obtenida tomando como volumen el que se encuentra disponible para la agricultura.

El volumen disponible se estimó partiendo de que, si solo se extrajera un volumen similar a la recarga (96 Mm³), 66 Mm³ están ya destinados al consumo humano, por lo tanto quedan disponibles para uso agrícola (sin considerar otros usos) sólo 30Mm³.

También si se incrementa el agotamiento de agua, el *costo de oportunidad* de esta agua será su productividad marginal, es decir el beneficio sacrificado por una unidad menos de agua utilizada en el proceso productivo. Bajo esta consideración se puede decir que lo que para el agricultor representa un beneficio proporcionado por el volumen extraído es pérdida para el acuífero, puesto que éste cede un volumen superior a su recarga; por lo tanto la productividad marginal representa un costo ambiental que paga la sociedad.

De aquí deducimos que una parte importante del *costo del agua*, por unidad de volumen, para los usuarios agrícolas o en general para la sociedad, puede representarse por este *costo de oportunidad* a través de la productividad marginal, sin embargo de acuerdo al procedimiento matemático utilizado para determinar la productividad marginal (Cuadro 11), a veces resulta nula o negativa (en esta estimación no se presentó) y entonces puede no representar el costo de oportunidad del agua para los usuarios; es posible que en estos casos el costo de extracción sea mas representativo.

Para estimar la productividad marginal del agua (Cuadro 11) fue indispensable recopilar la información referente a la agricultura del Valle de León y específicamente sobre los cultivos mas importantes, su volumen de producción y la superficie que abarcan con riego, esta información contribuyó al conocimiento específico de los requerimientos de agua para la agricultura de la región. Se procesó información de requerimientos de riego, superficie sembrada, costos de producción y valor de la producción de cada cultivo para 1996.

PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL AGUA

Cuadro 11

$$y = 13\ 212\ 248.28 x^{0.2235472769} \quad r^2 = 0.8262251483$$

$$B = 13\ 212\ 248.28 \quad V = 0.2235472769$$

$$dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 \quad V^{-0.776452723})$$

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA PAPA

1 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (112\ 035\ 265)^{-0.776452723})$

HORTALIZAS TRIGO

PMA = $dB = 1.661114957$

MAIZ SORGO

dV

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA PAPA

2 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (107\ 246\ 300)^{-0.776452723})$

HORTALIZAS TRIGO

PMA = $dB = 1.718438096$

MAIZ

dV

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA PAPA

3 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (76\ 865\ 300)^{-0.776452723})$

HORTALIZAS TRIGO

PMA = $dB = 2.225611335$

dV

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA PAPA

4 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (57\ 723\ 850)^{-0.776452723})$

HORTALIZAS

PMA = $dB = 2.77984551$

dV

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA PAPA

5 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (55\ 149\ 850)^{-0.776452723})$

PMA = $dB = 2.880069247$

dV

VOLUMEN
ACUMULADO

ALFALFA

6 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (36\ 413\ 850)^{-0.776452723})$

PMA = $dB = 3.975393007$

dV

VOLUMEN
DISPONIBLE

7 $dB = 0.2235472769 (13\ 212\ 248.28 (30\ 000\ 000)^{-0.776452723})$

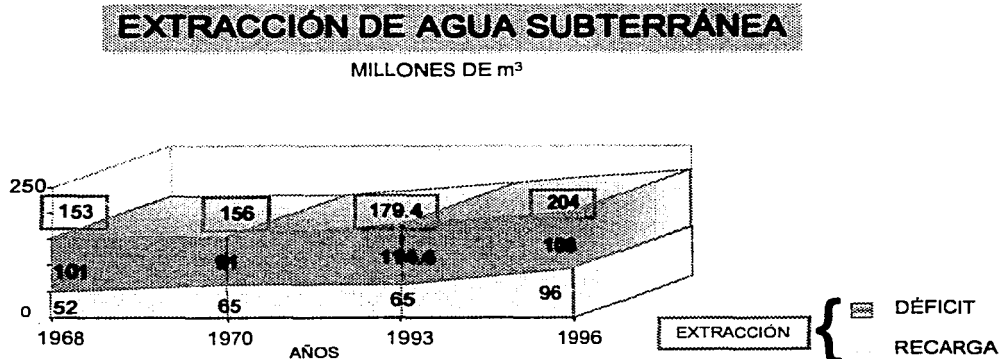
PMA = $dB = 4.620776374$

dV

6.1.3 COSTO DE AGOTAMIENTO (Ca)

Las extracciones de agua subterránea que se llevan a cabo desde hace muchos años (30 años, aproximadamente), representa una excesiva explotación del acuífero, que se ha venido manifestando en un gradual abatimiento de los niveles; en los últimos treinta años el nivel piezométrico ha descendido, aproximadamente, 70 metros en las zonas de mayor concentración de pozos (Ariel Construcciones, 1971). Para 1996 se extrajo un volumen estimado de 204 Mm³, mientras que la recarga tan solo fue de 96 Mm³ provocando una explotación de 108 Mm³ durante ese año (Figura 26) (CNA. 1997 a).

Figura 26



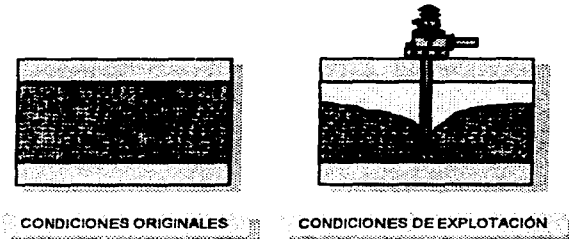
FUENTE:

C.N.A. (1997). INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA GENERAL DE LOS ACUÍFEROS DEL PAÍS. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte Interno.

Esta explotación se manifiesta en el constante descenso del nivel freático, que en éste acuífero es de 1 a 6 m por año; lo que indica que el ritmo al que se está explotando el acuífero no permite recuperar el volumen que se le extrae y menos aun sus condiciones normales de funcionamiento; como esta situación ha ocurrido durante mucho tiempo podemos decir que el acuífero se está agotando.(Figura 27).

El agotamiento del acuífero ha ocasionado durante todo este tiempo diversos problemas, que impactan ambientalmente en el mismo acuífero ya que es prácticamente imposible recuperar sus condiciones originales; económicamente también se han agravado algunos problemas, como el incremento en el consumo de energía eléctrica para el bombeo o el abandono de pozos entre otros.

Figura 27



Por esta razón se considera importante incluir el *costo de agotamiento* (C_a) en la estimación del *costo del agua*. Este costo representa, en términos monetarios las pérdidas en volumen de agua del acuífero, o sea el volumen extraído del almacenamiento del mismo, según los balances hidráulicos registrados en 1968, 1970, 1993 Y 1996.

El C_a ha sido estimado precisamente considerando el incremento en los costos de energía eléctrica y el valor de los pozos abandonados a causa del abatimiento del nivel freático del acuífero Valle de León (GICO, 1996).

Como el valor está dado para el total del déficit, el *costo de agotamiento* por metro cúbico es el cociente de la división del costo total entre el volumen acumulado (Cuadro 12).

Por lo tanto este valor resultante se adiciona a los demás costos considerados para estimar el *costo del agua*.

Cuadro 12

COSTO DE AGOTAMIENTO

AÑO	VOLUMEN EXTRACCIÓN Mm ³	VOLUMEN RECARGA Mm ³	VOLUMEN DÉFICIT Mm ³
1968	153	52	101
1983	156	65	91
1993	179.4	65	114.4
1996	204	96	108
TOTAL	4,570	1,769	2,801
COSTO DE EXPLOTACIÓN (M \$)*			3,084.00
COSTO DE AGOTAMIENTO (\$/ m ³)			1.10

* GICO, 1996

6.1.4 VALOR DE ESCASEZ (Ve)

El *valor de escasez* (Ve) fue estimado con base en la Propuesta de Clasificación de las Zonas de Disponibilidad y Calidad de Agua Subterránea (CNA, 1997 b), para la aplicación de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua en 1998. Esta nueva propuesta refleja la diferencia de disponibilidad de una región a otra, de acuerdo con el criterio técnico propuesto por la CNA y con la tarifa autorizada en la Ley.

De acuerdo con la Ley, la clasificación de zonas de disponibilidad está realizada atendiendo a la disponibilidad, a la calidad y a los usos del agua subterránea.

El criterio técnico propuesto para esta clasificación toma en cuenta cinco factores: la disponibilidad absoluta, la disponibilidad excedente o relativa, los usos, las condiciones locales de explotación y la calidad del recurso hídrico subterráneo. Los tres primeros se consideran indicadores regionales, relativos en su conjunto a la cuenca y al acuífero de que se trate; los dos últimos son indicadores locales, correspondientes al municipio en cuestión (Figura 28).

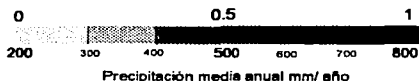
Con excepción de la disponibilidad absoluta, que se puede suponer invariable si la precipitación media se valúa para un intervalo de tiempo suficientemente largo, los demás factores representan condiciones cambiantes en el tiempo, por lo que el criterio propuesto es dinámico, como deben serlo las zonas de disponibilidad.

Se considerará *valor de escasez*, a la diferencia en pesos por metro cúbico de la tarifa que se cobra por derechos de uso del agua en la zona de disponibilidad número dos (\$ 6.3673), que es en la que se encuentra el acuífero del Valle de León y la que se cobra en la zona de disponibilidad número nueve (\$ 0.6252), que es donde existe mayor disponibilidad (Art. 223, apartado A, de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua), el resultado es \$ 5.7421 por metro cúbico.

Figura 28

MÉTODO PARA DEFINIR LA ZONA DE DISPONIBILIDAD EN MATERIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

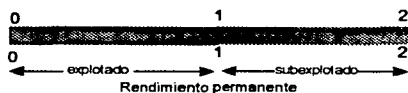
Municipio y Estado: LEÓN, GUANAJUATO



$I_1 =$ Índice de disponibilidad absoluta

$P = 621.1 \text{ mm/año}$

0.70



$I_2 =$ Índice de disponibilidad excedente

$I_2 = R / E$

$R = 96 \text{ Mm}^3/\text{año}$

$E = 204 \text{ Mm}^3/\text{año}$

0.47



$I_3 =$ Índice de explotación municipal

$a = 3 \text{ metros/año}$

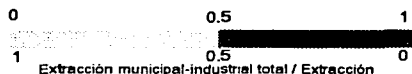
0.00



$I_4 =$ Índice de calidad del agua

$v = 0$

0.00



$I_5 =$ Índice de uso del agua

$I_5 = E_{mi} / E_t$

$E_{mi} = 60 \text{ Mm}^3$

$E_t =$

0.61

Zona de Disponibilidad = $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$

=

2

(Redondeado al número entero más próximo)

FUENTE:

C.N.A. (1997). INFORMACIÓN GEODROLÓGICA GENERAL DE LOS ACUÍFEROS DEL PAÍS. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte interno.

Finalmente se suman los costos estimados anteriormente, es decir el *costo de extracción* (Ce), *costo de oportunidad* (Co), *costo de agotamiento* y el *valor de escasez* (Ve). El resultado se presenta en la siguiente figura:

Figura 29



6.2 EL *COSTO SOCIAL DE LA EXPLOTACIÓN* EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

Denominaremos el *costo social* como el daño o perjuicio económico y ambiental que una actividad le causa a terceros; el valor de este daño es dejado de pagar de manera directa por un sector de la sociedad dentro de sus actividades productivas, pero va incluido en los costos de producción a través de subsidios y se refleja en el agotamiento del recurso (Economía Informa, No. 253, 1996).

Para determinar el *costo del agua* subterránea en el Valle de León, es necesario realizar la valoración tanto de los *costos económicos* en los que se incurre para la extracción, como de los *costos ambientales* valorados en términos monetarios.

En este caso tomamos como *costos económicos*, los costos directamente involucrados en la extracción del recurso hídrico, como son: *el costo de operación y mantenimiento* y *el costo de amortización y depreciación* del equipo, que juntos forman el *costo de extracción* (C_e). Es un costo que se paga en un periodo de tiempo corto, ya que el agricultor paga parte de la energía eléctrica consumida en el mismo ciclo agrícola (la otra parte la paga la sociedad vía impuestos como subsidio a la tarifa eléctrica). En el caso del *costo de amortización y depreciación* del equipo de bombeo sucede algo similar, existe una gran variedad de apoyos (subsidios) para ello e incluso para el mantenimiento.

Como *costos ambientales* se consideran: el *costo de oportunidad* del agua (C_o), el *costo de agotamiento* (C_a) y el *valor de escasez* (V_e). Éstos costos son estimaciones monetarias que expresan la escasez o agotamiento de los recursos naturales como consecuencia de su utilización en el proceso productivo.

Con la estimación del *costo del agua* es posible conocer el *costo social de la explotación* (C_X) originada por la actividad agrícola; conociendo éste costo e internalizándolo a la contabilidad de la actividad agrícola de 1996, podremos comparar los verdaderos costos y beneficios y, por ende, estimar el impacto económico de la explotación en esta actividad.

Durante 1996 la extracción estimada para uso agrícola fue de 124 Mm³, es decir que aproximadamente el 61% del agua extraída del acuífero se emplea para agricultura, en tanto que la extracción para uso público - urbano representa el 32% (66 Mm³). Al ser la recarga de 96 Mm³, se puede interpretar que la reserva para el abastecimiento de la ciudad está siendo utilizada para agricultura.

Para esta estimación se aplica el término disponible al volumen de agua que corresponde a la recarga en un balance anual, es decir al volumen que ingresa anualmente al acuífero y almacenamiento al volumen de agua que existe en el acuífero originalmente y que permanece en él cuando la recarga es del mismo orden que la extracción.

De los 96 Mm³ estimados como recarga del acuífero, 66 Mm³ están comprometidos para consumo humano (al ser este uso prioritario según el Artículo 75 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales) y quedan disponibles para agricultura (descartando otros usos) solo 30 Mm³. De acuerdo al volumen de 124 Mm³ que se extrae para uso agrícola podemos decir que para cubrir este volumen se están extrayendo del almacenamiento 94 Mm³ anualmente.

Se integró la información existente sobre el volumen requerido para regar los cultivos principales, que es de 112' 035, 265 m³. Posteriormente, de acuerdo al porcentaje del volumen total que representa el consumo de cada cultivo fue posible estimar que parte de sus requerimiento es volumen realmente disponible y cuál proviene del almacenamiento (Cuadro 13.).

Para estimar el *costo social de la explotación* (CX) se multiplicó el volumen estimado como extraído del almacenamiento (94 Mm³) y que en un balance anual no regresa al acuífero, por el *costo del agua*. Posteriormente, se comparó este CX contra los beneficios netos generados por la actividad agrícola; es entonces donde, en términos monetarios, podemos decir que los costos son mayores que los beneficios generados por la explotación del recurso hídrico subterráneo.

Cabe aclarar que el *costo del agua* estimado en este estudio debe considerarse como el límite inferior cuantificable, de valor del agua, ya que realmente el valor ambiental de un recurso natural es mas elevado si le agregamos el valor de todos los servicios ambientales (vida, paisaje, clima, etc.) que éste proporciona.

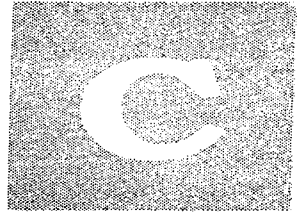
Analizando todos los costos que influyen directamente en el proceso productivo, ya sea a corto o mediano plazo, podemos identificar que existen

considerables pérdidas económicas en la actividad, de donde podemos deducir que bajo las condiciones de disponibilidad del acuífero y del aprovechamiento que se hace del recurso, la actividad en la región no es rentable, en términos del daño que se le está haciendo al acuífero y a la sociedad en general, ya que el precio que se paga por el agua y las ganancias que ésta genera son inferiores a los gastos que realmente se hacen para sostener al sector agrícola trabajando.

Las percepciones monetarias de los agricultores de la región son a costa de los impuestos que paga la sociedad; la actividad agrícola bajo éstas condiciones del acuífero está contribuyendo al agotamiento del mismo; este es un costo que pagarán las generaciones futuras al incrementarse aún mas los costos para abastecerse de agua y asegurar la calidad del recurso.

COSTO SOCIAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

CULTIVOS		TOTAL	ALFALFA	PAPA	HORTALIZAS	TRIGO	MAIZ	SORGO
CONCEPTO	UNIDAD							
VOLUMEN REQUERIDO	m ³	112,035,265	36,413,850	18,736,000	2,574,000	19,141,450	30,381,000	4,788,965
PROPORCIÓN DEL VOLUMEN TOTAL REQUERIDO	%	100	32.50	16.72	2.30	17.09	27.12	4.27
VOLUMEN DISPONIBLE	m ³	30,000,000	8,862,000	4,560,000	627,000	4,659,000	10,128,000	1,167,000
VOLUMEN EXPLOTADO	m ³	94,000,000	27,767,600	14,288,000	1,964,600	14,598,200	31,734,400	3,656,600
COSTO DEL AGUA	\$/m ³	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59
COSTO DEL VOLUMEN EXPLOTADO	\$	1,277,470,215.92	377,364,701.78	194,175,472.82	26,699,127.51	198,391,124.53	431,273,944.89	49,693,591.40
BENEFICIO DEL VOLUMEN EXPLOTADO	\$	630,299,422	469,272,440	96,444,000	17,229,542	18,831,678	26,656,896	1,864,866
PRODUCTIVIDAD MEDIA	\$/m ³		16.73	6.75	8.77	1.29	0.74	0.81
BENEFICIO-COSTO			1.24	0.50	0.65	0.09	0.06	0.04
COSTO COMO % DEL BENEFICIO	%		80.41484426	201.3349434	154.9613304	1053.496797	1617.870081	2,664.73
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$	70,416,525	17,182,500	35,130,000	3,510,000	7,525,000	6,076,200	992,825
BENEFICIO TOTAL	\$	809,380,212	609,217,500	126,468,000	22,561,800	24,661,000	22,596,195	3,875,717
BENEFICIO-COSTO			35.46	3.60	6.43	3.28	3.72	3.90



CONCLUSIONES





CONCLUSIONES

El desarrollo sustentable es la base sobre la que se debe fincar cualquier política o proyecto de desarrollo económico; la región del Valle de León, al igual que muchas otras regiones económicamente importantes, ha sido perjudicada en sus recursos naturales por políticas mal planeadas.

El problema del agua subterránea en el Valle de León es uno de los muchos ejemplos sobresalientes de los efectos de estas políticas; el incontrolable crecimiento demográfico, así como el de todas las actividades humanas en la región, ha provocado que con el paso del tiempo la competencia por el agua sea mayor. Aunado a esto, las condiciones físicas que presenta el acuífero no son las adecuadas para satisfacer la demanda de un recurso cada vez más escaso.

Las consecuencias del desequilibrio entre el ambiente y las actividades humanas, se han manifestado directamente en las condiciones económicas y ecológicas de la región. La agricultura ha sido una de las actividades más afectadas por el desequilibrio, pero también es una de las que lo ha propiciado, al ser necesario incrementar las áreas susceptibles de cultivo e intensificar en ellas los volúmenes de producción y lograr de este modo cubrir las necesidades de consumo de una población creciente.

Para lograr el incremento de producción agrícola hubo que disponer de los recursos naturales existentes como lo son tierra y agua, para ello se aumentaron los volúmenes de agua extraídos del subsuelo, siempre respaldadas por una serie de políticas que tratan de solucionar las necesidades presentes sin tomar en cuenta la conservación de los mismos recursos de los cuales dependen.

Actualmente podríamos decir que los aprovechamientos explotados son insuficientes para garantizar el crecimiento de la zona, al ritmo que lo está haciendo y a las condiciones que presenta el acuífero; cuando mucho para satisfacer precariamente la demanda de agua potable de León y poblados vecinos, siempre y cuando se suspendiera el bombeo para uso agrícola.

Analizando la situación actual del agua subterránea y de las condiciones necesarias para el desarrollo de la actividad, resulta más caro, ecológicamente, seguir produciendo ya que se están generando pérdidas ambientales que difícilmente se podrán recuperar. Esto no quiere decir que económicamente se esté perdiendo, puesto que muchos cultivos siguen siendo rentables, sino que su costo social es muy caro y no es posible pagarlo en términos monetarios.

El costo de los errores que se han cometido y que continúan cometiéndose, se puede estimar de cierta forma (en términos monetarios) en relación a la actividad agrícola, al ser ésta una de las que dependen del uso de agua para su proceso productivo, sólo para darle dimensión a un costo que nadie paga, pero que en un futuro no muy lejano se tendrá que pagar no solo con grandes cantidades de dinero, sino con la carga de muchos problemas irreparables ocasionados por la falta de planeación en el uso racional de este recurso.

Con la realización de este trabajo fue posible estimar el *costo del agua* a partir de la actividad agrícola y también en cierta forma el impacto económico que el problema de explotación del acuífero ha provocado en ésta actividad. Al mismo tiempo, con las cifras obtenidas, fue posible conocer el *costo social de la explotación* del agua subterránea por lo menos a la presente generación y la herencia de esta explotación a las futuras generaciones.

El propósito de estimar éste costo es para, en primer lugar, considerar que el desarrollo no es sólo la generación de ganancias económicas para la región, o el incremento de la población, sino el tomar en cuenta que este tipo de desarrollo crea más problemas a largo plazo, de los que soluciona y viéndolo con números genera más pérdidas que ganancias.

Esto no quiere decir que todo lo hecho está mal, sino que no se han considerado las condiciones naturales para hacer efectivo el desarrollo en la región.

La finalidad de asignarle un *costo al agua* (considerando los aspectos económicos y ambientales), es que al incluirlo en un análisis de costo-beneficio los resultados obtenidos sean lo más cercano a la realidad y de este modo dar un primer paso en la toma de decisiones en futuros planes de desarrollo. Contando ya con un indicador ambiental y social en términos monetarios será más fácil comparar alternativas para el manejo adecuado del recurso hídrico de acuerdo a proyectos de desarrollo económico regional, que no se contrapongan al ambiente.

Debe quedar claro que ésta es una estimación monetaria que sólo toma en cuenta la actividad agrícola, por lo tanto es sólo una de las partes que se deben considerar para estimar el valor del agua, independientemente de los demás problemas ocasionados por el abatimiento del acuífero, como son la desaparición de manantiales, agrietamiento de suelos, estratificación del acuífero, cambio en la calidad del agua, daños en infraestructura urbana, en la red de distribución, etc., que afectan a la agricultura y las demás actividades económicas de la región.



PROPUESTAS

En el Valle de León la degradación del ambiente y específicamente el agotamiento del agua subterránea, no se contempla dentro de los costos de producción, por lo que es explicable la práctica generalizada de la agricultura comercial. Aunque sea claro que éste tipo de agricultura no podrá practicarse durante períodos largos de tiempo, prevalece la lógica de los beneficios económicos a corto plazo. La situación es especialmente difícil de superar cuando se privilegia el desarrollo económico en detrimento de las políticas de desarrollo social de la región. Por otra parte, es claro que si una sociedad degrada sistemáticamente los recursos sobre los cuales sustenta la producción agrícola, está comprometiendo la continuidad de su funcionamiento a través de períodos largos de tiempo. Esta situación es ampliamente reconocida en todos los sectores del país; sin embargo, la realidad mexicana aún no logra establecer un balance entre las políticas de conservación de recursos y de desarrollo económico.

A continuación se plantea que las siguientes propuestas podrían promover ese balance:

El primer paso para la estabilización del acuífero es reglamentar la extracción y utilización del agua subterránea y superficial en la región, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 38° de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

De éste modo se plantean las bases para el desarrollo de cualquier otra propuesta, que tenga como finalidad promover el desarrollo sustentable en la zona de estudio.

Posteriormente, considerando la reactivación del sector agrícola en el Valle de León como estrategia para rescatar la autosuficiencia y la seguridad alimentaria, es necesario realizar acciones enfocadas a éste sector.

El primer mecanismo que puede contribuir a este propósito es el desarrollo de unidades de producción que demuestren eficiencia productiva, energética y económica. Las unidades de producción deben estar en función de la rentabilidad (económica y ambiental) de los cultivos y de la capacidad productiva de la misma; cuidando que el número de socios sea el adecuado para mantener la viabilidad económica.

Estas unidades de producción estarán integradas por un número pequeño de agricultores con sus parcelas y personas que dispongan de capital; los empresarios industriales dedicados a la elaboración de alimentos concentrados para ganado y los comerciantes mayoristas de granos y hortalizas que se cultivan en León son los indicados para invertir en esta actividad, tomando en cuenta que de la agricultura depende directamente el funcionamiento y la permanencia de sus actividades.

Para desarrollar una agricultura sustentable el primer paso es invertir en equipos de riego y en cultivos rentables de acuerdo a la vocación del suelo, para aprovechar al máximo el recurso escaso que es el agua, aunque la inversión más fuerte, que es en tecnología para ahorrar agua no se recupere inmediatamente, la ventaja será entonces el ahorro de energía eléctrica y del escaso recurso hídrico.

Considerando las condiciones del Valle de León, el sistema de riego adecuado a la zona es el presurizado (goteo y aspersión), ya que con este sistema se ahorra desde el 30% hasta el 80% (con el riego por goteo) del volumen que se extrae y que actualmente se desperdicia en la conducción por canales en el riego de gravedad o "agua rodada", además existen otros métodos dependiendo del tipo de cultivo que se desarrolle. En el caso de la papa, alfalfa y trigo, la introducción de sistemas de riego adecuados a cada uno es válida ya que son muy rentables y permiten la introducción de tecnología costosa (costosa en el sentido de que se depende de otros países para poseer esta tecnología).

En cuanto al ahorro de energía eléctrica para la operación de sistemas de bombeo es indispensable una adecuada capacitación y asistencia técnica a los usuarios a fin de evitar deficiencias de mantenimiento y operación para garantizar un

El presente proyecto tiene como objetivo principal el estudio de las posibilidades de un

uso adecuado de los recursos, agua y energía eléctrica. Esta capacitación debe estar a cargo de dependencias especializadas en el ramo, como la CNA y CFE (Comisión Federal de Electricidad).

Además, debe fomentarse la rehabilitación de pozos para disminuir la proliferación de los mismos, ya que durante muchos años se realizaron sólo desazolves, cepillados y profundizaciones ineficientes que no recuperaban la productividad hidráulica del pozo, dejando como única alternativa la perforación de otro pozo cercano al ya existente con un mínimo costo para el agricultor, debido a que los créditos refaccionarios de la banca no eran tan caros, pero hoy deben aplicarse soluciones económicas y el uso de la tecnología, para continuar operando los pozos con niveles de productividad aceptables.

En el caso de cultivos irrigados con aguas tratadas donde no es posible la introducción de un sistema tecnificado de riego, es necesario seleccionar el método de riego por gravedad que permita ahorrar agua, dependiendo del cultivo puede ser a través de melgas o surcos, previa nivelación del terreno y utilizando sifones para la aplicación del agua. En este caso el riego debe estar determinado por las características fenológicas de la planta y de las condiciones climáticas. Una herramienta muy sencilla para determinar el momento de riego es el evaporímetro rústico, que se utiliza en otras regiones del estado y que es un bote sujeto a un pequeño poste, el cual se llena de agua y cuando el nivel desciende a una determinada altura indica la aplicación del riego.

Otra alternativa es el intercambio de cultivos que actualmente se riegan con agua limpia a riego con aguas tratadas. Para lo cual es necesario ordenarlos de acuerdo a la disponibilidad de agua en la región, sobre todo tratando de aprovecharlas en cultivos que no son afectados por el uso de las mismas, como son la alfalfa, sorgo, trigo y maíz forrajeros, para esto es necesario diseñar una red de distribución eficiente de aguas residuales que logre abastecer una mayor superficie; a través del revestimiento de canales, o incluso conducirla por tubería hasta las parcelas. Por ejemplo, la alfalfa que se riega con agua limpia de pozo puede cambiarse por otro cultivo que no necesite una lámina de riego tan alta, como la papa u otras hortalizas y cambiarla a riego con agua tratada.

Para que las aguas residuales puedan ser aprovechadas en la agricultura, sin riesgos de contaminación al acuífero por retornos de riego, es indispensable que se

sometan a un tratamiento previo desde la salida de las plantas industriales y del drenaje, además del tratamiento necesario para que puedan ser usadas nuevamente.

Como parte del programa de gobierno del estado, se ha iniciado la construcción de una planta de tratamiento de aguas municipales, la cual será concesionada para su operación a la empresa ECOSYS III. La inversión neta para la construcción de la planta, ascenderá a poco más de 129 millones de pesos. Este tratamiento consta de cinco procesos, un tratamiento preliminar que consiste en pasar el agua a través de rejillas y desarenadores con inyección de aire y flujo rotatorio para separar los sólidos flotantes e inorgánicos; un tratamiento primario donde se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos, mediante el asentamiento en tanques de sedimentación; un tratamiento secundario que se debe hacer cuando aún existen sólidos orgánicos en solución o suspensión; posteriormente se somete a un método de cloración con el propósito de desinfección y de prevenir la descomposición de las aguas residuales y de este modo controlar el olor y proteger las estructuras de la planta tratadora, finalmente se tiene contemplado el espesamiento y secado de lodos para utilizarse como acondicionador de suelos en terrenos agrícolas.

Según estudios de la CNA está previsto que la construcción de ésta planta dará la posibilidad de cambiar al riego con aguas tratadas 3,250 hectáreas, por la cantidad de agua tratada que se liberará (3,000 litros por segundo en la primera etapa y 4,000 litros por segundo posteriormente); esto es 1,250 hectáreas más de las que se riegan actualmente que son alrededor 2,000 hectáreas.

Con el propósito de conferirle mayor relevancia a esos esfuerzos que se expresan localmente, se propone la elaboración de una ley que dé sustentabilidad a la actividad agrícola, considerando como prioridad establecer el balance entre producción y conservación de recursos naturales. Esta estrategia legal permitirá, por una parte, incorporar los costos asociados a la degradación ambiental a los costos de producción, estableciendo valores tolerables para evitarla. Por otra parte, probablemente el objetivo más significativo de esa ley, sería el de establecer normas obligatorias para apoyar el desarrollo de la sustentabilidad agrícola en la región. Esta estrategia podría promover la asignación de financiamiento social para educación, investigación y créditos establecidos especialmente para alentar el desarrollo de proyectos productivos. Una vez que se logre promover la inversión

pública para obtener beneficios sociales, se podrá conferir viabilidad a la práctica de estrategias ambientales que ahora son relegadas

Del mismo modo que se planea el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria, debe hacerse con las aguas desechadas por los fraccionamientos habitacionales para lo cual debe impedirse que se revuelvan con las aguas desechadas por la industria y someterlas a un tratamiento adecuado, para volver a usarla en el riego de áreas verdes o en otras actividades que permitan su uso en la misma zona, incluso en procesos industriales que no necesariamente hagan uso de agua limpia. Aquí la tarea corresponde al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL) quien es el encargado de distribuir agua potable a la población, del mismo modo debe ser quien controle la emisión y tratamiento de las aguas residuales generadas por la población a la cual abastece.

La tarea de las instituciones es vigilar que se cumpla con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; en lo que respecta a la descarga de aguas residuales la CNA es la encargada de cumplir con esta tarea. A la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), le corresponde exigir estudios de impacto ambiental para cualquier nuevo proyecto (industrial, habitacional, público, e incluso agrícola), y auditorías ambientales a las empresas ya existentes en la región, apoyar el establecimiento de plantas tratadoras y vigilar de acuerdo con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en las Normas Oficiales el uso de sustancias tóxicas que se emplean en procesos productivos.

Además, es necesaria la actualización de un censo de aprovechamientos que contenga la información básica de los aprovechamientos (localización geográfica, profundidades, volúmenes de extracción y características de construcción), así como también datos de usuarios, destino de uso del pozo (agrícola, industrial o público), en el caso de ser pozos para uso agrícola determinar los cultivos y superficies irrigadas; de este modo se tendrá un mayor control de los volúmenes extraídos. Esta información debe ser generada por las instituciones regionales encargadas directamente de la administración del recurso hídrico, como la CNA, los Consejos de Cuenca, SAPAL y SAGAR a través de la Unidad de Riego de León.

Llevando las propuestas más allá, se debe pugnar en el Valle de León por toda una cultura del agua iniciando la reconstrucción de los ecosistemas destruidos

y propiciando el restablecimiento del ciclo hidrológico, a través de actividades como la reforestación, usando para su mantenimiento las aguas tratadas y con ello detener la erosión del suelo y propiciar la recarga del acuífero; la construcción de canales y espacios captadores de agua de origen pluvial para evitar que se mezcle en el drenaje con aguas residuales y sea otra fuente de abastecimiento; llevar a cabo programas para la rehabilitación de los arroyos intermitentes que sirven como canales de aguas residuales.

Cualquier alternativa que sea tomada, tendrá un costo elevado de inversión y la recuperación del capital y el medio será a largo plazo. Pero de acuerdo a lo establecido en el programa gubernamental de las Cien Ciudades en su apartado de Aspectos Ambientales, el objetivo es "...conservar en cantidad y calidad los recursos hídricos disponibles", justificando de esta manera, cualquier inversión que se realice en beneficio del recurso y por lo tanto del ambiente y la sociedad.

La colaboración de las instituciones educativas debe sumarse a las obligaciones de los demás sectores de la sociedad, fomentando la conciencia en la población a través de la educación ambiental y la información verdadera de las condiciones de los recursos naturales en la región del Valle de León y principalmente de las condiciones de explotación del acuífero. Aquí es muy importante la participación del gobierno, como ente regulador del sistema educativo y de la difusión de la información.

En la medida en que la sociedad esté informada y conciente de los problemas que le afectan, estará dispuesto a participar y a exigir a sus autoridades el cumplimiento de sus obligaciones.

A

APÉNDICE

APÉNDICE

COSTO DE EXTRACCIÓN (Ce)

Se le llama costo de extracción (Ce) a la suma tomada sobre los recursos utilizados en la extracción de un metro cúbico de agua subterránea. Para este aspecto se estimó el costo de operación y mantenimiento y el costo de amortización y depreciación del equipo de bombeo.

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El costo de operación y mantenimiento incluye el costo de la energía eléctrica consumida en la extracción y del mantenimiento anual del motor y equipo eléctrico.

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La estimación del costo de energía eléctrica para la extracción de un metro cúbico de agua, en un pozo de 4" de diámetro de descarga, se obtuvo con el siguiente procedimiento:

Para la obtención de los caballos de fuerza (H.P.), se empleó la siguiente ecuación:

$$H.P.= \frac{Q \times H}{77(0.60)}$$

Donde:

Q Gasto (litros por segundo)

H Carga dinámica (metros)

77 Factor constante

0.60 Eficiencia conjunta del motor y bomba

Ejemplo:

$$\text{H.P.} = \frac{15 \text{ lps} (20 \text{ m})}{77(0.60)}$$

$$\text{H.P.} = \frac{300}{46.2} = 6.493$$

$$\text{H.P.} = 6.5$$

Para estimar las Horas Anuales:

$$\text{hrs-año} = \frac{(V / Q)}{t}$$

Donde:

V Volumen anual extraído (metros cúbicos), convertidos a litros (l)

Q gasto (litros por segundo lps)

t: 3,600 segundos

Ejemplo:

$$\text{hrs - año} = \frac{(60'858,000 \text{ l} / 15 \text{ lps})}{3,600 \text{ seg.}}$$

$$\text{hrs - año} = 1,127$$

1. Para obtener Kilowatts hora (kWh) :

$$\text{kWh} = \text{H.P.} \times 0.75$$

Donde:

H.P. Caballos de fuerza

0.75 Factor constante

Ejemplo :

$$\text{Kws} = 6.5 \times 0.75$$

$$\text{Kws} = 4.875$$

2. Horas en operación al mes (hrs - mes) :

$$\text{hrs-mes} = \frac{\text{hrs-año}}{12}$$

Ejemplo:

$$\text{hrs -mes} = \frac{1,127}{12}$$

$$\text{hrs -mes} = 93.92$$

3. Kilowatts hora anuales (kWh-año) :

$$\text{kWh año} = \text{kWh} \times \text{hrs-año}$$

Ejemplo:

$$\text{kWh - año} = 4.875 \times 1,127$$

$$\text{kWh - año} = 5,494.13$$

4. Kilowatts mensuales (kWh mes) :

$$\text{kWh mes} = \frac{\text{kWh-año}}{12}$$

Ejemplo:

$$\text{kWh - mes} = \frac{5.494.13}{12}$$

$$\text{kWh - mes} = 457.84$$

5. Tarifa de Energía Eléctrica :

La tarifa 09 de energía eléctrica para uso agrícola, es de \$0.15132 y se incluye en este análisis, solo para su comparación con la tarifa promedio de los países de la OCDE.

6. Tarifa Promedio de los países de la OCDE:

La tarifa promedio que se incluye en esta estimación corresponde a los países de la OCDE y es de USD\$ 0.06 es decir \$ 0.48 en nuestro país, al tipo de cambio de \$8.00 por dólar.

7. Costo mensual de energía eléctrica (Cee - mes):

$$\text{Cee - mes} = \text{Costo del kWh} \times \text{hrs - mes}$$

Ejemplo:

$$\text{Cee - mes} = 0.48 \times 457.84$$

$$\text{Cee - mes} = \$ 219.77$$

8. Costo de energía eléctrica por hora de bombeo (Cee - hr):

$$Cee - hr = \frac{Cee - mes}{hrs - mes}$$

Ejemplo:

$$Cee - hr = \frac{219.77}{93.92}$$

$$Cee - hr = \frac{219.77}{93.92}$$

$$Cee - hr = 2.34$$

9. Costo de mantenimiento (Cm):

El costo de mantenimiento por hora de bombeo es de \$0.60 según estudios de la CNA.

10. Costo anual de mantenimiento (Cm - año):

$$Cm - año = Cm \times 1,127$$

Ejemplo:

$$Cm - año = 0.60 \times 1,127$$

$$Cm - año = \$676.20$$

11. Costo de mantenimiento por mil metros cúbicos extraídos (Cm 1000 m³):

$$Cm \ 1000m^3 = Cm \times \text{tiempo en que se extraen } 1000 \ m^3 \text{ de agua}$$

Ejemplo:

$$Cm \ 1000m^3 = 0.60 \times 18.52$$

$$Cm \ 1000m^3 = \$11.11$$

12. Costo de energía eléctrica por mil metros cúbicos extraídos (Cee 1000m³):

Cee 1000m³ = Cee por hr x tiempo en que se extraen 1000 m³

Ejemplo:

$$\text{Cee } 1000\text{m}^3 = 2.34 \times 18.52 \text{ hrs.}$$

$$\text{Cee } 1000\text{m}^3 = \$43.34$$

13. Costo de operación y mantenimiento por metro cúbico extraído (COM m³):

$$\text{COM } 1000\text{m}^3 = \frac{\text{Cm } 1000\text{m}^3 + \text{Cee } 1000\text{m}^3}{1000}$$

Ejemplo:

$$\text{COM } \text{m}^3 = \frac{11.11 + 43.29}{1000}$$

$$\text{COM } \text{m}^3 = \$0.05445$$

COSTO DE AMORTIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

AMORTIZACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para calcular la anualidad de la amortización, considerando los intereses y el capital, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = C \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde :

- A Anualidad, en pesos
- C Capital por amortizar, en pesos
- i tasa de interés anual, decimal
- n periodo de amortización, en años

Para determinar el costo anual de amortización que considera el pago del capital y los intereses, se calculó la inversión total durante 25 años de vida útil de la perforación, sin que tenga que realizarse ninguna rehabilitación ni profundización, pero reemplazando la bomba y el equipo eléctrico. La tasa de interés bancaria, en 1996 fue de 23.1% y se considera un período de tiempo de 25 años para amortizar la inversión.

La anualidad estimada para el pozo de 4" de diámetro de descarga, utilizando este método se obtuvo de la siguiente forma:

Perforación

$$A = 243\ 305 \left[\frac{0.231 (1 + 0.231)^{25}}{(1 + 0.231)^{25} - 1} \right]$$

$$A = 243\ 305 \left[\frac{0.231 (180.4892429)}{179.4892429} \right]$$

$$A = 243\ 305 [0.2322869852]$$

$$A = \$56,516.58$$

Bomba

$$A = 222\ 934.55 \left[\frac{0.231 (1 + 0.231)^{25}}{(1 + 0.231)^{25} - 1} \right]$$

$$A = 222\ 934.55 \left[\frac{0.231 (180.4892429)}{179.4892429} \right]$$

$$A = 222\ 934.55 [0.2322869852]$$

$$A = \$51,784.79$$

Equipo eléctrico

$$A = 59\ 713.75 \left[\frac{0.231 (1 + 0.231)^{25}}{(1 + 0.231)^{25} - 1} \right]$$

$$A = 59\ 713.75 \left[\frac{0.231 (180.4892429)}{179.4892429} \right]$$

$$A = 59\ 713.75 [0.2322869852]$$

$$A = \$13,870.73$$

DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

La depreciación del equipo de bombeo (perforación, bomba y equipo eléctrico) se realizó con el método de *Línea Recta*, utilizando la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{Vc}{n}$$

Donde:

Da Depreciación anual

Vc Valor del bien

n número de años de vida útil

Pozo de 4" de diámetro de descarga.

Ejemplo:

Perforación

$$Da = \frac{243\,305}{25}$$

$$Da = \$ 9,732.20$$

Bomba

$$Da = \left(\frac{89\,189.40}{10} \right) 620$$

$$Da = \$8,242.94$$

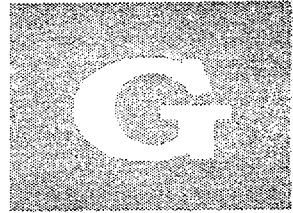
*ESPINOZA MENDEZ ROSALBA
FIGUEROA DE JESUS MARIA MIREYA*

APENDICE

Equipo eléctrico

$$Da = \left(\frac{59,713.5}{25} \right) - 620$$

Da = \$1,712.35



GLOSARIO

GLOSARIO

ACUÍFERO

Formación geológica por la que circula o se almacena agua subterránea que puede ser extraída para su uso o aprovechamiento.

AMORTIZACIÓN

El cargo anual que se hace a los costos de producción, para recuperar una inversión

AMBIENTE

Compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un medio determinado que influye en la vida material y psicológica del hombre.

BIOMASA

Masa total de los seres vivos, animales y vegetales, que vive en un mismo espacio geográfico.

CONSERVACIÓN

Utilizar la biomasa producida y proteger la biomasa productora.

COSTO

Es el resultado de contabilizar todos los recursos utilizados para obtener un bien o servicio. Los costos tienden a expresarse en unidades monetarias.

COSTO AMBIENTAL

Es la estimación monetaria que expresan el desgaste o pérdida de los recursos naturales (equivalente a una depreciación en economía, como consecuencia de su utilización en el proceso productivo).

COSTO SOCIAL

El daño o perjuicio económico y ambiental que una actividad le causa a terceros; el valor de este daño es dejado de pagar de manera directa por un sector de la sociedad dentro de sus actividades productivas, pero va incluido en los costos de producción a través de subsidios y se refleja en el agotamiento del recurso.

COSTO DE OPORTUNIDAD

Es el valor monetario de un recurso en su mejor uso alterno.

DEPRECIACIÓN

Es la reducción de valor que sufre una partida del activo fijo , bien sea maquinaria, edificios, equipos, etc., debido al desgaste ocasionado por el uso natural o extraordinario al que se sujeta.

DESARROLLO SUSTENTABLE

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

ECOSISTEMA

La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

EXTERNALIDAD

Son los costos (externalidades negativas) o beneficios (externalidades positivas) que algunos agentes económicos transfieren a un grupo social sin existir compensación; las externalidades surgen cuando no están bien definidos los derechos de propiedad.

NIVEL FREÁTICO

Límite entre la zona de aireación y la de saturación, término empleado solo para acuíferos libres.

NIVEL PIEZOMÉTRICO

Elevación que alcanza el agua en un pozo al conectar el acuífero con la atmósfera.

IMPACTO AMBIENTAL

Es el cambio neto resultante de una acción o actividad que produce una alteración en el ambiente o en alguno de sus componentes (erosión, deforestación, sobreexplotación, etc.), los cambios se ubican en el bienestar social y en las condiciones óptimas del ecosistema. El impacto ambiental está en función de la vulnerabilidad del ambiente.

PERMEABILIDAD

Aptitud de una roca o suelo para transmitir un fluido, tal como el agua, a un gradiente de potencialidad hidráulica.

PRECIO SOMBRA

Es el valor monetario de un recurso, un producto o un servicio que no posee un precio de mercado, o cuyo precio de mercado no corresponde a su costo real. Una forma de obtenerlo es a través de la productividad marginal del recurso natural en un proceso productivo, considerando todos los costos que origina la utilización del mismo (se da en términos monetarios).

RECURSO NATURAL

Elemento natural susceptible a ser aprovechado en beneficio del hombre

RENDIMIENTO SEGURO

Se define como el máximo volumen de extracción que no produce abatimiento indefinido ni daños irreparables en el acuífero, pérdidas económicas para los usuarios ni cambios en la calidad del agua.

TRANSMISIBILIDAD

Es la cantidad de agua, que pasa por unidad de anchura del acuífero bajo un gradiente hidráulico unitario.

F

FUENTES



FUENTES

- ALATRISTE, S., (1988), Técnicas de costos, Edit. Porrúa, México.
- ARIEL CONSTRUCCIONES, S.A., (1971), Estudio geohidrológico preliminar de los valles de León y Río Turbio, Guanajuato. Tomo I y Anexo 2. CNA.
- ARIEL CONSTRUCCIONES, S.A., (1982), Estudio Geohidrológico del valle de León, en el estado de Guanajuato, Tomo I, Tomo II. Contrato No. GZA-82-67-EG. CNA.
- AZUELA, A., CARABIAS, J., PROVENCIO, E., QUIADRI, G.,(1993), Desarrollo sustentable: hacia una política ambiental, Ed. Coordinación de Humanidades, UNAM. México.
- BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento), (1993), La función del Banco Mundial en el sector de la electricidad. Documento de Política del Banco Mundial. Banco Mundial. Washington D.C.
- BRAÑES, R., (1994), Manual de derecho ambiental mexicano. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.
- CALVA, J. L. y TOLEDO, M.,(1993), Alternativas para el campo mexicano. Tomo 2. Ed. Fontamara, México.
- CEPAL, (1991), Programa modelo de capacitación integral para la administración de recursos hídricos. México.
- CEPAL, (1993), Políticas de gestión integral del agua y políticas económicas. México.
- CMMAD (Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo), (1988), Nuestro futuro común . Ed. Alianza, España.
- CNA, (1993), Costo de extracción de un metro cúbico de agua utilizando energía eléctrica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte Interno.

- CNA, (1994), *Perforación de pozos*. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Gerencia de Normas Técnicas. Manual.
- CNA, (1997 a), *Información geohidrológica general de los acuíferos del país*. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte interno.
- CNA, (1997 b), *Propuesta de clasificación de las zonas de disponibilidad y calidad de agua subterránea, para la aplicación de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 1998*. Gerencia de Aguas Subterráneas. Reporte interno.
- CNA, BGS, UACH y SAPAL, (1996), *Effects of wastewater reuse on urban groundwater resources of León, México*. Final report.
- CONAPO, (1994), *Evolución de las ciudades de México 1900-1990*.
- DE GRAMMONT, H. y TEJERA, H., (Coordinadores Generales), (1996), *La sociedad rural mexicana frente al nuevo milenio*. Volumen III. El acceso a los recursos naturales y el desarrollo sustentable. Ed. Plaza y Valdéz, México.
- DE LA FUENTE, J., ORTEGA, R., SÁMANO, M., (1994), *Agricultura y agronomía en México 500 años*. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Subdirección de Investigación y Servicio Diagnóstico Externo CUESTAM - PIHAA, México.
- DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, (1990) *Manual de tratamiento de aguas negras*. Ed. Limusa, México.
- *Diario Oficial de la Federación*, Lunes 18 de diciembre de 1995, pág. 9
- ECONOMÍA INFORMA, núm. 253, (1996), *Economía y medio ambiente*. Facultad de Economía, UNAM. Diciembre. México.
- FLORES, E., (1979), *Conservación de recursos naturales y desarrollo económico*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO, (1992 a), *Plan estatal de desarrollo urbano*. Guanajuato, México.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO, (1992 b), *Proyectos prioritarios para el desarrollo económico del estado*. Guanajuato, México.

- GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO, (1995), *Programa estatal de población*. Guanajuato, México.
- GICO (Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S.A.), (1996), *Estudio de los costos económico - ambientales por sobreexplotación del agua subterránea en Aguascalientes, León, Guaymas y Región Lagunera*. GAS - 009- PRO96. CNA.
- HIRSHLEIFER, J., (1988) *Microeconomía: teoría y aplicaciones*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. Tercera edición, México.
- IBRD (International Bank for Reconstruction and Development), (1996), *Rural energy and development. Improving energy supplies for two billion people*. World Bank. Washington D.C.
- INEGI, (1975), *Carta topográfica*, León F-14-C-41, escala 1: 50,000.
- INEGI, (1977), *Carta topográfica*, Nuevo Valle de Moreno F-14-C-42, escala 1: 50,000.
- INEGI, (1973), *Carta edafológica*, León F-14-C-41, escala 1: 50,000.
- INEGI, (1974), *Carta edafológica*, Nuevo Valle de Moreno F-14-C-42, escala 1: 50,000.
- INEGI, (1973), *Carta hidrológica de aguas superficiales*, León F-14-C-41, escala 1: 50,000.
- INEGI, (1974), *Carta hidrológica de aguas superficiales*, Nuevo Valle de Moreno F-14-C-42, escala 1:50,000.
- INEGI, (1990), *IX Censo General de Población y Vivienda 1990*. Resultados definitivos. Guanajuato. México.
- INEGI, (1994), *Cuaderno de planeación municipal de León*. México.
- INEGI, (1995), *Estadísticas ambientales*. México.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO No. 33, (1994), *Modernización integral del distrito de riego 085*. Guanajuato, México. Memoria
- LEFT, E., (1993), *Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable*. Ed. Siglo XXI, UNAM, México.

- *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*, (1997).
- *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*, (1997).
- LOHMAN, S.W. , (1977), *Hidráulica subterránea*. Ed. Ariel, España.
- NAREDO, J.M. y PARRA, F., (1993), *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Ed. Siglo XXI, España.
- ONU-CEPAL, (1991), *El desarrollo sustentable: transformación, producción, equidad y medio ambiente*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- PALACIOS, V.y EXEBIO, G., (1989), *Introducción a la teoría de la operación de distritos de riego*. Centro de Hidrociencias, Chapingo. Colegio de Posgraduados. México.
- RANDALL, A., (1982), *Economía de los recursos naturales*. Ed. Limusa, México.
- RAIZ, E., (1964), *Provincias fisiográficas de la República Mexicana*.
- RIGGS, J., (1997), *Ingeniería económica*. Ed. R.S.I., México.
- ROJAS, T., (1995), *La agricultura en tierras mexicanas, desde nuestros orígenes hasta nuestros días*. Ed. Grijalbo, México.
- ROMERO P. E., (1990) *La crisis y la alimentación nacional opciones de desarrollo*. Comercio Exterior. Vol.40, núm 9. Septiembre 1990, pp 859-867. México.
- SACHS, I., (1982), *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*. Ed. Colegio de México, México.
- SÁNCHEZ B.R., y CHÁVEZ M. J., (1990) *Relación agua - suelo - planta - atmósfera. (RASPA)*. Versión 1.0. Programa de cómputo.
- SEDESOL, (1994), *Programa de las cien ciudades*. México.
- TÉLLEZ, L., (1994), *La modernización del sector agropecuario y forestal*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.
- TINAJERO, A., (1987), *Apuntes de aspectos fundamentales en el estudio del agua subterránea (geohidrología)*. UNAM. México.

- TORRE., L. y VIQUEIRA L., (1992), Sistemas hidráulicos: modernización de la agricultura y migración. Ed. Colegio Mexiquense, México.
- TRUJILLO, J., (1990) *Desarrollo de una agricultura sustentable en México*. Comercio exterior. Vol. 40, núm 10. Octubre 1990, pp. 953-958. México.
- TRUJILLO, J. y VEGA, F., (1989) *Biotecnología agrícola, espejo de la revolución verde*. Comercio exterior. Vol.39, núm. 11. Noviembre 1989, pp. 947-952. México.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO, (1993), *¿ Qué es la agricultura ?*. Ed. UACH, México.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO, (1995), *Las organizaciones campesinas e indígenas ante la problemática ambiental del desarrollo*. Memoria. Ed. UACH, México.
- UNAM, (1969), *Ingeniería hidráulica en Mexico*, Núm. Especial, Facultad de Ingeniería.
- VUELVAS, M. A. y ARREOLA ,J. M., (1993), Estrategia integral del uso racional del agua, CNA. México.