UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PLAN DE PREPARACIÓN PARA AFRONTAR SEQUÍAS EN UN DISTRITO DE RIEGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ISRAEL VELASCO VELASCO

DIRECTOR DE TESIS: DR. JAIME COLLADO

CAMPUS MORELOS, MÉXICO 2002

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ANEXOS

Por eso se detuvo de los cielos sobre vosotros la lluvia, y la tierra detuvo sus frutos.
Y llamé la sequía sobre esta tierra, y sobre los montes, sobre el trigo, sobre el vino, sobre el aceite, sobre todo lo que la tierra produce, sobre los hombres y sobre las bestias, y sobre todo trabajo de manos...

Hageo. 1:10-11

AGRADECIMIENTOS

Un trabajo de esta naturaleza difícilmente se puede afirmar que es de tipo individual; más bien sintetiza (o pretende hacerlo), las diversas y valiosas opiniones, aportaciones, discusiones y trabajos previos que sirven de base para, en el mejor de los casos, agregar un pequeño grano de arena en el infinito universo del conocimiento. Este pequeño pero a la vez gran esfuerzo no es la excepción.

Con el riesgo de omitir (involuntariamente) a quienes me han animado, aportado y ayudado para llegar a este punto de mi vida y mi desarrollo, quiero presentar mis respetos y agradecimientos a aquellos que han compartido conmigo sus conocimientos, ideas y estímulo.

Primeramente a mis compañeros de trabajo: Alberto Balancán, Jaime Rivera, Jaime Velázquez, Ángel Villalobos y Ana Wagner; su ayuda nunca la valoraré lo suficiente.

A mi director de tesis, Dr. Jaime Collado; su paciente guía, ideas y apoyo material fueron decisivos en alcanzar esta meta; por creer y confiar en mí, sin apenas conocernos inicialmente.

A los miembros de mi Comité Doctoral:

Dr. Daniel Francisco Campos Aranda
Dr. Benjamín de León Mojarro
Dr. Luis Rendón Pimentel
Dr. Carlos Escalante Sandoval
Dra. Jacinta Palerm Viqueira
Dra. Ana Helena Treviño Carrillo

a quienes en mucho debo las ideas, desarrollo y contenido de este trabajo. Sus observaciones, comentarios, sugerencias y hasta discrepancias enriquecieron y dan más valor a este esfuerzo.

A las autoridades del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Dr. Álvaro A. Aldama Rodríguez, Director General, y Dr. Francisco Javier Aparicio Mijares, Coordinador de Tecnología Hidrológica, por permitirme el apoyo total para realizar este trabajo dentro de los programas de la institución.

A los que restan, cuya enumeración sería demasiado larga, y la que prefiero obviar para evitar el riesgo de omisiones importantes o sentidas, pero a quienes quiero decir y hacer sentir, que gracias a ellos este esfuerzo se ve al fin alcanzado; sin ellos, esto estaría incompleto.

Parodiando a Pablo (Cor. 1 13), cuando era niño, hablaba como niño, pensaba como niño, juzgaba como niño... hoy, ya mayor, sigo haciendo lo mismo.

Por eso, en el recuerdo nostálgico de esa maravillosa inocencia e ingenuidad de los niños, aunque yo ya no lo sea, dedico primeramente este trabajo a mis hijos, símbolo excelso de la vida, añoranza de mi pasado, alegría de mi presente, esperanza del futuro. A ellos, porque cada día me enseñan algo nuevo, que me da la energía, la fortaleza y la magia de buscar, perseverar y creer hasta en lo imposible.

A mi esposa, por su enorme paciencia, por el valioso tiempo que ha dedicado a apoyarme y esperar hasta alcanzar la meta, sacrificando comodidades, diversión, bienestar y ese invaluable e irreversible tiempo nuestro.

Todos los ríos van al mar, pero el mar no se llena; en la mucha sabiduría hay mucho sufrimiento, y quien añade ciencia, añade dolor (Ec. 1). Yo no pretendo alcanzar mucha sabiduría, pero, si el conocimiento se midiera en toneladas, gustosamente cambiaría lo poco o mucho que sé, por el más minúsculo grano de sabiduría..., eso, también es vanidad de vanidades, todo es vanidad.

RESUMEN

Las sequías forman parte intrínseca y natural del acontecer climático; son inevitables e impredecibles, sin trayectoria ni epicentro, y eventualmente, se presentan en cualquier lugar y en cualquier tiempo. Son, probablemente, la manera más dramática y desesperante en que se manifiesta la naturaleza en relación con el agua. Sus características principales son duración, severidad o el déficit acumulado, magnitud o el déficit promedio en la duración, y extensión geográfica.

El déficit es el fenómeno humano inducido a consecuencia de la sequía, cuando el agua es insuficiente para satisfacer la demanda hídrica de las actividades de la sociedad.

La manera más efectiva de afrontar las sequías es a través de medidas preventivas; esto es, manejar el riesgo. Ello implica generar y aplicar un *Plan de Preparación para Afrontar la Sequía*, que es un proceso estructurado, dinámico, flexible y viable, cuya ejecución incida en un uso racional y racionado de los limitados y escasos volúmenes disponibles, así como en la asignación más adecuada del déficit a absorber: quiénes, cuándo, cuánto y cómo, a través de esquemas de prioridad, racionamiento del recurso e impactos del fenómeno en el bienestar social.

En este trabajo se analiza el caso del Distrito de Riego 05: Delicias, Chih., en el que las presas, La Boquilla y Madero, son las principales fuentes de suministro. Esta zona ha tenido severas insuficiencias de agua en varios de los últimos años, que han repercutido en las actividades económicas y productivas de la región. El objetivo de hacer estudios detallados en este aspecto es mejorar el proceso de administración del agua en épocas de escasez, para contribuir a la continuidad y sustentabilidad social y económica, en un lugar donde la agricultura es la actividad que mayor volumen de agua consume, y que es la más afectada ante una insuficiencia temporal del recurso; donde además, el agua subterránea está comprometida y guarda un frágil equilibrio, y las fuentes alternas de suministro son mínimas.

Se describen brevemente los diversos tipos de sequía y sus causas. Se analizan aspectos de la sequía meteorológica, a través de un índice adimensional que muestra la "eficiencia" de la lluvia, como elemento básico del ciclo hidrológico, que determina el escurrimiento en cauces hacia los embalses y la presencia y gravedad del fenómeno de la sequía, caracterizable en el espacio y a diferentes escalas temporales.

La sequía hidrológica, de largo plazo, se analiza en base a los registros históricos hidrométricos de las presas, tanto en aportaciones como en extracciones, y se hace una parametrización hidrológica de las sequías en los últimos 50 años -hasta 1998-, tomando como valor de referencia o nivel de truncamiento la extracción anual media.

El aspecto de la política de operación de las presas, y su obtención mediante procesos que resulten en valores óptimos, permite formular escenarios posibles de asignación, cuya decisión final estará también en función de los factores adicionales que inciden en el proceso de planeación. Basándose en la hidrometría disponible, con un enfoque se generan las políticas óptimas para ambas presas mediante programación lineal, con el elemento adicional, como restricción, de que en periodos de escasez los tiempos y proporciones de distribución son diferentes a los periodos normales, cuando la política está en función del volumen de aportación en el año *inmediato anterior* y del volumen almacenado actual. Con un segundo enfoque y con el mismo criterio de cálculo, se estiman las políticas óptimas en base sólo al volumen disponible actual y al comportamiento hidrológico *esperado* del año que inicia.

Los resultados obtenidos de las políticas óptimas calculadas muestran una apreciable diferencia entre sí y con respecto al estimado histórico de los registros, en términos de que la extracción media y el porcentaje de aprovechamiento se incrementan, obteniéndose los valores más altos cuando se hace una

distinción (separación) de las fases de disponibilidad esperada -*severa a catastrófica, incipiente a moderada,* y *sin sequía*-, y se argumenta sobre el criterio de separación de las fases, de tal suerte que se obtengan resultados lógicos y factibles.

El acuífero debe ser sólo un complemento del agua superficial. Es uno de los pocos acuíferos regionales que guardan un frágil equilibrio, con volúmenes ya comprometidos y que en tiempos de escasez no debe incrementar su extracción en más de 20% y sólo temporalmente. Su sobreexplotación conduciría a degradar su calidad y potencial; además, debe reservarse para los usos más prioritarios y/o eficientes. En complemento, es importante y conveniente buscar criterios y métodos para obtener políticas operativas que contemplen conjuntamente al agua subterránea con la superficial.

Se incluyen criterios sobre la organización social e institucional que permita diseñar, aplicar y coordinar las estrategias para afrontar las sequías, mediante la creación de un *Grupo Técnico Directivo* (GTD) que, a su vez organizado en grupos de trabajo, permita dar seguimiento, evaluar y pronosticar las condiciones de desarrollo del fenómeno, y con ello, las respuestas más adecuadas ante las diversas fases de su gravedad, particularmente los inevitables conflictos por el uso del agua. Ello enfocado al ámbito de una cuenca hidrológica, como unidad natural de planeación y operación.

Se consideran algunos aspectos específicos para afrontar las sequías, tomando como referencia los volúmenes iniciales en las presas, al empezar el ciclo agrícola, y de acuerdo con la división convencional del fenómeno en fases progresivas, y se sugiere la actuación del GTD, de las juntas Municipales de Agua y Saneamiento, y de los usuarios organizados.

Se concluye que la mejor estrategia contra la sequía es la prevención, y que, como tal, es preferible soportar una serie de sequías incipientes o moderadas continuas, a una sola sequía de proporciones críticas o catastróficas. En este aspecto, destaca que es la gestión integral del recurso el camino a seguir para lograr que el impacto de la escasez de agua sea mitigado; ello implica que, en complemento a las medidas estructurales para afrontar el problema, son las no estructurales las que tienen un papel decisivo.

Un aspecto importante es que un plan para afrontar la sequía debe ser un proceso que se incluya en los reglamentos de operación de los distritos de riego y en general en la normativa de todos los sistemas de aprovechamiento del agua. Ello conduce a actuar con mayor probabilidad de éxito ante la presencia del fenómeno, pues provee las bases de imparcialidad, equidad, igualdad y justicia, así como de participación social, necesarias para garantizar un manejo eficiente del riesgo, en lugar de una atención improvisada de la crisis. Con claridad y sentido práctico debe contemplar los criterios y elementos de asignación del déficit, así como de la asignación de volúmenes, en base a la prioridad de los diversos usos y a las características locales específicas de oferta y demanda; en especial, es la demanda a que debe ajustarse a la oferta disponible, el horizonte de planeación debe ser a mediano plazo y con valores mínimos de oferta.

Por estas razones, un plan para afrontar sequías es un conjunto de medidas y estrategias a la medida, explícito para una cuenca con características determinadas. Debe ademas, en su conjunto, ser socialmente aceptable, técnicamente viable, e institucionalmente operativo, así como flexible y oportuno para adaptarse a la evolución natural del fenómeno y de la sociedad.

SUMMARY

Droughts are intrinsic and natural part of current climate; they are unavoidable and unpredictables, with no trajectory neither epicentre, and possibly, they can occur in any place and in any time. They are, probably, the most dramatic and exasperating way in nature-| s manifestation related with the water. Their main characteristics are duration, severity or the accumulated deficit, magnitude or the average deficit, and geographical extension.

The deficit is the induced human phenomenon as a consequence of the drought, when the water is insufficient to satisfy the demand of the social and economic activities.

The most effective way to confront the droughts is through preventive measures; this is, to manage the risk. It implies it to generate and to apply a Drought Preparedness Study, wich must be a structured, dynamic, flexible and viable process, whose execution impacts in a rational and rationed use of the limited and scarce available water volumes, as well as in the most appropriate assignment of the deficit absorbtion: who, when, and how much, through outlines of priority, rationing of the resource and impacts of the phenomenon in the social well-being.

This work deals with the case of the Irrigation District 05: Delicias, Chihuahua, Mexico, which has two dams, La Boquilla and Francisco I. Madero, and they are the main supply sources. This area has had severe water defficiencies in most of the last years that have rebounded in the economic and productive activities of the region. The objective of making detailed studies in this aspect is to improve the process of administration of the water in times of shortage, to contribute to the continuity of social and economic sustainability, in a region where agriculture is the biggest water consumer sector, and as a consequence is the more affected when a water scarcity occurs. In this area exists an important aquifer, but groundwater is committed and it keeps a fragile balance. Then, drought conditions are more severe, and the alternative sources of supply are minimum.

The diverse types of drought and their known causes are shortly described. Aspects of the meteorological drought are analyzed, through an adimensional index that shows the efficiency of the rain, as basic element of the hydrological cycle that determines the soil moisture and the runoff toward the reservoirs, and the presence and graveness of the drought, wich with this method is characterizable in the space and to different time scales.

The hydrological drought, of long term, is analyzed based on the historical records of water inflows to the reservoirs, and the outflows from them at the same periods. With these elements an hydrological parameter characterization of the droughts in the last 50 years ago -until 1998 -, taking as a reference the value or truncation level: the historical mean annual extraction.

The aspect of the reservoir operation policies, and their obtaining by means of processes to get the best values, allows to formulate possible scenarios of assignment, although the final decision will also be in function of the additional factors that impact in the planning process. Being based on the available hydrometry, optimum operation policies are generated for both dams by means of lineal programming, with the additional element, as a restriction, that in shortage periods the distribution in time is different to the normal and wet periods, if the reservoir policy is in function of the inflow water volume in the previous immediate (hydrological) year and in the current stored volume too. With a second focus and with the same calculation approach, the optimum operation policies are only considered in base to the current available volume and the prospective hydrological behavior of the beginning year.

The obtained results of the calculated optimum policies show an sensitive difference among them

and with respect to the historical records, in terms that the mean annual extraction and the percentage of used water are lightly increased, and the highest values are obtained when one makes a distinction (separation) of the prospective phases in the beginning year: severe to catastrophic, mild to moderate, and with no drought expected conditions-, and some argumentation is done related on the approach of phases separation, in order that logical and feasible results are obtained.

The local aquifer should only must be as a complement of the surface water. It is already one of the few regional aquifers that keep a fragile balance, with volumes committed and that in shortage periods it should not increase their extraction in more than 20%, and only temporarily. Its over explotation would lead to degrade its quality and potential; also, it should be reserved for the more high-priority and/or efficient uses. In complement, it is important and convenient to look for approaches and methods to obtain operational policies that contemplate jointly both water sources, underground and surface.

Some criteria are argumented related to the societal and institutional organization that allows to design, apply and coordinate the strategies to confront the droughts, by means of the creation of a *Drought Task Force* (DTF) which when is organized in working groups, allows to give pursuit, evaluation, and some forecasting of the expected development of the phenomenon in the short time, and then, the most appropriate responses to the diverse phases of graveness, particularly the unavoidable conflicts between uses and users. All this criteria is focused to the hydrological basin, as a natural unit of planning.

Also, some specific aspects to confront the droughts are considered, taking as a reference the initial storaged volumes in the reservoirs, at the beginning of the agricultural cycle, and in accordance with the conventional division of the phenomenon in progressive phases; the DTF performance is suggested, as well as the Municipal Organizations of Water for Urban Use, and the organized users too.

The conclusion is that the best strategy against the drought is the prevention, and in this way, is preferable to support a series of continuous incipient or mild droughts, instead a single drought of critical or catastrophic proportions. In this aspect, it highlights that it is the integral administration (management) of the resource the key to achieve that the impact of the water shortage can be mitigated; it implies that in complement to the structural measures to confront the problem, the non-structural measures have a decisive importance; this means that drought confronting is essencially a management problem.

An important aspect to notice is that a plan to confront the drought should be a process that must be included in the operation regulations of the irrigation district, and in general in the ordenances of all the hydraulic or hydrologic systems. This leads to act with a little more probability of success before the presence of the phenomenon, because it provides the bases of impartiality, justness, and equity, as well as social participation, which is necessary to guarantee an efficient handling of the risk, instead of an improvised attention of the crisis. With clarity and practical sense the operative rules should contemplate the criteria and elements in order to make the best assignment of the deficit, as well as of the assignment of available volumes, based on the priority of the diverse uses and the specific local characteristics of offer and demand; especially, the water demand must be adjusted to the available water offer, the planning horizon should be of medium term and with minimum or closed-minimum values of offer.

That is why, a plan to confront droughts is a set of measures and strategies specific for the region and situation, explicit for a river or hydrolocal basin. It also should, as a whole process, to be socially acceptable, technically viable, and institutionally operative, as well as flexible and opportune to adapt to the natural evolution of the phenomenon and the society.

1 INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales, la presencia de la sequía y la falta de agua han sido factores que han contribuido al desarrollo de la humanidad; las grandes hambrunas (los efectos más dramáticos y catastróficos de la sequía) han propiciado la movilización de pueblos completos, y eventualmente su decadencia y desaparición, pero también, la sequía ha sido frecuentemente el motor del desarrollo tecnológico, al impulsar, por necesidad, los avances científicos para mejorar la gestión del agua.

Desde los tiempos bíblicos, la sequía ha sido un azote. "Porque se resquebrajó la tierra por no haber llovido en el país, están confusos los labradores, cubrieron sus cabezas. Aun las ciervas en los campos parían y dejaban la cría, porque no había hierba. Y los asnos monteses se ponían en las alturas, aspiraban el viento como chacales; sus ojos se ofuscaron porque no había hierba", Jer. 14:4-6. Interpretada como castigo divino, desde entonces los estragos por la falta de lluvia eran mayúsculos, y en su fe y sus penurias, los pueblo de Israel imploraba a Jehová por la bendición de la lluvia, fuente y sostén de la vida, y a la vez prometían enmendarse de sus faltas..... como ahora.

Una de las grandes catástrofes capaces de modificar en gran escala el ambiente de una región es la falta de agua, y sus más espectaculares efectos se manifiestan en la alteración de las actividades económicas habituales y en el deterioro del nivel y condiciones de vida de los habitantes. Sin embargo, la complejidad del fenómeno propicia la creencia errónea de que después de una severa sequía, no ocurrirá otra igual o de mayores proporciones. Por ende, con demasiada frecuencia, sobre todo en los países menos desarrollados, no es usual prepararse para su ocurrencia futura, que será una certeza (Wilhite, 1993). Ésta es la paradoja que hace cada vez más vulnerable a la sociedad que no se prepara porque no espera que ocurra lo mismo o peor.

Aceptando que la cantidad de agua en el tiempo es sensiblemente constante, pero que sí presenta modificaciones espaciales en cantidad y calidad, la sequía es tanto más crítica en tanto más demanda de agua existe. En este sentido, de acuerdo con las ideas y evidencias de que el clima está alterándose por factores naturales y antropogénicos -el acelerado crecimiento demográfico y su correspondiente aumento industrial, agrícola, de servicios y demás, incrementando así la demanda-, ello conduce a un cada vez más frágil equilibrio en relación con la oferta, y cualquier alteración puede producir una situación de emergencia e incluso de crisis por falta de agua.

La vulnerabilidad a la sequía está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las áreas afectadas: en tanto que para los países más desarrollados la sequía rara vez representa una severa amenaza, por disponer de los medios económicos y estructurales para afrontarla, en los de menor desarrollo, una sequía es frecuentemente sinónimo de hambre, desastre y más pobreza, situaciones en las que los habitantes difícilmente pueden tener elementos para mitigar los estragos. Desde luego, existen áreas más vulnerables a la sequía, que además de definirse por su situación geográfica, también están caracterizadas por la densidad demográfica y la intensidad de la actividad económica, es decir por la relación oferta-demanda (Postel, 1991).

Las causas de la sequía no se conocen con precisión, pero se admite que en general se deben a alteraciones de los patrones de circulación atmosférica, que a su vez están ocasionados por el desigual calentamiento de la corteza terrestre y de las masas de agua, manifestados en fenómenos como *El Niño* (Acosta Godínez, 1988; Philander, 1990); también la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio de uso del suelo y la actividad antropogénica en general contribuyen a

la modificación de la atmósfera y con ello a los patrones de precipitación.

Adicionalmente, es probable, según las evidencias, que la presencia de manchas solares por variación en la actividad del sol también influya en la alteración atmosférica (Kottegoda, 1980). Como consecuencia, el fenómeno se debe a una compleja interacción de todos estos factores, cuyo resultado final es que las sequías son inevitables, impredecibles y de consecuencias cada vez más espectaculares e impactantes, precisamente en función de la vulnerabilidad de los sistemas económicos y sociales (Beran and Rodier, 1985).

Al admitir estos hechos naturales en los que el hombre tiene poca influencia, adquiere mayor validez la idea de que es la gestión integral en el manejo del recurso el mejor método para que las fluctuaciones naturales de su disponibilidad tengan menos efectos en las actividades humanas y en el bienestar social. Bajo esta premisa, sólo las acciones organizadas, coherentes, apegadas a las leyes y reglamentos vigentes, y también a los usos y costumbres locales, serán capaces de mitigar los efectos nocivos del fenómeno, con estrategias a priori, anticipadas y expresadas en instrumentos de planeación; de otra manera, afrontar la crisis sin un esquema apropiado de previsión, a pesar de los cuantiosos recursos de los que se pueda disponer, los resultados, en general, serán pobres, discutibles y poco eficientes, y poco se logrará en términos de paliar los efectos.

2 OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende recalcar los siguientes aspectos:

- Caracterizar conceptualmente los diversos tipos de sequía, y su influencia en la actividad humana.

- Abordar los parámetros más usuales de comportamiento climático relacionados con la sequía, principalmente la lluvia, y ahondar en dos de sus principales criterios para describir su comportamiento: la normal climatológica y el índice de precipitación estandarizada.

- Realizar análisis de funcionamiento de embalses y de asignación de agua, particularmente para usos agrícolas, en presas de áreas de riego en zonas áridas y semiáridas, tendentes a reforzar la obtención de las políticas de operación óptimas, acordes con las aportaciones históricas registradas y con la demanda, que permitan dimensionar aceptablemente los planes de uso del agua.

- Generar y diseñar una metodología de análisis de las asignaciones que permita prever los probables escenarios de comportamiento de los embalses, para evaluar el déficit que se presentaría en cada uno de ellos, asignar éste de acuerdo con un esquema de prioridades y hacer mínimo el impacto negativo.

- Definir criterios de prioridad de uso del agua entre sectores usuarios, considerando el factor social y el económico para reducir los daños, así como los criterios de actuación y respuesta organizadas ante las diversas fases de la sequía. En complemento, argumentar sobre el papel del acuífero y sus características, como fuente alternativa de agua para suministrar la demanda no satisfecha por el agua superficial: sus riesgos, su potencial y la necesidad de hacer una planeación y operación conjunta de ambas fuentes de agua, para lograr la sustentabilidad del recurso y de las actividades que dependen de él.

3 ANTECEDENTES

El estado del tiempo es la condición ambiental atmosférica en un período de tiempo corto; el clima representa la condición *media* o más usual y a largo plazo del estado del tiempo (Griffits, 1985). Es decir, clima es lo que se espera, estado del tiempo es lo que se presenta; ambos conceptos están directamente influenciados por la temperatura, la lluvia u otro tipo de precipitación, los vientos, la radiación solar y los demás factores que intervienen en el proceso climático.

En este sentido, la sequía es una parte intrínseca del clima, y bajo tal concepto debe ubicarse y entenderse (Hrezo *et al*, 1995). El conocimiento y examen continuos de las diversas fuentes de abastecimiento y el entendimiento del impacto de las sequías históricas registradas, pueden ayudar a los planeadores y operadores de los sistemas hidráulicos e hidrológicos a anticiparse a los efectos de la sequía, cuando se plantean las interrogantes apropiadas (Wilhite, 1991):

- ¿Qué pasaría si ahora y aquí se presentara una sequía como la peor registrada?

- ¿Quiénes o cuáles son los mayores usuarios del agua y qué impactos resentirían?

- ¿De dónde obtendríamos el agua y como se impactaría nuestro abastecimiento en el caso de una sequía extrema?

- ¿Cuáles y cuántos serían los impactos hidrológicos, agrícolas y socioeconómicos asociados con la ocurrencia de la sequía?

- ¿Qué hacer y cómo prepararse para afrontar la próxima sequía?

Entendimiento y definición de la sequía.

Para efectos de este trabajo, la definición de sequía que se encuentra más apropiada es la siguiente:

"La sequía es un fenómeno natural que ocurre cuando la precipitación y la disponibilidad del agua en un período de tiempo y en una región dados, es menor que el promedio histórico registrado, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas".

Algunos comentarios adicionales sobre esta propuesta son:

- *es un fenómeno natural* porque efectivamente ocurre en la naturaleza. Estrictamente podría puntualizarse que es un fenómeno meteorológico, que ocurre por diversas causas conjuntas, algunas de las cuales podrían ser inducidas, derivadas de la actividad humana, sobre todo industrial. No obstante, según los indicios de que se dispone, y dado que es un fenómeno del que existen noticias desde la más remota antigüedad, se estima que la gran componente en relación a sus causas es de origen natural. En sentido estricto, por la alteración de los sistemas globales naturales de circulación atmosférica y su relación con las masas de agua y las sólidas, así como con la energía solar que recibe la tierra y la reacción de ésta.

- *que ocurre cuando la precipitación y/o la disponibilidad del agua en un periodo de tiempo y en una región dados, es menor que el promedio histórico registrado.* Aún cuando se

puntualiza (por ejemplo Gibbs, 1975) que la precipitación es el *único índice* de mayor utilidad en el suministro de agua, existen regiones en las que prácticamente la lluvia que ocurre localmente es de tal magnitud (digamos menos de 100 mm anuales, como en el Noroeste de México), que su efecto es mínimo o insignificante. Además, si se considera la parte neta (la llamada *lluvia efectiva*) que queda disponible para plantas u otros usos, realmente es de escasa utilidad. Por eso puntualizamos en la *disponibilidad* ya que es usual que haya zonas en donde el agua disponible tenga un origen externo, es decir, provenga de áreas diferentes, ya sea por escurrimientos superficiales o por flujo subterráneo, naturales o inducidos. De hecho, es muy probable que esta sea la situación más usual, puesto que una componente importante del ciclo hidrológico es precisamente el flujo.

- *cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas*, es decir, las diversas actividades socio-económicas del hombre basadas en el uso del agua. En este punto conviene puntualizar en que si no hay actividad humana no hay afectación a la misma, y por lo tanto la presencia o ausencia de agua es indiferente: existe la sequía, pero no el déficit. En realidad ése es el punto de divergencia en las diversas definiciones, puesto que dependiendo de la susceptibilidad de cada actividad a la deficiencia de agua será el daño sufrido. Así, las actividades que más agua utilizan y para las que es un insumo de primer orden, como la agricultura, la falta de ella se refleja sensiblemente en bajas en la producción y en el ingreso y nivel de vida de los productores, importación y alza en el precio de los productos, degradación de la infraestructura productiva, etc. Además, debe considerarse la duración y magnitud de la sequía, relacionada con el déficit acumulado en el tiempo, así como su extensión territorial. Así, déficit es la consecuencia artificial o humana, en donde se refleja la escasez temporal natural del agua.

Aunque tiende a considerársele un evento raro, erróneamente, la sequía es una característica natural del clima, y ocurre o puede ocurrir virtualmente en todas las zonas climáticas (Campos Aranda, 1996), aunque sus características varían significativamente de una región a otra. Aún cuando puede tener una duración prolongada (de varios años), en general la sequía es una alteración natural temporal, que difiere de la aridez, que es una escasez crónica de humedad, y que caracteriza a las área desérticas y semi desérticas.

La sequía es un riesgo insidioso de la naturaleza, originada básicamente por una deficiente precipitación en períodos prolongados de tiempo, y que puede tener severos impactos negativos al afectar los diversos sectores productivos y económicos (Hardy, 1995). Cuando el fenómeno se presenta, además de la baja precipitación, es usual que se presenten también altas temperaturas y baja humedad relativa, lo que contribuye a agravar sus efectos. Este evento va más allá de ser un simple fenómeno físico, ya que puede alterar dramáticamente el desarrollo de la población civil y de las actividades económicas, así como al medio ambiente, de lo cual ninguna sociedad, por avanzada que sea, es capaz de librarse completamente (Biswas, 1996) (véase la Tabla 3.1).

Cuando la sequía termina y la precipitación vuelve a sus condiciones normales, la secuencia de recuperación se invierte: primero aumenta la humedad ambiental, luego se mojan y saturan los suelos, para después producirse el escurrimiento que posteriormente llegará a los almacenamientos superficiales y subterráneos. Por ello, la recuperación en la agricultura de temporal puede ocurrir con rapidez, mientras que puede tardar meses y aún años para lograrlo en los sectores

Tabla 3.1 - Características, efectos y respuestas a la baja disponibilidad del agua (adaptado de Khalidou et al., 1995)

DISPONIBILIDAD DEL AGUA					
		DESEQUILIBRIOS TEMPORALES		DEFICIENCIAS PERMANENTES	
TRANSFORMACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE	origen natural	característica	SEQUÍAS: - persistencia de la lluvia menor que la media - variabilidad en frecuencia, duración e intensidad - ocurrencia impredecible - reducción de disponibilidad en zona afectada - disminución de la capacidad de conducción en la red hidrográfica	característica	ARIDEZ: - condiciones de baja humedad en toda la zona -altos grados de insolación - variaciones extremas de temperatura -alta variabilidad de la precipitación en el tiempo -bajas precipitaciones medias anuales - baja capacidad de conducción de la red hidrográfica
		efectos	- erosión eólica y deterioro de suelos cultivados - reducción de flora y fauna - polvaredas y reducción de la calidad del aire -aparición de pestes y enfermedades - aumento de la demanda de agua	efectos	- producción agrícola limitada - actividades extractivas e industriales limitadas por disponibilidad de agua - asentamientos humanos dispersos - subsistencia de economías agrícolas
		respuestas	- regulación de uso del agua, racionalización y/o reciclado - medidas institucionales de uso durante la crisis	respuestas	- recuperación de suelos: irrigación - secuencia en la concesión de uso del suelo y del agua - obras hidráulicas de almacenaje y conducción de agua
	origen antropogénico	efectos	DÉFICIT: - sobre explotación de acuíferos - nivel de agua en ambalses menor a lo previsto - degradación de suelos -condiciones de escurrimiento incrementadas - disminución de recarga de acuíferos - capacidad alterada de conducción de red hidrográfica	efectos	DESERTIFICACÓN: - abatimiento de acuíferos - pérdida de los sistemas ribereños - pérdida de nutrientes en suelos - daños en las capas superficial y subsuperficial del suelo - aumentos en escurrimientos e inundaciones repentinas - deterioro y/o pérdida de la capacidad hidrográfica de conducción
		característica	- sistemas hidrológicos afectados localmente -deterioro de la calidad del agua: intrusión salina - conflictos entre usuarios del agua	característica	- erosión por viento y agua - salinización de los suelos y aguas - agrietamiento y/o compactación de suelos - cambios microclimáticos: calidad del aire - alteración de la estructura social - cambios en las bases de la economía - pérdida de suelos cultivables
		respuestas	- regulación del uso del agua: racionamiento y/o reciclado - aumento del valor del agua -medidas institucionales de mitigación - innovaciones tecnológicas -cambios en el uso del suelo	respuestas	- medidas de rehabilitación de suelos - regulación en el uso del suelo - innovaciones tecnológicas para el manejo de los recursos - medidas de conservación de los ecosistemas

que dependen de las aguas superficiales o del acuífero; de hecho, los acuíferos pueden tomarse un largo tiempo -quizá cientos o miles de años- en volver a sus niveles iniciales. El período de recuperación, por tanto, depende de la intensidad de la sequía, su duración, y de la cantidad de lluvia que ocurre cuando el fenómeno se da por terminado (Lund and Reed, 1995).

Los impactos de la sequía, en términos económicos y sociales, están en función de la afectación a los diversos sectores económicos y productivos, asociados con la oferta y demanda de bienes y servicios que aquellos ofrecen, y el desequilibrio debido a las condiciones naturales y de baja humedad, que se produce cuando la demanda supera a la oferta (Fisher *et al*, 1995). Esto, por supuesto, es debido principalmente al mayor crecimiento de la población y de sus necesidades de consumo respecto a la capacidad de satisfacerlos, y aunque ambos conceptos aumenten, si la tasa de crecimiento es mayor en el primero, también crecerá la vulnerabilidad y la incidencia del impacto del fenómeno (Moreau, 1990). El nivel tecnológico de una región o país, así como también el nivel organizativo, institucional y social, son elementos clave en la vulnerabilidad a la sequía.

Aunque específicamente el estado del tiempo a corto-mediano plazo es el principal factor natural de la sequía hidrológica, otros factores antropogénicos tales como los cambios en el uso del suelo -deforestación-, la degradación -sobre pastoreo-, y la construcción de grandes obras -como las presas-, todos afectan las características hidrológicas de la zona o cuenca, y debido también a las complejas interacciones entre los sistemas y factores hidrológicos, el impacto de la sequía meteorológica puede manifestarse más allá de las áreas propiamente dichas donde existe déficit en la lluvia (Postel, 1992). De hecho, el cambio en el uso del suelo es una de las actividades humanas que más alteran la frecuencia de los estiajes, aún cuando la sequía meteorológica sea leve o no se presente (ONU, 1996). Fenómenos de desertización (natural) y desertificación (inducido), están estrechamente ligados al complejo proceso de la sequía.

Entonces: ¿Porqué planear para la sequía? ¿Es necesario hacerlo?

Desde el punto de vista de que es común creer y esperar que la sequía es un evento "raro", se tiene como consecuencia un círculo vicioso entre *pánico* y *apatía* -el llamado *ciclo hidro -ilógico*, Whilhite, 1991)-: pánico cuando el evento se presenta, directamente proporcional a su duración e intensidad; apatía cuando ya ha pasado y se piensa que ya no podrá volver a ocurrir. Nada más lejos de la verdad; la sequía es inevitable, y ocurre o puede ocurrir virtualmente en todo el planeta, aún en aquellos lugares usualmente húmedos y lluviosos (Jinno *et al*, 1995).

Los impactos y riesgos de la sequía son mayores en la medida en que lo son los requerimientos y demandas de agua; por ello, las expectativas poco realistas, mas que optimistas, temerarias, contribuyen sensiblemente a sobreestimar la capacidad de suministro. De aquí que una de las medidas elementales de mitigación sea el cuidar el balance entre oferta y demanda (Dziegielewsky *et al*, 1992). A mayor población mayor necesidad de agua, para todos los usos; pero

las fuentes de suministro son limitadas, y por ende, en la misma medida crece la vulnerabilidad a la sequía y a la falta del recurso. Por ello es importante y urgente actuar, planear y prepararse para la ocurrencia del fenómeno (Moreau, 1991).

La planeación para afrontar la sequía es esencial, pero difícilmente se da de una manera natural, por los múltiples obstáculos que se presentan, entre los que destacan (Wilhite, 1991):

- la carencia de una definición del fenómeno aplicable a todos los casos y en todas partes.

- la irracionalidad de la población, que automáticamente se avoca a la atención de las crisis y sus efectos, destinando tiempo y dinero para aliviar los daños; esto es el *manejo de la crisis*. Pero cuando la crisis ha pasado, existe gran resistencia para invertir recursos en planear y prepararse para afrontar la próxima sequía; a esto se debe la referencia al calificarlo como *ciclo hidro-ilógico* (NDMC, 1998; Griffiths, 1985).

- la responsabilidad del manejo del recurso se divide en varias dependencias y entidades, ocasionando indefinición, confusión y relajamiento.

No obstante esto, también existen buenas razones para planear contra la sequía, es decir, planear para el *manejo del riesgo*:

- la sequía es un fenómeno persistente, tal vez de baja ocurrencia, pero sus efectos son tanto o más dramáticos que los de los fenómenos más puntuales y momentáneos o de corta duración, como inundaciones, terremotos, huracanes, etc. Posiblemente la sequía es el fenómeno natural más costoso en los países desarrollados, y puede alcanzar efectos devastadores entre la población de los países y regiones en vías de desarrollo o simplemente subdesarrollados (Biswas, 1996; Harding *et al*, 1995; Kiros, 1991).

- planear previsoramente para mitigar los efectos de la sequía probablemente sea la mejor opción para soportar los daños causados al menor costo (Wilhite, 1991; Krannich *et al*, 1995).

Comparado con otros fenómenos naturales, el impacto de las sequías es generalmente *no-estructural*; los impactos directos incluyen el daño a los cultivos y a las actividades que dependen de los almacenamientos de agua; los indirectos se reflejan en la carestía y altos precios de los alimentos y en los elevados costos de transportación. En los países desarrollados, el impacto de la sequía es usualmente de carácter económico y ambiental, y rara vez afecta o amenaza al bienestar general de la población. En los países atrasados o poco desarrollados, los impactos son de carácter altamente social: hambre, migración, reducción en el bienestar y calidad de vida, principalmente, asociados con otros efectos colaterales (Sangoyomi and Harding, 1995).

Mitigar significa generar y aplicar las iniciativas y estrategias para reducir el riesgo de sufrimiento y muerte, así como la pérdida de los bienes y propiedades, debido a los peligros naturales o inducidos. En el caso de la sequía, pueden ser los sistemas de alerta temprana, el aumento en el suministro de agua y la conservación del recurso hídrico. En consecuencia, un plan de

preparación o de contingencia significa el desarrollo de la capacidad institucional y de la población civil para reaccionar ante la crisis provocada por la sequía. Ello a través de planes de emergencia, sistemas de alerta, centros operativos de emergencia, redes de comunicación para emergencias, información frecuente al público, acuerdos institucionales de acción, planes de manejo de recursos, así como entrenamientos y simulacros para preparar al personal para estos casos de emergencia. La capacidad de respuesta es un aspecto importante de estos planes de contingencia, aunque debe estar más orientado a la mitigación.

Los monitoreos y seguimiento previos al fenómeno, para efectos de predicción y de alerta temprana, están basados en la recolección, ordenamiento y análisis de la información pertinente, que comunicada con oportunidad a los responsables del manejo del recurso, les permite a estos un adecuado control de la situación en la medida en que el evento se presenta; la información de alerta puede reflejar una combinación de factores físicos, biológicos y sociales que dan mayor valor al riesgo y a la vulnerabilidad. Las sequías tienen gran incertidumbre para su predicción, al menos en las latitudes medias de ambos hemisferios; posiblemente esto sea más factible para lugares donde, por ejemplo, la influencia de *El Niño (ENSO)* es más patente (NDMC, 1998).

La gran pregunta: ¿se está presentando actualmente una sequía? Aún cuando las evidencias aparentemente sean concluyentes, es difícil contestar categóricamente a esta cuestión, entre otras razones porque no existe una definición operativa del fenómeno que sea válida en todos los casos, lo que ocasiona confusión y un dudoso reconocimiento del evento por parte de los planeadores y operadores, en comparación con otros desastres naturales.

No obstante, si con las evidencias disponibles se concluye que sí hay sequía, entonces es imperativo un plan para afrontar y mitigar sus efectos. Para llegar a esta etapa, usualmente los responsables del manejo y planeación del recurso se valen de índices numéricos o matemáticos que, previamente conceptualizados, ayuden al entendimiento del fenómeno y sus características, y por ende, en la toma de las medidas más acertadas (NDMC, 1998):

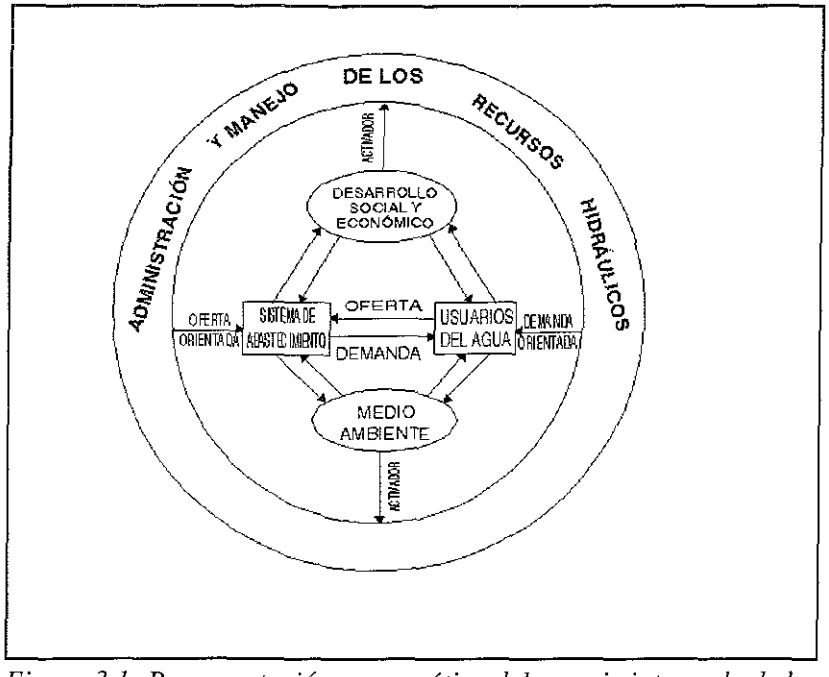


Figura 3.1.-Representación esquemática del manejo integrado de los recursos hidráulicos (Adaptado de Plate, 1993)

Así, si se tiene en mente la presencia ocasional o periódica de este fenómeno, ello significa un riesgo hasta cierto punto calculado, puesto que de antemano se espera que haya perturbaciones de algún tipo en la cantidad de agua disponible.

Una de las primeras cuestiones a atender tratándose

de afrontar el problema de la sequía, es conocer sus características, y en el caso de México, con los testimonios históricos y la realidad que se vive en los últimos años y en gran parte del país, donde la escasez de agua ha sido prolongada y severa, incluso en regiones que usualmente no son tan recurrentes, como el altiplano, el Bajío y el Noreste, es imperativo sugerir algo que de alguna forma ayude a que a futuro, los efectos sean menos drásticos.

Esto supone el concepto de manejo *integrado* de los recursos hidráulicos, lo que debe partir de una eficiente planeación en su uso, hasta la etapa operativa, todo lo cual implica una demanda que debe estar acorde a la oferta del recurso, en armonía con el medio ambiente y con el desarrollo económico y social. La Figura 3.1 indica esquemáticamente este concepto, en donde a grandes rasgos se muestran las relaciones que existen y se dan entre los diversos componentes del proceso.

Bajo esta perspectiva, tanto la planeación como el manejo y la administración del recurso deben tener la suficiente flexibilidad para adaptarse a las condiciones hidrometeorológicas cambiantes, y así hacer frente a los casos en que la oferta es muy limitada. Sobre todo, debe contemplarse la posibilidad de una larga duración del fenómeno, digamos más de 2 años, ya que con el tiempo, el problema se va agudizando y haciendo más insostenible, hasta que eventualmente se torna tan crítico que colapsa el sistema socio-económico.

Ante todo, esto implica la precaución nada trivial de ahorrar líquido, aún cuando se goce de una relativa abundancia: utilizarlo con eficiencia y procurar que conserve su calidad. Una buena medida es propiciar la infiltración hacia el acuífero, que como depósito natural, tiene gran capacidad y permite a futuro aprovecharlo mediante su extracción.

Una acción previsora indiscutible es también que los diversos usos del agua estén acordes con su disponibilidad, es decir, que su magnitud y sus necesidades del recurso contemplen un amplio horizonte y una sostenibilidad tal que resulten atractivos como inversión; ello debe llevar implícita la opción del re-uso del agua y de mantener su calidad y el medio ambiente.

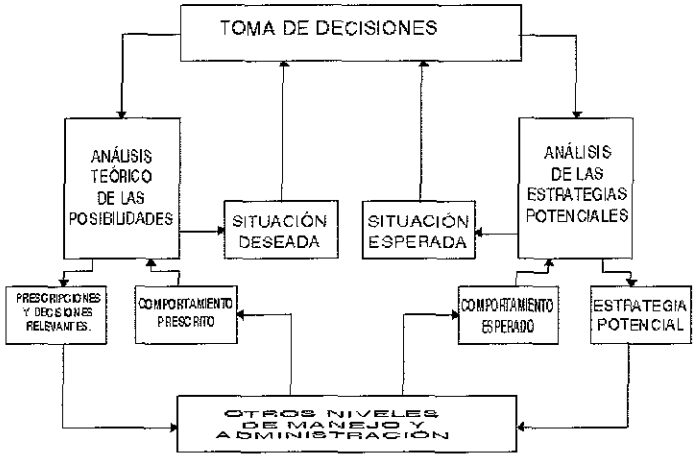


Figura 3.2 - Esquema general del procedimiento para apoyar el proceso de toma de decisiones (Adaptado de J. Vekre, 1994).

En la Figura 3.2 se plantea un esquema general que pretende mostrar las interrelaciones para la toma de decisiones en el manejo del recurso, sobre todo cuando hay problemas de suministro por escasez. Desde luego, también juega un papel de importancia especial el hecho de saber, al menos potencialmente, de cuánta

agua se podría disponer, de acuerdo a los balances regionales o nacionales.

Para el caso de México, la información más reciente de que se dispone en este sentido se ilustra en la Figura 3.3. Desde luego las cifras aquí mostradas deben tomarse con la reserva del caso, puesto que aparentemente son grandes y en principio, harían pensar que no existen problemas por disponibilidad, pero la realidad es otra muy diferente.

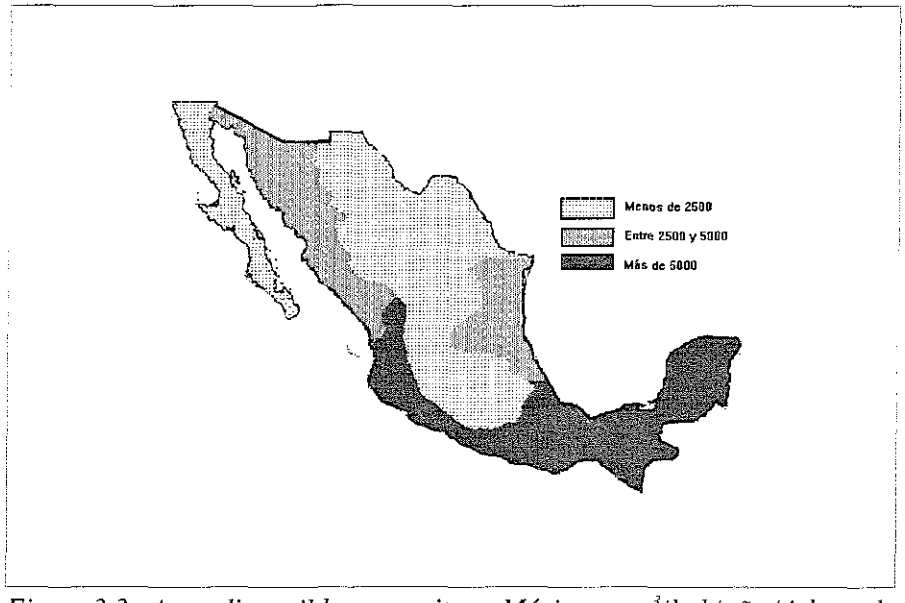


Figura 3.3.- Agua disponible per capita en México, en m^3/hab/año (Adaptado de González-Villarreal y Garduño-Velasco, 1994).

De acuerdo con estas cifras, se da la impresión de altos valores en la disponibilidad *per capita* de agua, lo cual es cierto si se considera la totalidad de agua, tanto superficial como subterránea. No obstante, debe tenerse presente que no toda el agua está disponible, y que a nivel local existen fuertes diferencias, sobre todo de las zonas áridas y semiáridas (menos de 2,500 y entre 2,500 y 5,000 m^3/hab/año, respectivamente). Comparativamente, el Estado de Israel, en el Medio Oriente, dispone solo de 400, menos de la mitad de los países con similar grado de desarrollo.

Así, una parte muy significativa del país, de hecho más de la mitad (aproximadamente 2 terceras partes), tienen problemas de disponibilidad de agua; entre estas áreas se incluye el esta Chihuahua; dado que buena parte de la infraestructura productiva, industrial y agrícola, así como de asentamientos demográficos se ubican en estas áreas, cualquier variación en la disponibilidad de agua puede causar severos trastornos, esto es, la vulnerabilidad regional crece en la medida en que la demanda del agua lo hace, ante escenarios de oferta muy limitada.

Aunque México, como país, esté clasificado como de disponibilidad media de agua (alrededor de 1,200 m3/habitante/año), en la misma categoría de países como USA e Italia, la realidad es que dada la gran variedad de entornos naturales y su combinación con los factores humanos, esta distribución tienen grandes variaciones espaciales, que cuando se combinan con las temporales, hacen del país todo un mosaico de posibilidades, y frecuentemente de condiciones adversas.

4 IMPORTANCIA DEL FENÓMENO DE LA SEQUÍA

La sequía es un fenómeno tan complejo que resulta difícil darle un enfoque genérico que contemple todos sus aspectos y que satisfaga todas las expectativas; es más bien una particularidad del clima y del medio ambiente que a su vez tiene múltiples facetas, lo cual le confiere un carácter altamente relativo y elusivo (Dracup *et al.*, 1980). Dada la dificultad de acotar el inicio y fin del fenómeno, incluso se le llega a considerar como un *no evento*, en el sentido clásico del término

En general, es difícil afirmar si ante una condición dada de ausencia de lluvias se trata de una sequía o de un simple retraso; por ello, indicar con certeza cuándo empieza una sequía es de lo más incierto, pues al fenómeno se le reconoce más por los efectos que por sí mismo; el fin de la sequía es más fácil reconocible por la ocurrencia de las lluvias en cantidad tal que satisfagan las necesidades (Palmer, 1965), por la vuelta a la normalidad.

De acuerdo con la Figura 4.1, la duración T_2 de la sequía está en función, entre otros factores, del llamado *nivel de truncamiento*, X_o, referencia a partir de la cual, los valores menores representan una deficiencia y probablemente una sequía, medida en términos de la cantidad de lluvia, escurrimiento, etc. Otros dos parámetros importantes del fenómeno son la severidad (S_d) y la magnitud o intensidad (I); el primero se refiere al déficit acumulado en todo el periodo de duración, y el segundo al déficit por unidad de tiempo, además, la sequía es un fenómeno que generalmente abarca amplias extensiones espaciales, sin una dirección o trayectoria definida ni tampoco con epicentro. La relación entre I, S_d y T_2 está dada por:

$$I = S_d / T_2 \qquad (4.1)$$

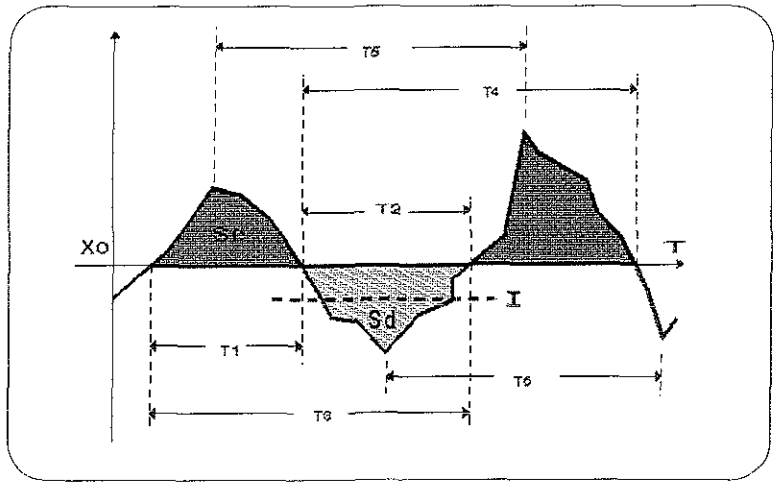


Figura 4.1.- Características de interés en una serie de tiempo hidrológica, dado un nivel de truncamiento X_o : T_1, duración de un exceso; T_2, duración de un déficit; T_3, tiempo entre dos inicios de exceso consecutivos; T_4, tiempo entre dos inicios de déficit consecutivos; T_5, tiempo entre dos picos positivos consecutivos; T_6, tiempo entre dos picos negativos consecutivos; I, intensidad de un déficit; S_d, severidad de un déficit; S_e, severidad de un exceso. El eje vertical representa a la variable hidrológica de interés: lluvia, escurrimiento, temperatura, etc.

La relatividad de la sequía estriba en que depende desde qué enfoque se aprecie y se midan sus efectos; así, pueden distinguirse, en una primera aproximación, los siguientes tipos de sequía:

Meteorológica: la de más corta duración, caracterizada por la ausencia de lluvias por no más de unas cuantas semanas. Entre las consecuencias ambientales están las altas temperaturas, baja humedad ambiental y frecuentemente vientos fuertes; en general, sus efectos se manifiestan en

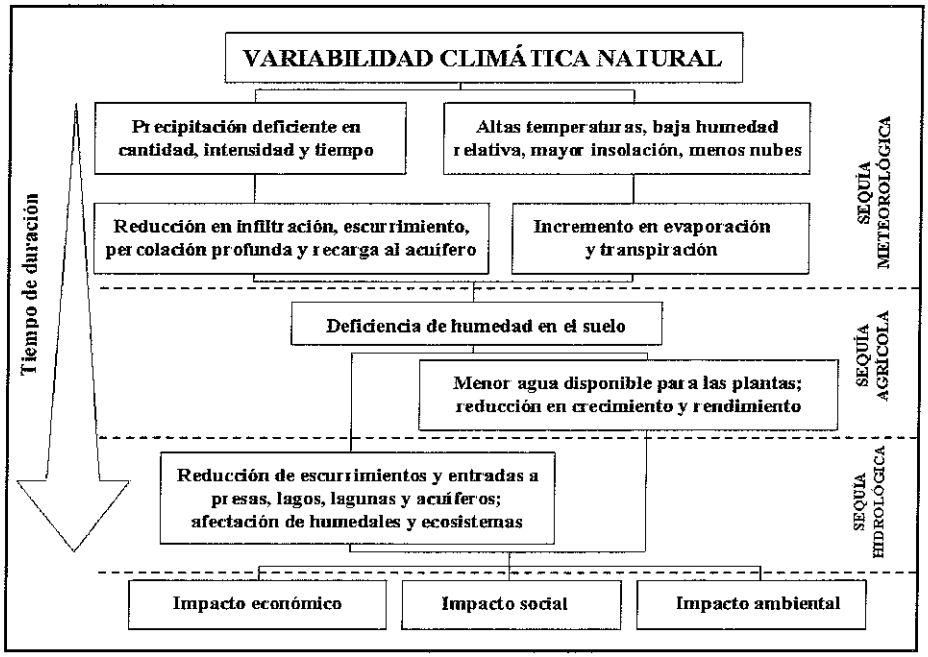


Figura 4.2 - Interrelación entre los diversos tipos de sequía.

malestar corporal que afectan mayormente a niños y ancianos. Eventualmente produce daños a la salud por enfermedades gástricas. Es la anomalía de la lluvia, a la baja, en periodos que normalmente serían lluviosos.

Agrícola: de carácter estacional, relativo a la duración del desarrollo fenológico de los cultivos. Se caracteriza por insuficiente humedad en el suelo, en forma natural, que se manifiesta por menor o nulo desarrollo vegetativo, y por ende, en bajas en los rendimientos. El carácter estacional no es que dure una estación determinada, sino que se presente en una estación o periodo que se esperaría fuera lluvioso. Las áreas de temporal o secano, que dependen únicamente de la lluvia, son las que resienten más esta faceta de la sequía, la que aún pudiendo ser relativamente moderada, puede tener severos efectos en las actividades agrícolas, ya que si ocurre en periodos tempranos, afecta el periodo de siembra, y si ocurre en etapas avanzadas, puede disminuir drásticamente la densidad de los cultivos y su rendimiento.

Por tanto, este tipo de sequía es uno de los más sensibles y que afecta a los sectores más vulnerables, pues la inoportunidad de la lluvia puede significar un año completo sin la producción agrícola, tanto de producción comercial como de autoconsumo, lo que se traduce en los consecuentes problemas sociales y económicos de la población dependiente de este sector. Esta sequía puede catalogarse como de duración media o de mediano plazo.

Hidrológica: de mayor plazo, que puede ser desde uno hasta de varios años; se caracteriza básicamente por una baja perceptible en los niveles de ríos, presas y acuíferos, en caudal y/o volumen. La baja en la lluvia ocasiona la disminución de los escurrimientos, lo cual hace que los cuerpos receptores disminuyan su nivel y volumen, incluso hasta situaciones críticas que prácticamente significan que se sequen las presas y lagos, así como que el nivel de los acuíferos disminuya sensiblemente. Esta sequía, por su persistencia, puede causar severos daños a la población, ya que los efectos y la recuperación son a largo plazo y afecta tanto a los sectores sociales más desarrollados o que han hecho grandes inversiones que permanecen ociosas y se deterioran irremediablemente. Con tanto mayor razón, los pequeños productores también se ven severamente afectados, dada su menor capacidad de resistir la emergencia.

Económica: la relacionada con los efectos de pérdida de ingreso y de productividad en

aquellas actividades que tienen al agua como insumo. Está directamente relacionada con el grado de dependencia del recurso en tiempo y volumen, de las necesidades mínimas a satisfacer, de su importancia como insumo en los procesos productivos, etc. El deterioro por subutilización del aparato productivo ocasiona disminución o pérdida de ingresos y empleos, así como carestía de los productos, todo lo cual tiene un efecto social inmediato. La economía, entendida como el flujo de recursos económicos, la producción de bienes y servicios, la creación y permanencia de empleos, y la estabilidad y desarrollo social, es probablemente donde el impacto de la sequía es más acusado y severo, ya que afecta a todos los sectores sociales y productivos, y la vulnerabilidad es mayor en cuanto menor es la capacidad de resistencia de los afectados, entendida ésta como las opciones o alternativas que les permitan sostener el ingreso a través de darle otro uso al agua o de utilizarla de manera diferente.

Además, todo tipo de sequía produce efectos *ambientales* desde leves hasta muy severos, que afectan las condiciones naturales bióticas y del paisaje, y que en general se manifiestan por la sensible disminución en flora y fauna. Esta alteración por sí sola conduce a la desertización, y combinada con la actividad humana, produce la desertificación, fenómenos prácticamente irreversibles y que pueden tener consecuencias catastróficas para la sociedad y el ambiente. La presencia de la sequía es determinante en la ocurrencia de los incendios forestales, con todo el daño ambiental que éstos representan por la contaminación y la larga recuperación a las condiciones originales.

En última instancia, los efectos de la sequía tienen una manifestación e impacto *social*, en que la gravedad del fenómeno se manifiesta desde mínimas consecuencias fácilmente superables, hasta en casos extremos, grandes hambrunas y muerte masiva por desnutrición y sed. Pérdida de empleos y de poder adquisitivo, carestía de productos y servicios, migración del campo a las ciudades, abandono y deterioro del campo, y aumento de la pobreza, son entre otras, las consecuencias comunes de la sequía, que finalmente, tiene unos efectos más devastadores que otros fenómenos naturales, y además frecuentemente, de lenta, larga y costosa recuperación.

En México, la insuficiencia de agua es factor decisivo en que poblados y regiones completas sean abandonados por la población en etapa productiva, que buscan oportunidades en otros lados, ya sea en las grandes ciudades o en el extranjero, situaciones que frecuentemente aumentan los efectos sociales del fenómeno. Los pueblos fantasmas, donde en el mejor de los casos quedan mujeres, niños y viejos, que viven de lo escaso que produce la tierra y de lo que reciben de los hombres que han emigrado, son una prueba patente y patética de los alcances y del impacto que produce la sequía. Ahí existe desnutrición y abandono, que afecta sobre todo a la población infantil y senil. Lamentablemente, no son raros los casos en otras naciones más desfavorecidas, donde la muerte por inanición es una situación común, que se agrava por problemas políticos, guerras, etcétera.

Dada la relatividad del fenómeno, la sequía puede existir en una condición específica para algunos sectores o desde un punto de vista, y para otros no, cuyas condiciones de uso y demanda sean diferentes; por ejemplo, mientras el sector agrícola puede tener severas restricciones en los volúmenes asignados en un periodo determinado, el sector industrial, de menor consumo, puede no tener problemas para disponer de las cantidades necesarias. Las definiciones del fenómeno y de los conceptos asociados no son precisamente escasos (WMO, 1975), generándose muchos de ellos por diversos autores en tiempos y lugares diferentes, pero la mayoría tienen validez sólo para condiciones

locales o específicas, y se salen de contexto cuando se trata de aplicarlas a condiciones diferentes; las relaciones cualitativas entre los diversos tipos de sequía se muestran en la Figura 4.2, en la cual la variable tiempo de duración es determinante (Velasco y Collado, 1998a).

Cuando una sequía se presenta, en mayor o menor grado, por lo general afecta a todos los usos y usuarios del agua, y dependiendo de su duración y de la intensidad que adquiera, los efectos pueden ser desde leves y fácilmente recuperables hasta de severas consecuencias, con un largo y costoso periodo de recuperación (Gibbs, 1975; Velasco y Collado, 1998). Es posible que el llamado cambio climático esté propiciando la mayor variabilidad en la ocurrencia del fenómeno; así, es un tanto común que en un mismo periodo y en regiones no tan alejadas entre sí, en una se presenten lluvias torrenciales con grandes avenidas e inundaciones, mientras que en otras se tengan severos déficit por falta de lluvia: aun cuando es todavía impreciso definir un comportamiento estricto en elementos que inciden o causan o están estrechamente relacionados con la sequía y el déficit de agua, la tendencia que se ha observado da indicios sobre la elusividad en su comportamiento (Acosta Godínez, 1988).

4.1 Enfoques de su apreciación

Para evitar confusiones en cuanto al significado del fenómeno, conviene tomar en cuenta la siguiente reflexión: aunque el término *sequía* describe una amplia gama de situaciones que tienen como factor común la presencia de agua en cantidades menores a lo "normal", debe tenerse presente que la sequía, como tal, es uno más de los múltiples componentes climáticos, que eventualmente se presenta o puede presentarse en cualquier tiempo y lugar, llevando consigo la alteración de las condiciones habituales medias; una de las consecuencias más evidentes y potencialmente desastrosas de la sequía es el *déficit de agua*, el cual es un factor enteramente artificial, antropogénico, producto y efecto de las actividades humanas.

Frecuentemente ambos términos se emplean como sinónimos, pero un análisis más detallado conduce a establecer que son fenómenos completamente diferentes, al menos en su origen (Klemeš, 1973), aunque esa diferencia es muy sutil. La sequía siempre ha existido, y se estima que en los Estados Unidos de Norte América (USA) en cualquier tiempo hay una región severamente afectada o con algún grado apreciable de gravedad (NDMC, 1998), y más cierto aún considerando el mundo en su conjunto. En cambio, el déficit puede o no existir y hasta podría decirse que no siempre ha existido, pues sólo es función de los grupos y sociedades humanas, de su grado de desarrollo. Ello es más dramáticamente evidente en las regiones de escaso desarrollo, como varias naciones africanas, sobre todo las situadas en y al sur de la faja del Sahel, en donde la sequía acaba con plantaciones, animales y gente.

Más todavía, sequía es la insuficiencia temporal de agua, y es diferente a la *aridez*, que implica un estado permanente de falta del recurso. Si las áreas desérticas y semi-desérticas de por sí ya tienen un déficit hídrico, ello las hace más vulnerables a la ocurrencia de la sequía. Este factor hace que el país en su conjunto, y particularmente la parte norte, la más desarrollada en los sectores agrícola e industrial, sufra severos desequilibrios ante el ataque del fenómeno. Igualmente, la llamada "canícula" o sequía inter estival, así como los típicos periodos "de secas o estiajes", que usualmente ocurren en México de noviembre a mayo, de forma sensiblemente periódica, tampoco son sequías en el sentido estricto del término, ya que su presencia es esperada en forma normal. En síntesis, la

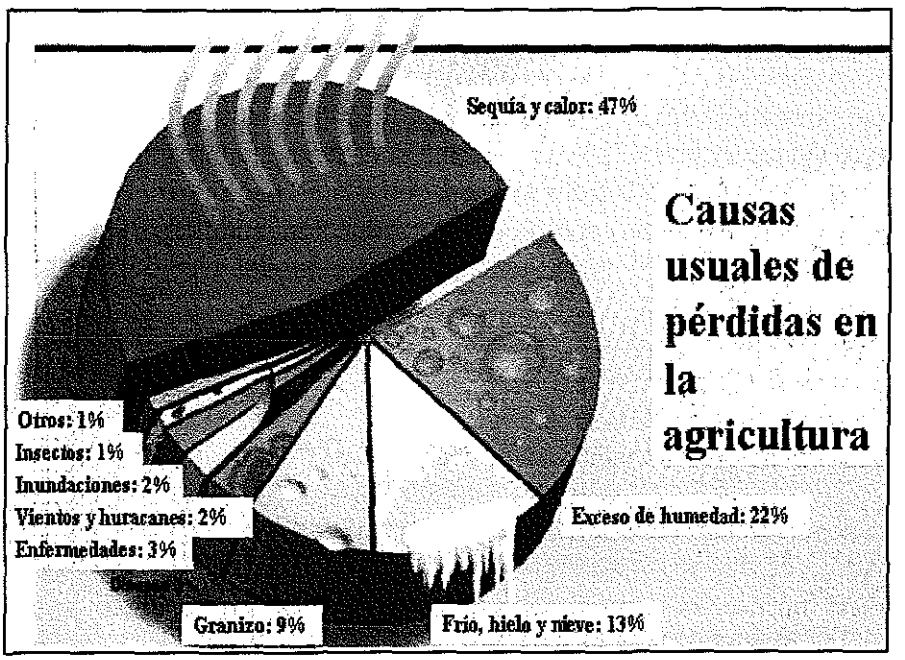


Figura 4.3.- Proporción estimada de pérdidas en cultivos por efecto de diversos fenómenos naturales, sólo en los Estados Unidos de Norte América (Fuente: Managing Risk, 1997)

sequía existe cuando, debiendo haber agua en forma normal, no la hay o es insuficiente; en su manifestación más clara y objetiva: cuando no llueve en periodos en que *debería* de llover, porque el comportamiento histórico así lo indica.

La sequía es un fenómeno poco espectacular, y quizá por esto no llama mucho la atención y se tiende a subestimarlo. Se comporta como los ladrones sofisticados: avanza sigilosa y progresivamente y uno se da cuenta de su presencia cuando su ataque ya está en marcha; en general no provoca daños estructurales a las obras, sino que más bien las inutiliza por inactividad, derivada de la ausencia o insuficiencia de agua (Campos Aranda, 1996).

Por ello, es común la tendencia a menospreciar su presencia, esperando que sea algo de corta duración y sin mayores incidentes No obstante, de acuerdo con evaluaciones de los daños y pérdidas que provoca, sobre todo cuando se prolonga por mucho tiempo (más de dos años) y se combina con altas temperaturas, vistos en conjunto y en relación a la agricultura, son por lo general mayores a cualquier otro fenómeno natural, como huracanes, granizadas, heladas, plagas, etc.(NDMC, 1998), y se estima que puede alcanzar una proporción hasta del 47% del total de pérdidas en valor de las cosechas por fenómenos naturales (Figura 4.3) en el país más desarrollado del mundo. De aquí que si la producción primaria de alimentos se ve afectada en estas proporciones, y si la región tiene una alta dependencia de este sector, los efectos negativos sean también severos.

En los últimos años, tanto en México como en diversas partes del mundo, pareciera que las sequías son más recurrentes y de mayores proporciones (Escalante y Reyes, 1998); desde la perspectiva de que cada vez se está más cerca de la capacidad de los sistemas hidrológicos, e incluso que en muchos casos ya se alcanzó el límite, cualquier deficiencia, por leve que sea, tiene un efecto negativo en los esquemas sociales y económicos; así, si la demanda aumenta, aunque la recurrencia y persistencia de la sequía se mantenga o incluso que disminuya, la vulnerabilidad y el riesgo de los sistemas socioeconómicos aumentará (Wilhite, 1997).

México, como país donde la agricultura es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, y es alta la dependencia de las actividades agrícolas, tanto de riego como de temporal, la vulnerabilidad de este sector implica un alto riesgo ante la presencia de las sequías, que han

asolado grandes extensiones y propiciado severos desajustes a la economía regional y nacional. También influye en este hecho la gran variedad fisiográfica y climática del país, así como su situación geográfica, que hacen que gran parte de la superficie tenga características áridas y semiáridas, por situarse en la franja desértica del hemisferio norte, y por lo cual la vulnerabilidad natural también es alta, además de la aparentemente mayor recurrencia y persistencia del fenómeno, presumiblemente por efectos adicionales de la actividad humana a los naturales. Así, no es nada raro observar en extensas áreas del altiplano mexicano que sistemas completos de producción, antaño productivos y fuente de la estabilidad social y económica local, ahora son eriales abandonados y en decadencia.

4.2 Principales efectos del déficit de agua

El riesgo por efectos de la sequía puede expresarse como:

Riesgo natural x Vulnerabilidad = Riesgo total

Las componentes de la sequía pueden caracterizarse como (Wilhite, 1993):

Riesgo natural(hazard): el intrínseco a la marcha climática y/o cambio climático, pero que ocurre sin intervención ni control humano.

Vulnerabilidad: comprende los factores sociales, como la población y sus actividades, así como las características ambientales inducidas que son susceptibles a las condiciones adversas de la sequía. La vulnerabilidad está determinada por la habilidad para anticiparse, resistir y recobrarse de la presencia de la sequía.

Riesgo total (risk): es el efecto potencial adverso de la sequía, como producto de la frecuencia y severidad de la misma, así como de la duración.

Los impactos de primer orden en general se limitan a los de carácter biológico, daños en plantas y animales, mientras que los de orden superior se asocian con el daño socio económico, los grados de responsabilidad y los cambios o efectos a largo plazo. Por cada uno de los grandes rubros de daño, estos se clasifican en:

Económicos:

- pérdida de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera
- recesión en la tasa de crecimiento económico regional
- pérdida de ingreso de productores, comerciantes, transportistas, etc.
- aumento en la demanda de energía
- decremento en industrias y actividades asociadas y/o dependientes
- desempleo y tirantez de créditos y actividad bancaria; menor flujo de activos
- disminución de ingresos y beneficios vía impuestos

Ambientales:

- daño a los ecosistemas
- erosión y pérdida de suelos
- degradación de la calidad del agua y del aire
- degradación del paisaje

Sociales:

- escasez de cantidad y calidad de alimentos
- problemas de salud y aumento de morbilidad en sectores vulnerables
- conflictos entre usuarios y sectores del agua
- desigualdad en la absorción del impacto
- baja de la calidad de vida e incremento de la pobreza
- inestabilidad social, marginación y migración hacia áreas urbanas o al extranjero

Aunque paradójico, durante una sequía también hay sectores, empresas e individuos para quienes el fenómeno significa ganancias; es decir, no todo son pérdidas ni efectos negativos. Entre los sectores que pueden obtener beneficios por la presencia del fenómeno figuran (NDMC, 1998):

- los productores agrícolas de otras áreas, que sacan al mercado sus excedentes a precios significativamente mayores,
- los transportistas y comerciantes, que aumentan sus actividades y precios, para movilizar y vender alimentos, maquinaria, herramientas, animales, etc.
- los industriales y constructores relacionados con el agua: productores de motores, bombas y accesorios, tuberías, equipo eléctrico y de control y medición, así como las compañías perforadoras, estimuladoras de lluvia, de tratamiento de agua, etc.
- empresas suministradoras de energía eléctrica y combustible, por el aumento en la producción y consumo de energía para refrigeración.
- empresas farmacéuticas y de servicios de salud, por el aumento de los padecimientos
- la tecnología, en general, tiene un desarrollo más acelerado y vigoroso, impulsada por la necesidad de hacer un mejor aprovechamiento de la poca agua disponible; la sequía es el gran motor del desarrollo tecnológico.

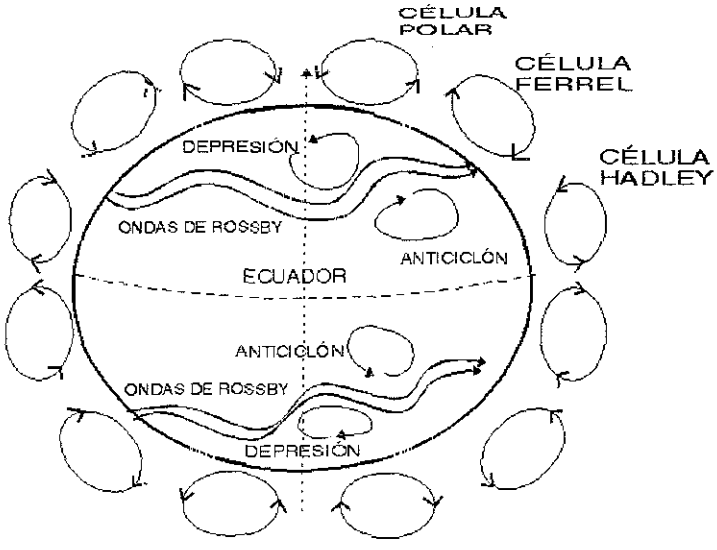


Figura 4 4.- Representación esquemática de las características generales de la circulación atmosférica (Adaptado de Herderson-Sellers y McGuffie, 1990).

Presumiblemente, es de esperarse que a futuro tendrán más peso las empresas aseguradoras, en la medida en que se entienda y extienda la socialización de los riesgos relativos a la sequía, lo cual generaría flujos adicionales de recursos para mitigar el impacto a menor costo. Actualmente, los elevados

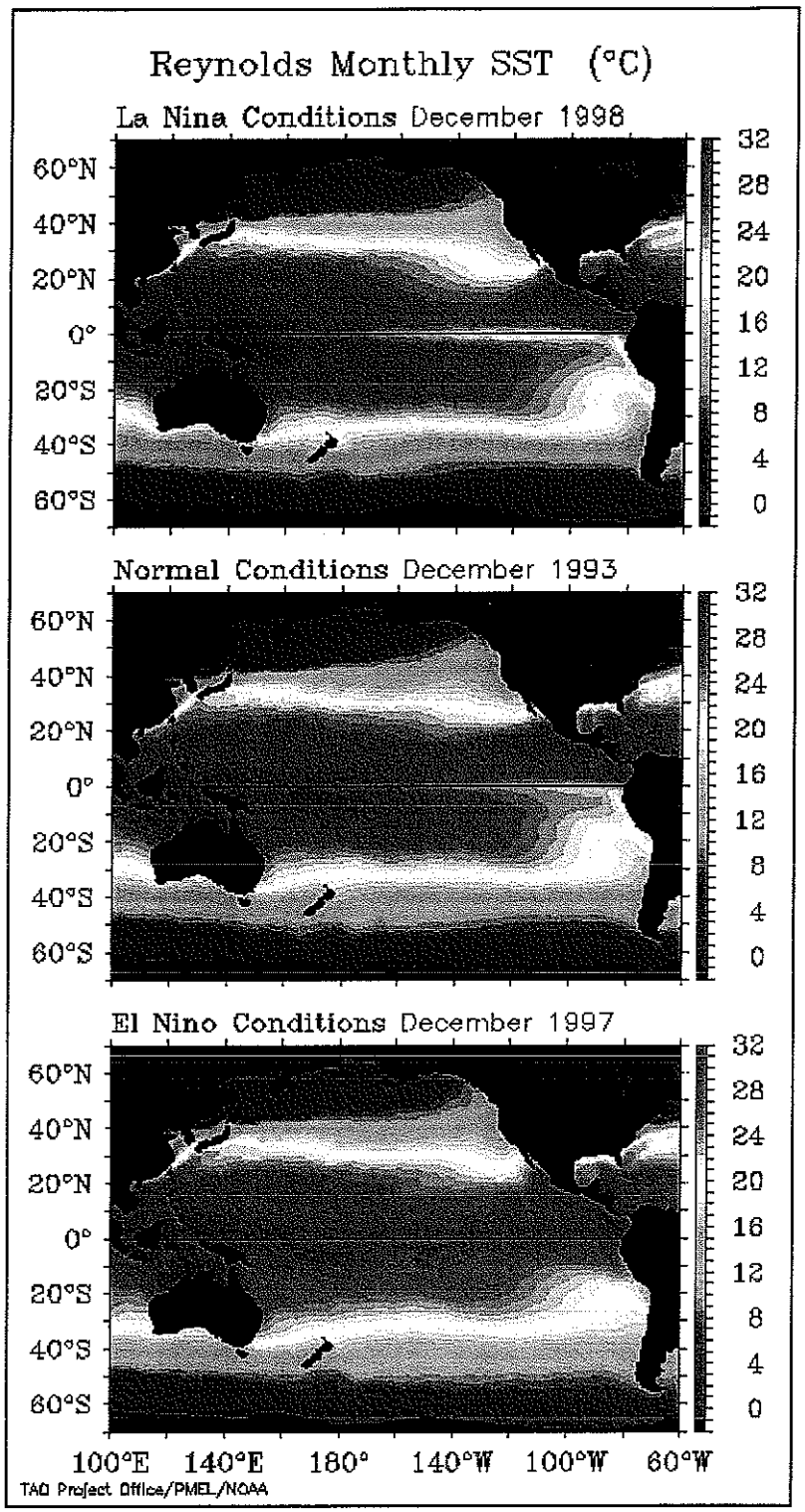


Figura 4.5.- Fases fría (La Niña), normal y cálida (el Niño), en las perturbaciones de la temperatura superficial de Océano Pacífico, y su influencia en las masas continentales. (Adaptado de www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino/nino-lw.html)

costos del riesgo en comparación con el beneficio, cuando el fenómeno no se presenta, hacen que la actividad sea limitada, pero sus posibilidades son amplias y atractivas.

4.3 Causas comúnmente aceptadas de su ocurrencia

Al fenómeno de la sequía se le conoce más por sus efectos que por sí mismo; esto es, dado el amplio espectro del fenómeno, su persistencia y sus características tan particulares y a la vez tan elusivas, podría decirse que aún las definiciones más amplias y completas se quedan cortas en acotar lo que se pretende definir.

Si bien los efectos de una sequía generalizada se dejan sentir y afectan a todo un sistema geográfico, económico, demográfico e hidrológico, en especial, desde el punto de vista de las actividades humanas, cada sector tiene un particular enfoque del problema. Ello plantea la dificultad de llegar a un punto de acuerdo común y general en el que converjan los puntos de vista y las diversas opciones con que el fenómeno es visualizado, entendido y sobre todo afrontado en sus consecuencias.

Las zonas áridas son lugares en donde la humedad disponible normalmente es insuficiente para sostener el potencial vegetativo y de actividades económicas regionales o locales, y ello tiene su explicación en la situación geográfica, la influencia de la

orografía, la altitud, la conformación geológica, etc, factores todos ellos que conforman conjuntamente el paisaje característico de estas zonas (Velasco-Molina, 1991).

Desde luego, estas áreas también están sujetas a la ocurrencia de las sequías, y de hecho son más vulnerables, lo que contribuye aún más a agravar la de por sí difícil situación hídrica. Algo curioso de estas áreas es que tanto el hombre como diversos animales y plantas tienen un gran poder de adaptación a vivir en esas condiciones (aunque, desde luego, la adaptación humana es de carácter básicamente social, mientras que para el resto de los seres vivos es eminentemente natural), frecuentemente extremas, de humedad y temperatura, desarrollando mecanismos de resistencia y defensa, que incluso les permiten prosperar y formar verdaderos ecosistemas, desarrollados y establecidos; la influencia humana, por supuesto, frecuentemente significa una alteración negativa a las condiciones que en forma natural constituyen el ambiente.

También es de puntualizar que por las mismas razones, sobre todo geográficas, existen zonas más propensas a padecer la sequía, como en México lo son los Altiplano Central y del Norte, tanto por su lejanía respecto a las grandes masas de agua, como por su altitud y latitud, que las ubica en la franja de las altas presiones y estabilidad atmosféricas.

Esto queda evidenciado por la conocida distribución teórica de la circulación atmosférica, esquematizada en la Figura 4.4, que de entrada permite ubicar al país, en la zona de alta presión y estabilidad atmosférica, y con ello la elevada posibilidad y susceptibilidad a la falta de agua.

Desde luego que este esquema tiene variaciones, impuestas por condiciones locales o regionales, como son la orografía y el desigual calentamiento de aguas y tierras, lo cual modifica, y a veces de manera sensible el patrón general, ocasionando con ello condiciones locales que pueden diferir notablemente de lo esperado.

Tal es el caso de la Oscilación del Sur *El Niño* (ENSO, por sus siglas en inglés), que es una perturbación de gran alcance, que se puede presentar con cierta periodicidad y cuyos efectos de hacen sentir en amplias zonas del planeta. Para el caso de México, se supone que este fenómeno tiene un efecto positivo, sobre todo en las resecas áreas del Norte y Noroeste ("Se espera otra visita de El Niño", 1994), en las que su presencia provee de la humedad para satisfacer las necesidades regionales de la misma; desde luego, ello significa efectos adversos en otras áreas del mundo. La figura 4.5 muestra esquemáticamente las fases del ENSO. La Niña, que es la fase fría del ENSO, es la parte del fenómeno que en general trae efectos adversos al país, cuando la lluvia disminuye.

Sin haber aún una comprobación fehaciente, sino por la coincidencia con que ocurre, es probable que la actividad solar también tenga influencia en la alteración de los movimientos atmosféricos, y con ello en la ocurrencia de la sequía. Se ha observado que la presencia de manchas solares, que ocurren alrededor de cada 11 años, podría ser más que circunstancial: la modificación de la tasa con que llega la energía solar a la tierra incide en el cambio de temperatura y presión atmosféricas y con ello en que los patrones regulares de circulación se alteren.

Similarmente, es probable que aún en pequeña escala, aunque creciente, las actividades humanas están influyendo en el mismo fenómeno. Las crecientes concentraciones de CO_2 en la atmósfera y su consecuente calentamiento, la alteración de la capa superior de ozono y el aumento

de partículas suspendidas en el aire, producto de la quema de combustibles fósiles, una de cuyas manifestaciones es el *efecto invernadero*, pueden modificar las condiciones normales de humedad y precipitación.

Por otra parte, la deforestación y cambio de uso del suelo, propician la desertificación de amplias zonas, haciéndolas más susceptibles y vulnerables a la falta de agua (Fullen and Mitchell, 1994).

En resumen, se acepta que las causas usuales de la sequía tienen una amplia componente natural, representada por la modificación de los patrones de circulación de la atmósfera, a lo que contribuyen *El Niño* y la variación en la actividad solar, por una parte, y también a la actividad antropogénica, evidenciada por la quema de combustibles fósiles, la deforestación y alteración de los sistemas ecológicos naturales. Todo ello se manifiesta en el calentamiento de la atmósfera y sus correspondientes efectos, que en algunas regiones se manifiestan por aumento en la cantidad e intensidad de la precipitación, y en otros por la disminución de la lluvia.

4.4 Métodos de análisis

El análisis de las sequías se puede enmarcar en cuatro aspectos principales (Goldman, 1985)

1.- Determinación de la naturaleza del déficit de agua, es decir, qué tipo de sequía se requiere analizar y de qué elementos o información se disponen y requieren.

2.- Identificar el tiempo y periodos de análisis, es decir, de acuerdo con el tipo de sequía, los periodos de análisis pueden ser diarios, semanales, mensuales, estacionales, anuales, etc.

3.- Establecer un nivel de truncamiento (NT) acorde con los dos puntos anteriores, que refleje la realidad de la demanda respecto a los suministros disponibles. Este NT es la referencia que distingue los eventos altos (excesos) de los bajos (sequías), también conocido como *umbral* o *nivel de referencia* (véase la Figura 4.1).

4.- Estimar el alcance regional del fenómeno, ya que por lo general, la sequía abarca grandes áreas geográficas y el análisis de unos pocos sitios puede ser insuficiente para apreciar su dimensión real.

En la medida en que las sequías se han vuelto más catastróficas, o en que los sistemas de uso del agua son más vulnerables, han adquirido importancia como fenómenos que requieren análisis detallados, y aunque no se ha llegado a certezas definitivas en su tratamiento, sí se han obtenido avances importantes que permiten conceptualizar y abstraer el problema; ello ha llevado a generar métodos e índices que de alguna manera pretenden caracterizar el fenómeno desde diversas perspectivas. Así, se han generado indicadores relacionados sólo con la lluvia, con la lluvia y la temperatura, con el agua en el suelo y las características de los cultivos, con los índices climáticos y la evapotranspiración, etcétera (WMO, 1975).

Otro enfoque interesante y útil de visualizar el fenómeno es su análisis desde diversos puntos de vista, dependiendo de quién lo hace:

El usuario del agua: preocupado por obtener la cantidad suficiente y oportuna del recurso para cumplir sus metas de producción y mantener su ingreso, así como proteger las inversiones y la planta productiva, ya sea industrial, agrícola, de servicios, etc. En condiciones de escasez, la primera reacción es lograr la cantidad suficiente para sus intereses, aún a costa de los demás, con lo cual se generan los conflictos; después, ante el avance del fenómeno, buscará maneras de ser más eficiente y de participar en la búsqueda de soluciones comunes. A final de cuentas, es quien más resiente el ataque del fenómeno, y a quien conviene mejorar sus perspectivas de uso del recurso ante situaciones de escasez, buscando alternativas que mitiguen el impacto.

El administrador u operador de sistemas hidráulicos, a quien básicamente le preocupa que los volúmenes disponibles sean suficientes para suplir los requerimientos mínimos de sus usuarios, y que no se alcancen periodos o situaciones en los que no pueda cumplir con una demanda mínima y con ello se generen los consabidos conflictos entre usos y usuarios. Su visión es de carácter práctico y se apega al buen juicio y al sentido común, a través de soluciones técnicamente viables, social y políticamente aceptables, y económicamente factibles. Para él, la planeación a mediano y largo plazos, mediante criterios y métodos fundamentados y congruentes, es la mejor opción sobre la cual diseñar y aplicar estrategias que sostengan la funcionalidad del sistema.

El investigador científico, que ve en la ocurrencia de la sequía la oportunidad de estudiar sus causas, efectos y particularidades, desde una perspectiva objetiva y rigurosamente científica e imparcial, con la aplicación de metodologías fundamentadas y consistentes. Con ello pretende probar teorías y aportar explicaciones plausibles del fenómeno y elementos de juicio que apoyen las decisiones a tomar tanto por usuarios como por administradores del recurso. Sus métodos apoyan el mejoramiento de la planeación y, desde un enfoque imparcial y objetivo, permiten buscar y encontrar soluciones aceptables y viables ante situaciones de creciente severidad y riesgo.

También existen sutiles diferencias de apreciación del fenómeno dependiendo del ambiente en que se vive y de la estrechez o cercanía en la relación con el agua: entre los habitantes rurales y los de los centros urbanos; estas diferencias de visión también contribuyen a la complejidad en el entendimiento de la sequía, restándole objetividad a su tratamiento. Para los primeros es preocupante ver un cielo sin nubes cuando es tiempo de que llueva, ya que la insuficiente humedad les impide sembrar o ven sus plantas y animales con sed; desde entonces hacen su pronóstico de que será una temporada difícil. Para ellos, la lluvia es una bendición esperada con anhelo, sobre todo si no disponen de riego artificial, ya que de ello depende su actividad, sus ingresos y su bienestar. Un año lluvioso significa cosechas abundantes, mayores ingresos y bienestar, progreso y estabilidad. Uno o más años secos implica carestía, hambre, falta de ingresos, abandono del campo y más pobreza.

Los habitantes de la ciudad, usuarios comunes de agua potable a través de una toma domiciliaria, en general son menos sensibles al fenómeno, sobre todo si no han tenido una relación directa o frecuente con el ambiente rural. Comienzan a preocuparse cuando al abrir la llave del agua de su casa, ven que no sale o que es muy poca; para cuando esto sucede, lo más probable es que ya la sequía está en una fase avanzada; para ellos, la lluvia es una molestia porque interfiere con sus actividades. El problema de la falta de agua lo ven como algo que debería solucionar "el gobierno": encharcamientos, inundaciones, falta de pavimento, congestionamiento del tráfico. Igualmente molesto les resulta no poder lavar con manguera sus autos, sus banquetas, y regar sus jardines, y sobre todo tener que limitarse a usar menos agua, cuando el sentimiento e idea es que deben disponer

de cuanta necesiten, puesto que "la pagan". Por lo general no existe un conocimiento del esfuerzo y costo que implica llevar el agua hasta la llave, lo que redunda en que no se tenga mucho cuidado en su uso y preservación.

Para fines de mitigar el impacto, el análisis de la sequía debe basarse en encontrar fundamentos, criterios y estrategias que pretendan dar respuesta a tres cuestiones primarias:

- ¿Existe actualmente un estado de sequía, o está por iniciarse?

- Si la sequía existe actualmente ¿cuál es su severidad, magnitud y tiempo esperado de duración, y los efectos esperados o previsibles?

- Si la sequía existe actualmente o está iniciando y se pueden estimar sus características ¿qué es lo que se puede y debe hacer? ¿cuáles son las estrategias y acciones más adecuadas para que el impacto sea mínimo? ¿existen condiciones para soportar un largo periodo de escasez y cuál sería el costo de ello en términos sociales, económicos y ambientales?

Obviamente, no es posible dar respuestas categóricas a las primeras dos cuestiones, ya que la elusividad del fenómeno por su alto nivel de incertidumbre no lo permite, pero un adecuado y continuo monitoreo de las condiciones ambientales de oferta y demanda, da elementos para avizorar, al menos a corto plazo, cuáles podrían ser las perspectivas inmediatas, y con ello tomar las precauciones mínimas, de tal suerte que se actúe con reserva en la planeación y operación del recurso, en respuesta a las últimas interrogantes (Postel, 1991).

La experiencia muestra que es un alto riesgo, a menudo con resultados negativos, comprometer volúmenes más allá de lo razonable, esperando que la generosidad de la naturaleza hará el milagro: cuando se dispone de fuentes de suministro como los embalses, es usual que los usuarios prefieran usar el agua actualmente, y arriesgarse a que en los periodos siguientes no haya la suficiente con los efectos previsibles. En análisis estadísticos es posible demostrar que así como es más probable que a un periodo húmedo le siga otro periodo húmedo, también es más probable que a un periodo seco le sigan otros del mismo tipo (Estrada-Lorenzo, 1994); es decir, si ocurre un periodo seco y se utiliza toda el agua disponible sin prever que los siguientes periodos también lo pueden ser y no se toman las precauciones mínimas razonables, el riesgo de sufrir escasez es alto.

La incertidumbre del acontecer natural es alta y compleja, y los actuales avances científicos y tecnológicos son aún insuficientes para pronosticar adecuadamente la ocurrencia de la sequía, de tal suerte que la manera actual más viable para afrontarla es la previsión.

En general, la herramienta más utilizada en el análisis de la sequía como fenómeno natural es la estadística. La aplicación de métodos estadísticos a series de tiempo o a conjuntos de datos permite dimensionar el fenómeno en términos del déficit que causa, así como la duración, severidad y magnitud relativos a un umbral determinado.

En la cuantificación de la ***sequía meteorológica***, existen diversos métodos, entre los que destacan:

- los *deciles*, que consiste en poner en orden ascendente los valores anuales o mensuales de lluvia, y dividir el conjunto en diez partes iguales.

Tabla 4.1.- Clasificación de la lluvia según los deciles.

decil	***Interpretación***	***decil***	***Interpretación***
10	mucho muy arriba	5 y 6	normal
9	muy arriba	4	ligeramente abajo
8	arriba	3	abajo
7	ligeramente arriba	2	muy abajo
		1	mucho muy abajo

De esta manera se tienen 10 grupos de valores (Tabla 4.1) que convencionalmente, por la magnitud de sus valores, se clasifican así, con respecto al valor medio del total de la muestra:

Así, el primer decil significa la cantidad de lluvia que no es excedida por el 10% del total, en el segundo decil la cantidad que no es excedida por el 20%, etc. (Medina y Espinoza, 1998). En términos descriptivos, la equivalencia de los deciles a la sequía puede decirse que es (WMO, 1975):

incipiente para el decil 4
moderada para el decil 3
severa para el decil 2
crítica para el decil 1

Probablemente este enfoque como primera aproximación es útil, pero no es suficiente para describir la gravedad del fenómeno, ya que si la lluvia anual no supera el 10% de lo normal, las condiciones resultantes son más que críticas, abiertamente catastróficas. En periodos anuales se pierde precisión y objetividad; por ello este método puede tener mejor significado si los periodos de análisis son mensuales, ya que en ese lapso sí es posible apreciar las variaciones mayores que usualmente se presentan.

En condiciones más realistas y frecuentes, los *percentiles* son más descriptivos. Si se considera que de mediano a largo plazo las variaciones tienden a atenuarse, entonces la clasificación del exceso o déficit de lluvia en percentiles puede plantearse según la Tabla 3.3.2.

Tabla 4.2.- Clasificación de la sequía según los percentiles de la lluvia anual.

Percentil	***Significado***	***Percentil***	***Significado***
48 a 52	normal	33 a 40	severa
45 a 47	incipiente	25 a 32	crítica
40 a 44	moderada	menos de 25	catastrófica

Esto basado en el convencionalismo (que se tratará más a detalle en el Capítulo 11), de que si el déficit para satisfacer una demanda normal es del 5 al 10%, la sequía es incipiente, del 10 al 20% es moderada, del 20 al 35% es severa, y del 35 al 50% es crítica; en complemento, se sugiere que si el déficit supera el 50%, entonces la sequía es catastrófica.

Por otro lado, la clasificación de la sequía según el área afectada a nivel de país o gran región es como sigue (Medina y Espinoza, 1998), y se propone lo referente a nivel cuenca hidrológica, con referencia a México. Dado que usualmente el fenómeno se presenta en áreas extensas, con frecuencia abarcando cuencas hidrológicas completas, ésta clasificación puede tener la connotación de la parte derecha de la Tabla 4.3.

Tabla 4.3.- Clasificación de la sequía en función de su extensión.

Nivel país o gran región		***Nivel cuenca hidrológica***	
% del área afectada	***Categoría de la sequía***	***% del área afectada***	***Categoría de la sequía***
menor de 10	local	menor de 20	local
11 a 20	vasto	20 a 35	vasto
21 a 30	muy vasto	35 a 50	muy vasto
31 a 50	extraordinaria	50 a 70	extraordinaria
mayor de 50	catastrófica	mayor de 70	catastrófica

- la *normal climatológica de precipitación*. Aún cuando lo "normal" se discute, por ser sólo un concepto, su utilidad es manifiesta por ser estadísticamente el "valor medio" o "esperado" de que ocurra tal o cual cosa.

Dado un registro histórico de lluvia, para un periodo específico puede estimarse el valor medio que se esperaría ocurriera. Esto sería lo normal o esperado. De acuerdo con algunos autores (Linsley *et al.*, 1978, por ejemplo), la normal climatológica debe calcularse para periodos de 30 años. Mayor tiempo puede llevar implícitos cambios naturales o antropogénicos que desvirtúen la información. Periodos menores pueden no reflejar las cualidades del fenómeno a analizar.

Aún cuando se pueden estimar normales climatológicas de lluvia diarias, semanales, decenales, trimestrales, o de cualquier otro periodo, lo más usual es hacerlo para periodos mensuales, que equilibran la cantidad de datos a procesar y representan el periodo de tiempo apropiado de análisis, de tal suerte que se obtiene una visión del panorama y un manejo de la situación acordes con los procesos de planeación, seguimiento y evaluación.

Las normales climatológicas mensuales de lluvia pueden ser acumuladas y sin acumular. Sin acumular dan una idea elocuente de cómo se distribuye la lluvia esperada en los diversos meses o

periodos del año, y es útil para efectos de planeación, cuando es necesario formar escenarios de comportamiento de la lluvia a diversos niveles de probabilidad. Una normal de lluvia sin acumular, con 30 años de información, en combinación con la normal mensual de temperatura, conduce al climograma, representación gráfica de los dos parámetros climáticos más importantes de un lugar dado, en sus condiciones medias.

Cuando la normal anual es acumulada, es más útil para efectos de seguimiento, ya que se facilita la comparación de lo que se esperaría que lloviera hasta determinado mes, contra lo que realmente ha llovido. Dado que usualmente una sequía dura varios meses, la comparación de los valores acumulados conduce a la idea cuantitativa del tamaño del déficit. La magnitud del déficit (o exceso) tiene una importancia directa en estimar las consecuencias. Además, referido al periodo más decisivo, la temporada de lluvias, el déficit que se presente durante ella tendrá mayor impacto en los usos del agua. Es decir, si durante los periodos de estiaje -antes y después de los periodos lluviosos- llueve menos, es menos determinante y riesgoso que si deja de llover en la temporada normal esperada. Así, es también fácil y útil estimar si ha habido desfases en los periodos lluviosos, su magnitud y de allí, el análisis de las repercusiones y las medidas a tomar.

Para cada mes, la normal mensual se obtiene simplemente por el valor medio aritmético de los datos disponibles. Los parámetros estadísticos adicionales, como la desviación estándar, el sesgo o asimetría, la kurtosis, el coeficiente de variación y otros, complementan el valor y utilidad del método. En este caso, el tratamiento clásico determinístico es válido porque la correlación o dependencia estadística entre los datos se ha demostrado que es baja, y que por tanto puede obviarse.

La normal climatológica comparativa de la precipitación tiene una repercusión directa en la estimación de los escurrimientos hacia los embalses. Y resulta definitivamente aún más decisiva en las áreas de temporal, que tienen una dependencia más directa de la lluvia que humedece los suelos y alimenta los cultivos de los que depende abiertamente la población y economía de esas áreas. Así, cualquier anomalía en la ocurrencia de la lluvia puede significar severas alteraciones en el campo.

- Índice de Precipitación Estandarizada (*SPI, standardised precipitation index*). Este es un índice reciente, desarrollado en la Universidad de Colorado (McKee *et al.*, 1993, 1993a), para dar seguimiento a la sequía meteorológica de cualquier plazo, con base únicamente en la ocurrencia de la lluvia.

La fundamentación teórica de este índice es que, dado que en general los registros de lluvia tienen un buen ajuste a la función de densidad de probabilidad (pdf) Gamma [de hecho, la pdf Gamma es una de las que mejor ajuste tienen en la generalidad de los casos, cuando las lluvias son estacionales], es entonces posible calcular para cada caso los parámetros funcionales con los cuales hacer las estimaciones de la cantidad de lluvia a diversos niveles de probabilidad. Un requisito de esta *pdf* en su forma original es que no haya valores "cero", y lo usual es que sí los haya -no los datos perdidos, sino cero como valor: que no hubo lluvia-, aún en las regiones típicamente húmedas. Este inconveniente se supera al hacer las adecuaciones necesarias para llegar a la pdf "Gamma mixta" (Campos Aranda, 1988). Para los detalles teóricos de este índice, véase el anexo 26.

Definidos los parámetros de la pdf gamma, esta función es poco común utilizarla en la práctica, pero sí es posible transformarla a una pdf normal estándar, la conocida función llamada

campana de Gauss, con media cero y varianza uno. Bajo esta transformación, los valores medios de la lluvia para un periodo dado se transforman en el cero o valor medio de la pdf normal estándar, y las desviaciones respectivas -mayor o menor lluvia- están representadas en términos de la desviación estándar (Edwards and McKee, 1997).

Este es un índice que está teniendo amplia difusión y aceptación en el gremio meteorológico, y está utilizándose progresivamente en las agencias y dependencias en los países desarrollados, como una alternativa fundamentada, congruente y apropiada en el seguimiento de la sequía. Instituciones como el National Drought Mitigation Center (NDMC, 1998), lo empiezan a usar como un método estándar a nivel estatal, regional y de país, y de acuerdo con sus estimaciones y comentarios, es éste probablemente el mejor índice actual.

Desde luego, podría parecer insuficiente para determinados propósitos, por ejemplo cuando se trata de relacionarlo con el suelo y sus características, ya que únicamente toma en cuenta la lluvia, pero al considerar que la lluvia es la fuente primaria de la humedad que determina la sequía, entonces es un índice adecuado, sólo de tipo meteorológico.

La versatilidad del SPI estriba en que dado un registro continuo de valores mensuales de lluvia, que puede incluir valores "cero", mediante un programa de cómputo explícitamente desarrollado para ello por los autores del método y disponible a los usuarios interesados, se hace el ajuste a la pdf gamma y luego la transformación a la pdf normal estándar. Lo interesante es que además de obtener el índice mensual, se tiene opciones de obtenerlo para diferentes periodos, a elección, desde un mes en adelante, aunque lo más usual es hacerlo a tres, seis, 12, 24, 36 y 48. Tal como se muestra en el Capítulo 5, los valores obtenidos se dibujan en un gráfico que ilustra cómo ha sido la "eficiencia de la lluvia" retrospectivamente y a diversos periodos.

Esto conlleva a disponer del índice a diferentes escalas de tiempo. La utilidad de ello es que un índice mensual no siempre resulta ilustrativo de las condiciones reales. En las áreas de secano puede resultar más importante analizar el comportamiento de la lluvia en la estación lluviosa, digamos en el periodo julio-agosto-septiembre, y ello se puede lograr con el SPI a tres meses. Por otro lado, visto a más largo plazo, el comportamiento anual de la lluvia mediante este índice da mejor idea de cómo se reflejaría en los escurrimientos, de especial interés para las áreas de riego.

Los valores numéricos del índice son más acusados -variables- en la medida en que la escala temporal es menor; así, para el SPI mensual, se tiene más variación que para el SPI anual. La razón es simple: a mayor escala, los valores se atenúan y tienden a la media.

Para diversas estaciones con información, situadas en la zona afectada, calculado el SPI a la escala de interés, esos valores se pueden dibujar en planos en los que se muestren líneas de isovalores del índice, y con ello se tiene una representación espacial de cómo ha sido la evolución de la lluvia respecto a sus condiciones medias de la escala temporal elegida.

Dadas las ventajas y características del SPI, se considera que su aplicación en México es útil, y complementaría el análisis usual de la lluvia como elemento primordial de la sequía. Lo mostrado en el capítulo 5 es lo elemental del SPI, pero da una idea aproximada de su potencialidad y uso. Además, puede ser un excelente complemento de los mapas de isoyetas, ya que en referencia a un

periodo determinado, además de saber cómo se distribuyó espacialmente la lluvia, si también se conoce la distribución espacial de su eficiencia respecto a las condiciones medias, entonces con ello se forma un panorama más amplio y objetivo de las condiciones de humedad.

La ***sequía agrícola***, está relacionada explícitamente con la insuficiencia natural de agua en el perfil del suelo, de tal manera que las plantas no obtienen la suficiente para satisfacer sus requerimientos hídricos.

Uno de los índices más ampliamente usados en USA es el conocido *Índice de severidad de sequía de Palmer (ISSP)*, desarrollado a mediados de la década de 1960. Aunque su valor final es sólo una cifra que muestra la gravedad de la situación hídrica, su obtención es un proceso complejo que requiere mucha información, la cual frecuentemente no existe o es incompleta, y por tanto se tienen que hacer suposiciones que no siempre pueden ser acertadas o cuya generalidad ocasiona que el ISSP sea relativo. Es descrito a detalle por su autor en Palmer, 1965.

La escala de valores del índice se muestra en la Tabla 4.4, los cuales son valores convencionales.

Este índice fue desarrollado para la región de Oklahoma, Kansas y Iowa (USA), en donde el contraste estacional es muy marcado, y por tanto existen periodos definidos de lluvia, frío, calor, estiaje, etc. Además de la información de lluvia mensual, temperatura, evaporación y evapotranspiración, utiliza otros valores medidos o calculados, entre los que destacan:

- Características del suelo: profundidad, capacidad de retención de humedad, proporción de la capa superficial respecto a la profundidad de raíces en cuanto a disponibilidad y almacenamiento de agua, recarga, escurrimiento y pérdida potencial de agua, de donde se derivan los respectivos coeficientes, dados por la relación valor real/valor potencial.

- Características climáticas: evapotranspiración potencial (estimada por ejemplo, con el método de Thornthwaite), valores "climáticamente apropiados para las condiciones existentes" de evapotranspiración, etc.

Tabla 4.4.- Valores convencionales del ISSP para sequía con duración de 48 meses(Palmer, 1965)

Fase	valor de ISSP
Incipiente o inicial	-1.0
Moderada	-2.0
Severa	-3.0
Extrema	-4.0

El *ISSP*, aplicado en condiciones diferentes a donde fue desarrollado, requiere una calibración que no siempre es posible hacer, por no disponer de la información necesaria, o bien, porque los conceptos en los cuales está basado el índice no son aplicables u obtenibles. Así, la gran variabilidad de los suelos tanto en el perfil como en la extensión es una severa limitante, y suponer valores medios

o de otro tipo dan resultados no siempre adecuados. Los parámetros intermedios que adicionalmente se requieren, obtenidos de los valores reales y potenciales de las variables, hacen complejo y difícil el proceso de calibración y cálculo.

Básicamente, el *ISSP* es un balance mensual de los diversos componentes hidrológicos, relacionados con las condiciones meteorológicas y edáficas, así como con los cultivos, en términos de su consumo de agua. Por ello, a pesar de basarse en conceptos climatológicos, es un índice fundamentalmente agrícola, en que el balance, si resulta negativo durante varios meses seguidos, conduce a una situación de sequía agrícola, pero cuando las condiciones meteorológicas propician que la humedad del suelo aumente hasta satisfacer las necesidades evapotranspirativas, entonces la sequía desaparece y el índice pasa a ser positivo. Además, la evapotranspiración se calcula, no se mide, es específica por cultivo y depende de muchos factores del suelo, de la propia planta y de la atmósfera; por ende sus estimaciones difieren de un método a otro, lo que agrega relatividad e incertidumbre al método y al índice.

La publicación de WMO (1975), cita otros métodos para la sequía agrícola, como el de Thornthwaite, Fitzpatrick y Baier-Robertson, así como el de Palmer, que básicamente son métodos de balance de agua, y en el Apéndice I de la misma referencia, WMO, muestra una amplia e interesante relación de métodos o índices, por autor y con respecto al enfoque o parámetros principales: lluvia, lluvia y temperatura, agua en el suelo y características de las plantas, índices climáticos y evapotranspiración, etcétera.

Diversos autores y estudios (por ejemplo, NDMC, 1998) hacen comparaciones entre el *ISSP* y el *SPI*, y llegan a conclusiones casi definitivas de que, a pesar de la importancia del *ISSP*, su complejidad y supuestos lo ponen en desventaja frente al *SPI*, en donde la simplicidad y versatilidad de éste se imponen y dan una idea más intuitiva del fenómeno.

A partir de estos hechos, el *SPI* está desplazando al *ISSP*, y quizá sólo en la medida en que se pueda disponer de la información requerida por el *ISSP*, en la cantidad y calidad adecuadas, sería posible obtener el índice que fuera realmente representativo de las condiciones analizadas.

En cuanto a la ***sequía hidrológica***, los métodos de análisis son más específicos y pueden caracterizarse para cada condición o situación en que se aplique.

Cuando se trata de las *aguas subterráneas*, el indicador más directo de la sequía es la baja en los niveles piezométricos, que indica el desequilibrio entre las entradas al acuífero y las extracciones. El seguimiento en la evolución de los niveles indica en el tiempo el abatimiento, y ello, representado espacialmente, da una idea aproximada de la tendencia en función de la extracción. Los sistemas de uso que dependen del agua del subsuelo, cuando no hay una recarga que compense la extracción, pueden tener severas consecuencias en la disponibilidad de agua.

Debe tenerse presente que hay un desfase significativo entre la ocurrencia de la lluvia, la infiltración y percolación profunda, y su respuesta en el nivel piezométrico; así, pueden pasar meses e incluso años antes de que el agua superficial se convierta en subterránea, en el sentido estricto del concepto, debido a las bajas velocidades con que el agua viaja en el subsuelo. Esto tiene la

implicación de que ante una insuficiencia de agua superficial o un aumento sensible de la demanda, la mayor explotación del acuífero tarde en manifestarse, pero también es cierto que la recuperación será a largo plazo.

Esto lleva a la recomendación directa de la cautela que debe tomarse en la extracción de agua subterránea. En otras palabras, la sobreexplotación en tiempos de sequía tiene efectos perniciosos a largo plazo, más allá de la duración de la sequía meteorológica o agrícola. Por causas imputables a la sequía, cuando los acuíferos se explotan más allá de lo razonable y por un lapso prolongado, y se rompe el equilibrio entre extracción y recarga, llegan eventualmente al estado de incosteabilidad económica por los profundos niveles de bombeo, y también a la inutilidad de los mismos, por efecto de la contaminación, ya sea por aguas fósiles o por intrusión salina.

En cada acuífero explotado, debería llevarse sistemáticamente el registro de medidas de nivel, tomadas una o varias veces durante el año, en una época en que puedan dejar de operarse todos los pozos por varios días, a efecto de que las mediciones hechas reflejen un supuesto estado estable del acuífero. Con estas mediciones, referenciadas geográficamente (latitud y longitud), y con los valores de profundidad del agua, tanto respecto a la superficie del suelo como al nivel del mar, se forman planos que muestran la evolución de los niveles, y son los elementos más descriptivos para diseñar y apoyar las acciones y estrategias que permitan moderar las extracciones y el uso de esta agua.

Las medidas de abatimiento (usualmente expresadas en metros/año) son los parámetros más a propósito para evaluar la sequía relacionada al agua subterránea. Ésta es el agua más cara, después de la que no se tiene, y la fuente que tiene un periodo de retorno más largo, de manera que su cuidado, uso y preservación deben ser considerados de alta prioridad e interés. Esto implica propiciar la recarga al acuífero, ya sea por medios naturales, como es la retención de la lluvia en donde se produce para dar oportunidad a su infiltración hacia las capas profundas del subsuelo, o bien mediante la recarga inducida artificialmente, que se puede hacer por medio de pozos de inyección o bien por entarquinamiento del agua en zonas de alta permeabilidad (las llamadas *cajas de agua*, Palerm, 2001).

Respecto al *agua superficial*, que en general tiene una dinámica más intensa, con periodos de análisis mensuales y anuales, puede darse seguimiento y evaluar la sequía a través de hacer balances entre oferta y demanda.

La información hidrológica histórica relativa al escurrimiento en ríos y aportaciones a las presas, por un lado, y las extracciones o derivaciones controladas de los embalses por otro, son los elementos básicos que permiten establecer comparaciones entre ambos y establecer las reglas operativas que permitan un funcionamiento integral equilibrado.

La función reguladora de las presas permite retener y almacenar el agua producto del flujo superficial, sobre todo en la época de lluvias, para utilizarlo más tarde, cuando la demanda es alta. Las aportaciones son en general muy variables, presentándose eventualmente picos positivos en los excesos y negativos cuando hay déficit. Analizada como serie de tiempo, la información de entradas da la pauta de comportamiento de los escurrimientos, que aunque de un año a otro presentan patrones similares -periodos alternos de estiaje y abundancia-, vistos en conjunto y en perspectiva, existen marcados periodos multi anuales de menor aportación, así como bruscos picos positivos por periodos

más cortos de exceso.

El análisis de la secuencia de eventos en general muestra que no hay un patrón definido a largo plazo, o al menos no tan evidente, es decir, la tendencia o ciclicidad es mínima o nula, lo cual confirma el carácter errático tanto de la sequía como del exceso. Tampoco hay una regularidad clara en la ocurrencia de estos fenómenos, a pesar de cierta creencia de los periodos alternativos de siete años (de aquí el conocido dicho de los siete años de vacas flacas, en alusión al pasaje bíblico del sueño de José [Gn. 41]), aunque también se dice que ocurren cada once años. Si esta periodicidad existe, probablemente esté muy relacionada con la ocurrencia de *El Niño*, y probablemente influenciada por la ocurrencia de las manchas solares, pero esta teoría aún no se ha comprobado. En todo caso, si existe algún comportamiento explicable y quizá predecible, no es obvio.

Quizá debido a estas características, los intentos por analizar la sequía con los métodos típicos de carácter estocástico no han tenido mucho éxito: no alcanzan a explicar del todo el fenómeno. Esto es probablemente una manifestación más de lo complejo de la sequía, así como de su elusividad y relatividad, sin trayectoria, sin epicentro y sin inicio definidos. Un importante esfuerzo en este sentido es el hecho por Guerrero y Yevjevich (1975) en su análisis de las sequías a través de la teoría de las rachas.

Las extracciones de un embalse son procesos controlados, que obedecen o debieran obedecer a un programa previo, en el que se asignan volúmenes específicos en tiempos determinados para cada uso, a su vez en función de la demanda y con criterios definidos de asignación. Por tanto, en esta componente hay más regularidad, y es un proceso previsible, programable y bajo control.

Obtener los parámetros estadísticos de una muestra de valores de aportaciones, anuales por ejemplo, permite conocer la media, variación y sesgo, y sobre el valor medio pueden establecerse anomalías: positivas en los excesos y negativas en los déficit. Esto en sí mismo es una manera de caracterizar el fenómeno: las desviaciones o diferencias de cada periodo respecto a su media. Sin embargo, esto es válido cuando a la sequía se le trata sin relación a sus efectos en la sociedad, sino como el simple fenómeno natural.

Si el mismo tratamiento paramétrico se hace para las extracciones, los valores obtenidos de los parámetros son en general menores a los de las aportaciones: menor media y menor variación. También en este caso es posible obtener las anomalías de la extracción, como demanda, respecto al valor medio, pero ello no es suficiente si no se relaciona con la oferta.

Relacionar o comparar ambos aspectos, oferta y demanda, a pesar de las diferencias de origen como fenómenos, conduce intuitivamente a la idea del déficit: el efecto de la sequía natural en las actividades humanas cuando la oferta es insuficiente para satisfacer la demanda. De aquí entonces que un *umbral, nivel de referencia* o ***de truncamiento*** sea más válido para la sequía hidrológica, cuando se toma la media de las extracciones. La idea que justifica este concepto es que dado un sistema de aprovechamiento del agua a través de un embalse, para suplir la demanda media se requiere al menos tener la aportación media del mismo periodo (obviamente ésta es mayor que aquélla). Valores de aportación superiores a la extracción media significan un exceso, mientras que valores inferiores significan un déficit. Bajo este criterio, los déficit pueden cuantificarse en los parámetros que describen la sequía:

duración: el tiempo continuo en que la aportación es inferior a la extracción media.
severidad: valor acumulado total del déficit en el periodo de duración.
magnitud: valor promedio del déficit; severidad entre duración.
extensión: área geográfica en que se presenta el fenómeno

Con estas ideas es entonces factible evaluar las sequías presentadas en el periodo de análisis. Usualmente, sobre todo en las zonas donde es muy marcado el estiaje -donde los ríos bajan significativamente su caudal e incluso se secan-, evaluar los periodos de déficit tampoco conduce a definir alguna periodicidad en su comportamiento; son sensiblemente aleatorios.

Desde luego, la media de las extracciones es un umbral lógico, pero no el único. Dependiendo de qué tan elástica sea la demanda, podrá haber otros umbrales, incluso diferentes o variables en el tiempo. La diferencia de valores entre la media de las aportaciones y la de extracciones corresponde principalmente a las pérdidas por evaporación y filtración sobre el vaso. En la medida en que el tamaño hidrológico de la presa (*TH*=capacidad útil/aportación media) es mayor que la unidad es menor la probabilidad de derrames. Si *TH* es menor que la unidad significa que los derrames de la presa son o pueden ser frecuentes, es decir, que la presa es insuficiente para almacenar toda el agua que escurre.

Otro factor importante de tener presente es que en general, al agua captada por una presa durante un año es para utilizarse en el siguiente; es decir, hay un desfasamiento que precisamente es la capacidad de regulación del embalse. Por ello, en estos casos se dice que un año malo (seco) trae consecuencias negativas para el que sigue. Esto se refleja en las políticas de operación de las presas y los funcionamientos analíticos de los vasos, donde el agua se asigna previamente según el comportamiento hidrológico del ciclo registrado y del esperado inmediato.

Una cualidad importante del escurrimiento superficial, a diferencia de la lluvia, es que en general sí hay dependencia temporal: los valores (mensuales) previos influyen sobre los posteriores, y mientras más cercanía en el tiempo, mayor la dependencia, lo que se evidencia por el coeficiente de correlación serial, un parámetro específico de las series de tiempo. En este sentido, los modelos estocásticos (auto-regresivos: AR, ARMA, ARIMA, etc [Salas *et al.*, 1980]) tienen al citado coeficiente como parámetro básico. La aplicación de estos modelos tiene utilidad en la planeación, aunque la gran incertidumbre del acontecer hidrológico limita sus alcances.

La ***sequía económica*** junto con la ***social***, es la manifestación más tangible de la sequía natural y su correspondiente efecto antropogénico. Los impactos de la insuficiencia del agua se traducen en menor producción e ingreso, ya que los volúmenes disponibles durante el periodo no alcanzan para satisfacer toda la demanda en condiciones normales, y por ende hay restricciones que finalmente inciden en que la producción disminuya, y con ello se manifiestan sus impactos, desde una leve inconveniencia hasta los efectos más dramáticos.

De esta manera, la evaluación de la sequía económica es con base principalmente en conceptos económicos: productividad, eficiencia, ingreso, desempleo, etc. Un efecto típico del fenómeno es el alza en los precios de los productos, por diminución de la oferta, la tan conocida carestía. Así, el ingreso y el consumo *per cápita* durante periodos específicos bajan como consecuencia del déficit. El desempleo aumenta, así como el abandono del campo, la desaparición

de los hatos ganaderos y la producción pecuaria, y aumenta la migración hacia los centros urbanos.

El producto interno bruto (PIB) es uno de los parámetros que en términos económicos describen la actividad económica y productiva. La sequía es un factor importante de que el PIB disminuya y de que haya alteraciones sensibles entre los diversos sectores económicos.

Para la agricultura de riego, el sector que más agua demanda y consume, los análisis económicos en términos de superficies regadas, de volumen de la producción, de valor de la producción, de jornales utilizados y de productividad del recurso, dan indicadores del impacto de la sequía, y reflejan quizá más que en los otros usos, que la insuficiencia de agua tiene severos efectos negativos en un sector totalmente dependiente del recurso.

En términos sociales, si el ingreso disminuye, trae consigo problemas de baja en el poder adquisitivo, pobreza, desnutrición, marginación y hasta pérdida de valores humanos y culturales. El crecimiento de las zonas urbanas, de forma caótica, en gran medida se da por la migración del campo, y crea problemas adicionales en cuanto a los servicios, empleo, calidad de vida y bienestar en general. Frecuentemente, los recursos municipales no alcanzan para satisfacer aún las necesidades más básicas, y las condiciones de vida empeoran, sobre todo las de carácter sanitario.

Esto es un círculo vicioso que frecuentemente tiende a aumentar: la recurrencia y persistencia de la sequía, así como la descapitalización del campo y la cada vez mayor dificultad de encontrar apoyos para activar la economía rural; la creciente vulnerabilidad del sector agrícola y rural ante el incremento de la demanda de agua y el cambio de uso del recurso hacia los centros urbanos e industriales en donde adquiere más valor, todo ello confluye en que el campo sea cada vez más abandonado, o se concentre en unas pocas manos, alejándose de su propósito social. Entre otras razones, a esto se debe a que cada vez haya más campesinos sin tierra, que son simples asalariados y mano de obra barata y no especializada, que en casos de insuficiencia de agua, son los que más resienten sus efectos.

Así, los parámetros de bienestar social usuales (educación, vivienda, servicios, ingresos y poder adquisitivo, principalmente), aunque también pueden deberse a otros factores, en el caso de la sequía se manifiestan como efectos directos. Si los niveles mínimos de bienestar no se alcanzan por causa de la sequía, entonces ésta es crítica o catastrófica.

En relación a los demás tipos de la sequía (***ecológica*** o ***ambiental*** y ***recreativa***), los métodos de análisis son aún incipientes, porque en caso de insuficiencia de agua la prioridad la tienen los otros usos. No obstante, es importante tener presente los impactos potenciales en el paisaje así como en la biota, y que pueden tener repercusiones severas en relación con el equilibrio natural. En este sentido, el *gasto ecológico* es el parámetro base sobre el cual se estiman las condiciones de presencia y flujo de agua en los cauces y depósitos naturales, que garanticen una población mínima de las especies naturales, sobre todo las propias del área, que en muchos casos son endémicas.

Sin embargo, aún no hay consenso en cuanto a los criterios y métodos: dado el carácter de prioridad, es difícil asignar alguna cantidad al "desperdicio" -desde el punto de vista de que no produce beneficios económicos tangibles-, cuando esa misma agua se podría aprovechar con fines más productivos y de bienestar social. Esto es parte de la cultura ecológica y del agua: no estamos

preparados ni conscientes de qué tan importantes son los aspectos humanos, económicos y sociales como los naturales. No sabemos distinguir claramente la importancia que tienen en el medio ambiente los organismos que se desarrollan en condiciones naturales, y que la actividad humana ha destruido, desplazado o alterado. No obstante es una verdad que a final de cuentas se cumple: la naturaleza siempre se cobra las deudas por los daños que el hombre le inflige. Visto de otra manera, una sequía es la prueba patente de la fragilidad e impotencia del ser humano ante la grandeza y poder de una naturaleza presuntamente dominada. Esto es una concepción errónea: es el hombre el que debe adaptarse a las posibilidades del medio natural, y no romper el equilibrio que existe, so pena y riesgo de que el costo lo tenga que pagar sin discusión.

Finalmente, puede considerarse el concepto de *sequía operativa*: período durante el cual se permanece en estado de fallo en un sistema desarrollado de uso del agua. La sequía operativa puede ser la consecuencia de una sequía hidrológica, cuando se altera la rutina operativa de las obras, pero no necesariamente siempre es así, puesto que el fallo en un uso puede también tener su origen en un mal diseño del sistema, en una mala gestión o planeación, o en un accidente, así como por la combinación de dos o más de estas causas.

Esto conduce a la idea de que con frecuencia, los efectos de la sequía no sólo se deben al fenómeno por sí mismo, sino también a las fallas humanas, ya sea desde la fase de planeación, hasta la ejecución de los programas. Por ello, no es raro que los efectos tiendan a exagerarse: a veces, con tal de obtener mayor apoyo de los gobiernos, o de lograr beneficios mayores a los necesarios, los usuarios del agua magnifican los impactos. Incluso hay quienes pueden ver en la sequía la oportunidad de obtener ganancias que de otra manera no llegarían: cuando la sequía se toma como una bandera política y los gobiernos intervienen para proporcionar auxilio a los afectados, eso puede convertirse en una fuente de lucros adicionales para algunos, a costa de otros que sí requieren esos apoyos. Esta exageración del fenómeno, por tanto, significa pingües utilidades para unos pocos, y una real calamidad para otros muchos; en otras palabras, es un río revuelto.

5 INDICES METEOROLÓGICOS APLICADOS PARA EL MONITOREO DE LA LLUVIA

5.1 Área de estudio

Para el desarrollo de este trabajo, con el criterio principal de ser una región de las más castigadas por la sequía y el déficit de agua en los últimos años, se seleccionó la parte alta de la cuenca del río Conchos, que comprende desde el inicio del río hasta la presa La Boquilla, subcuenca identificada como 24-L, así como la subcuenca 24-N, correspondiente al río San Pedro, desde su inicio hasta la presa F. I. Madero. Ambas corrientes confluyen aguas abajo, ya en la subcuenca 24-K, en la cual el río Conchos conserva su nombre hasta desaguar en el río Bravo, y éste en su conjunto con todos sus afluentes forma la región hidrológica 24 (Figuras 5.1 y 5.2).

Figura 5.1 - Regiones hidrológicas de México, y la región número 24 del Río Bravo

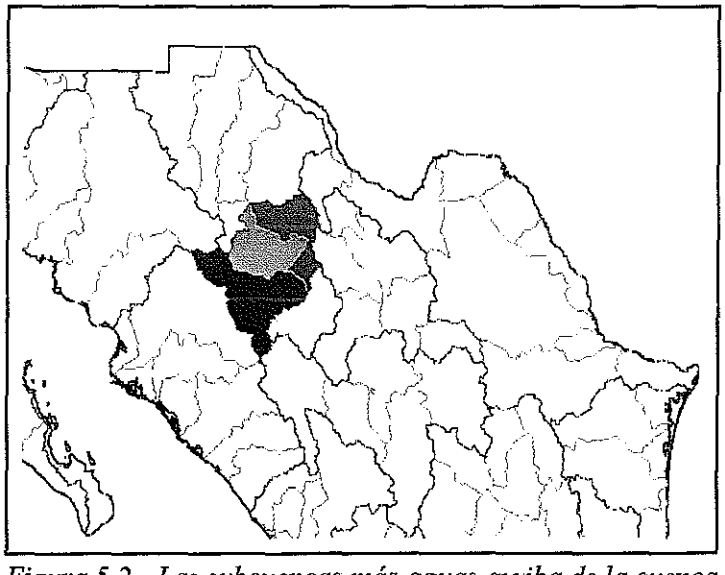


Figura 5.2 - Las subcuencas más aguas arriba de la cuenca del Río Conchos.

En términos generales, el área de estudio se ubica entre los paralelos 26 y 29° de latitud Norte, y los meridianos 105 y 108° de longitud Oeste.

La Figura 5.3, obtenida a través de digitalizar parcialmente el plano de INEGI (INEGI, 1982), sirvió además, para estimar las superficies de estas subcuencas, a través del procedimiento de cálculo del paquete de cómputo Surfer (Golden Software, 1995).

De acuerdo con el procedimiento, un arco de 3" (tres segundos) en la línea del Ecuador equivale a 90 metros, y a 50°N a 60 metros, por lo cual sin mucho error puede tomarse que a 26°N, un arco de 1" equivale a 25 metros; por tanto, un arco de 1° es el equivalente a 90 kilómetros, y a esa latitud, $(1°)^2$ corresponde a una superficie de 8,100 km^2. De esta manera, los valores calculados son:

para la subcuenca 24-N: 8,703 km^2
para la subcuenca 24-L: 15,562 km^2
para la subcuenca 24-K: 9,065 km^2
total del área de estudio: 33,330 km^2.

La subcuenca 24-K aunque propiamente no es parte de las áreas de captación de las presas, es importante por ser la zona donde se utiliza el agua, en la que se localiza una parte considerable del Distrito de Riego 05:

Delicias, Chihuahua.

De acuerdo con la clasificación climática de Köeppen, modificada por E. García (SRH, 1976), el clima característico de la zona es ***BWw(w)(e´)***: muy seco o desértico, con lluvias en el verano, la lluvia invernal es menor que 5% de la anual; muy extremoso, con oscilación anual en la temperatura mayor de 14°C. Es una de las regiones más continentales del país, donde los efectos de los vientos marítimos llegan muy atenuados.

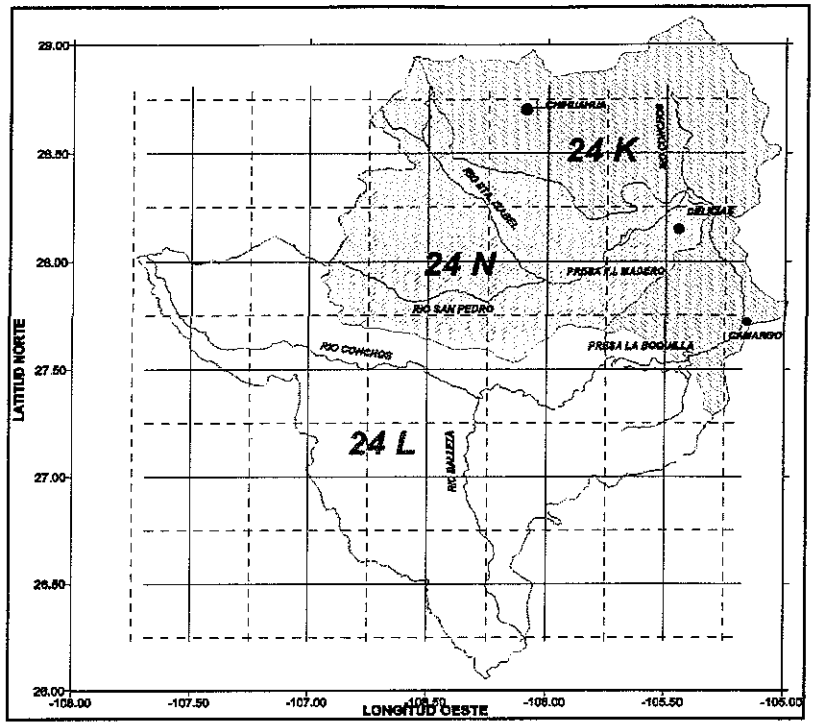


Figura 5.3.- Subcuencas del Río Conchos, donde se ubica la zona de estudio.

El área comprende parte de la vertiente oriental (interior) de la Sierra Madre Occidental, en la que la precipitación básicamente proviene de la humedad del Océano Pacífico, pero que por las grandes elevaciones de las montañas se ve sensiblemente disminuida, es decir, los efectos orográficos son decisivos. Ocasionalmente, cuando en el Pacífico se presentan huracanes, es posible que la lluvia en la zona sea mayor de lo normal, pero ello es poco frecuente. De parte de la costa oriental del país, su influencia se deja sentir sólo cuando las perturbaciones atmosféricas son muy grandes, aunque eso suele significar efectos dañinos en las regiones más cercanas al mar.

Por otra parte, independientemente de las barreras montañosas, la región se encuentra en la franja de alta presión atmosférica, en la franja de los grandes desiertos del hemisferio norte, que definen a las zonas áridas y semiáridas, caracterizadas por los vientos descendentes y secos.

La actividad económica principal es la agricultura de riego, establecida en el Distrito de Riego 05, que se abastece principalmente del agua almacenada en la Presa La Boquilla. La presa Madero, así como el acuífero local, son complementarios en el suministro de los requerimientos. Los grandes núcleos urbanos (Ciudad Delicias, Ciudad Camargo, Meoqui, principalmente), suplen sus necesidades en gran medida de agua subterránea; el desarrollo industrial es incipiente aunque con una acusada tendencia creciente, y el que existe se abastece también de agua subterránea. Así entonces, la casi totalidad de los volúmenes almacenados en las presas se destina a la agricultura, que es la actividad económica preponderante, haciendo del distrito de riego el más importante del estado de Chihuahua y de la región: las superficies sembradas, el valor de la producción y su valor agregado en agroindustrias y en producción ganadera hacen de esta zona un polo económico significativo, en el que además de los productores, convergen los industriales, comerciantes, financieros, intermediarios y demás actores del proceso social y económico; en complemento, es en ésta área donde se concentra la mayor disponibilidad de mano de obra, permanente de quienes son pobladores

residentes, y temporal de quienes acuden de otras regiones, y que significan una importante componente del esquema social.

La superficie registrada con derecho a riego en el Padrón de usuarios del distrito de riego es del orden de 84,519 hectáreas (DR, 1999), aunque en los últimos años la superficie máxima que se ha regado -con primeros cultivos- ha sido de 75,220 ha., en 1992-93. Además, existen unas 9,800 hectáreas que no están integradas aún al distrito de riego, las llamadas "Labores Viejas", primeras en tiempo, situadas en las riberas del río, anteriores a la conformación del distrito, con derechos reconocidos y con una demanda significativa de agua, que la obtienen a través de bombeos directos del río y de la presa de derivación Colina o Andrew Weiss, situada inmediatamente aguas abajo de la presa La Boquilla.

5.2 Isoyetas, climogramas y normal climatológica de precipitación

La primera fase en un estudio metodológico para afrontar sequías es realizar algunos estudios básicos, de diversa índole, que permitan conocer las características naturales y antropogénicos que inciden en la sequía y en el consecuente déficit inducido de agua. Estos estudios son de tipo climatológico, hidrológico, económico, social, etc.

En el área seleccionada existen diversas estaciones climatológicas, y con la información disponible de sus registros se han obtenido varios aspectos que caracterizan al área. En primer término, se han obtenido las isoyetas medias anuales, con información de 20 estaciones, y también para efectos comparativos y de contraste, se calcularon las isoyetas para 1999, un año que ha sido típico en cuanto a sequía; en las Figuras 5.4 y 5.5 se muestran estos mapas.

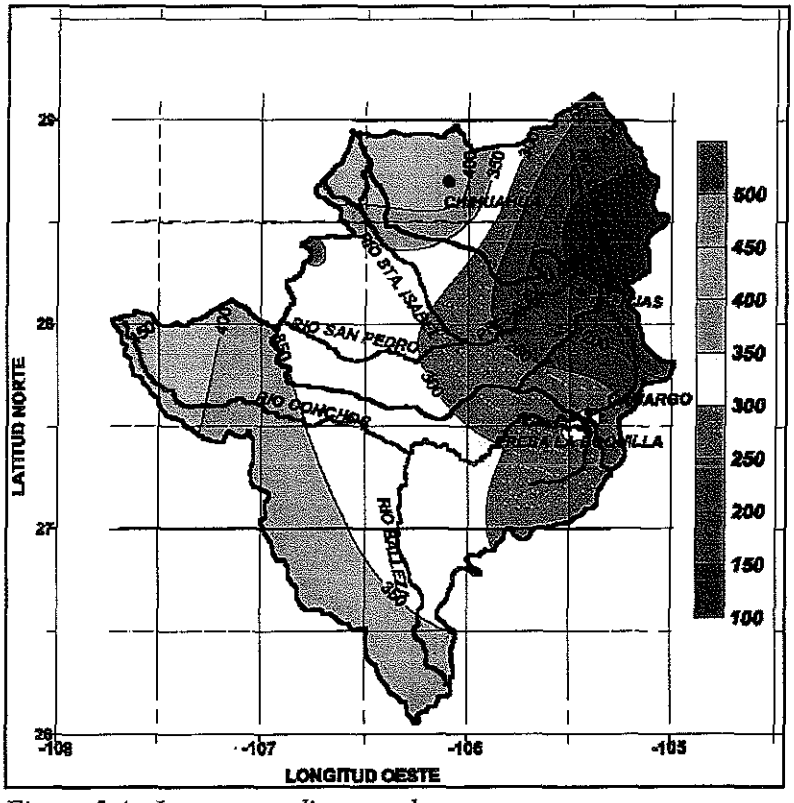


Figura 5.4 - Isoyetas medias anuales, en mm.

El año 1999 fue de menor lluvia respecto al promedio anual, lo que se tradujo en sequía y déficit de agua, ya que los escurrimientos hacia los embalses también fueron menores a los promedios estadísticos; con ello, 1999-2000 como año agrícola tuvo sensibles limitaciones en cuanto a la disponibilidad de agua almacenada y extraída para cumplir con un plan de riegos "normal": se suprimió el ciclo otoño-invierno y hubo restricciones en los demás; desde luego, los segundos cultivos fueron inexistentes. Esta menor cantidad de lluvia se muestra en la Figura 5.6, en la que se ha plasmado como porcentaje de la

normal la lluvia ocurrida en 1999. Como se ve, a excepción de pequeñas áreas de la región, en general hubo menor precipitación y con ello la consecuente sequía y el déficit.

Así, considerando en su conjunto el área de estudio, en general sí hubo significativas disminuciones, incluso hasta del 40% en la parte oriental y norte. Esto tuvo un efecto directo también en los volúmenes captados por las presas, que a su vez limitó las superficies regadas en 1999-2000, además de que disminuyó el aprovechamiento directo de la lluvia por los cultivos, que en condiciones normales puede significar el equivalente a un riego.

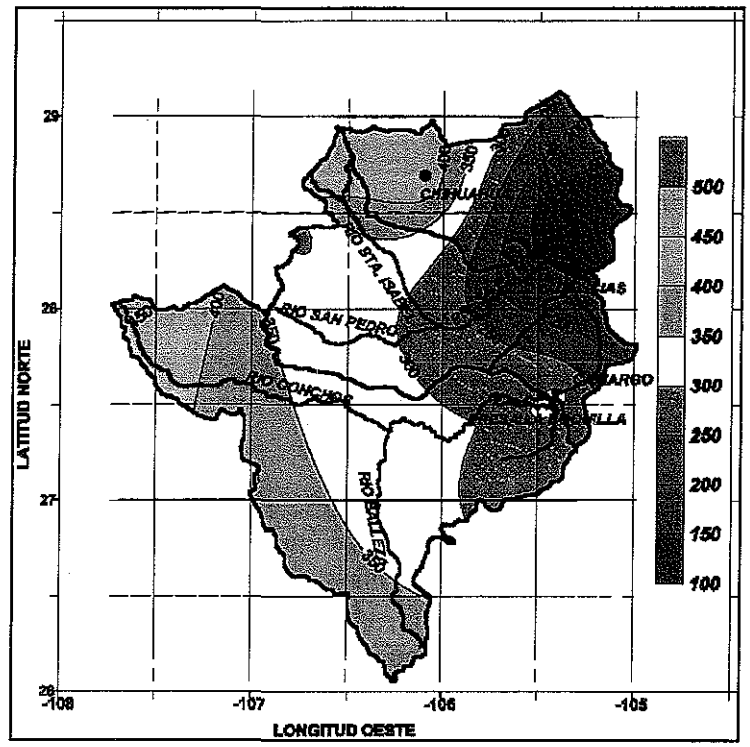


Figura 5.5.- Isoyetas de 1999, en mm.

También es útil caracterizar conjuntamente el comportamiento medio de las variables lluvia y temperatura para sitios específicos, que sean representativos del área; esto es, los climogramas (representación gráfica de ambas variables en su condición normal mensual) son ilustrativos de las condiciones medias de cada lugar en cuanto a esos dos parámetros básicos que definen en gran medida el clima. Las Figuras 5.7 y 5.8 muestran climogramas tipo, en este caso para las estaciones representativas de Ciudad Delicias (08044) y presa La Boquilla (08085).

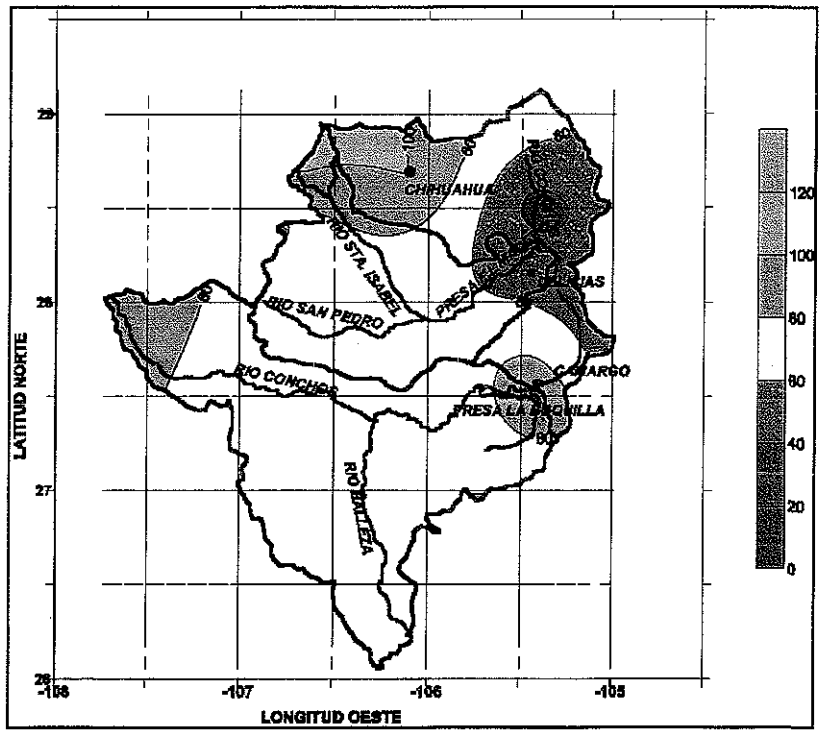


Figura 5.6.- Porcentaje de lluvia en 1999 respecto a la normal anual.

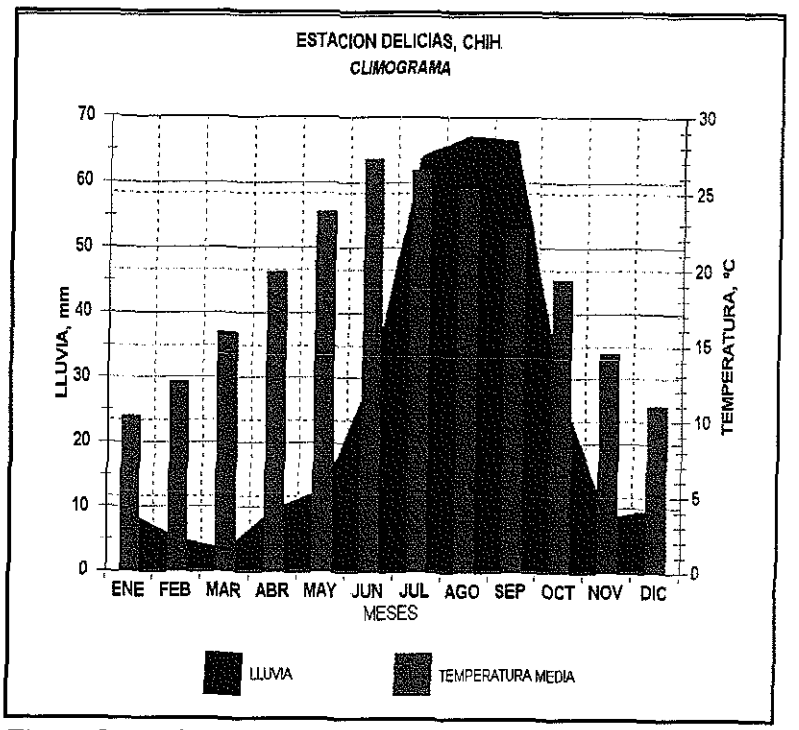


Figura 5.7.- Climograma para la estación 08044.

Desde luego, estas condiciones medias son sólo abstracciones de lo estadísticamente esperado, de acuerdo con el registro disponible; son valores abstractos pero que indican la tendencia a largo plazo del comportamiento esperado de esas variables.

En complemento, puede obtenerse, para cada estación, la normal mensual acumulada de lluvia, que sirve como marco de referencia para hacer comparaciones entre años de interés o periodos específicos; la Figura 5.9 muestra un ejemplo de este resultado para la estación 08085. Aunque es posible calcular la normal diaria de precipitación, en general, en condiciones prácticas son los valores mensuales los de mayor uso, para efectos de planeación, operativos, de seguimiento y evaluación. La interpretación y utilidad de la normal mensual acumulada de precipitación es interesante porque muestra objetivamente el comportamiento de cada periodo, y su comparación con lo esperado da una idea muy aproximada e intuitiva de la diferencia con lo ocurrido.

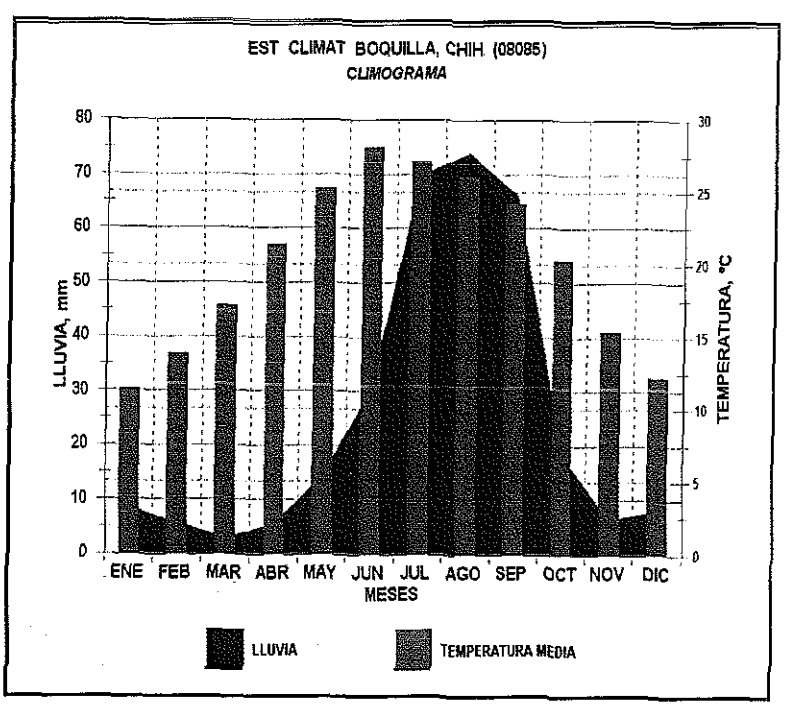


Figura 5.8.- Climograma para la estación 08085.

Con estos elementos es posible hacer comparaciones entre los valores esperados mensuales y los que se presentan en un año o años particulares, con lo cual se tiene una idea más que cualitativa de la insuficiencia o abundancia de lluvia, y con ello hacer inferencias sobre los posibles efectos. Esto es particularmente útil si se realiza para el periodo que está en desarrollo, ya que si las condiciones actuales son diferentes de lo esperado, entonces la tendencia en el comportamiento permite hacer deducciones que se traduzcan en acciones y estrategias precautorias.

De acuerdo con la información disponible, parte de la

cual se muestra analizada en la Figura 5.9, sólo los años 1990, 1991 y 1992 fueron iguales o superiores a la media anual, mientras que de 1993 a 1999 los valores de precipitación han sido inferiores, en esa estación 08085, de donde puede inferirse, que como una consecuencia, esos años han sido deficitarios, incluso algunos con severidad, como 1994, 1995 y 1998, en los que la lluvia fue muy baja en el área representada por esa estación y en general en la cuenca, y por ende su efecto fue directo tanto en el aprovechamiento directo por los cultivos durante el periodo de lluvia, como en la captación en los embalses por efecto del escurrimiento, tal como se mostrará cuando se trate lo relativo a los escurrimientos y volúmenes almacenados en las presas.

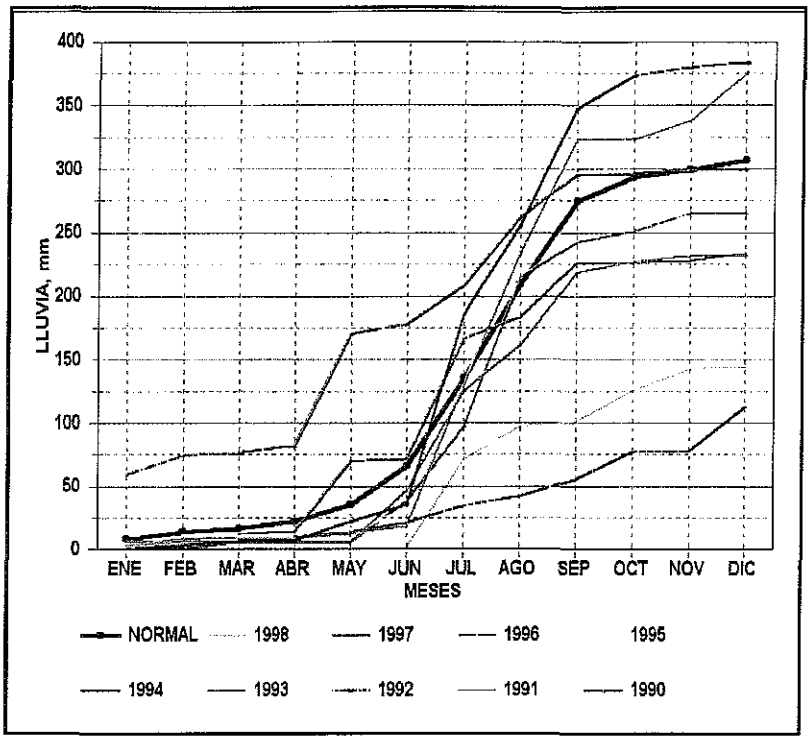


Figura 5.9.- Normal mensual acumulada de lluvia, y su comparación con años seleccionados, para la estación climatológica 08085

En la Figura 5.10 se muestra la comparación, en milímetros y en porcentaje, de la lluvia acumulada ocurrida durante 1998 respecto a la media. Ahí se aprecia que las diferencias son grandes, y por ende las consecuencias esperadas también. Sobre estas consideraciones, y al tomar en cuenta una cantidad representativa de estaciones en toda el área, es posible sacar una medida ponderada que refleje, para un periodo dado, la insuficiencia de la lluvia. Cabe aclarar que además de la distribución temporal, la espacial también es importante, ya que, para efectos de escurrimiento, almacenamiento y disponibilidad, es más conveniente y valioso que llueva en las partes altas de la cuenca que en la zona de cultivos.

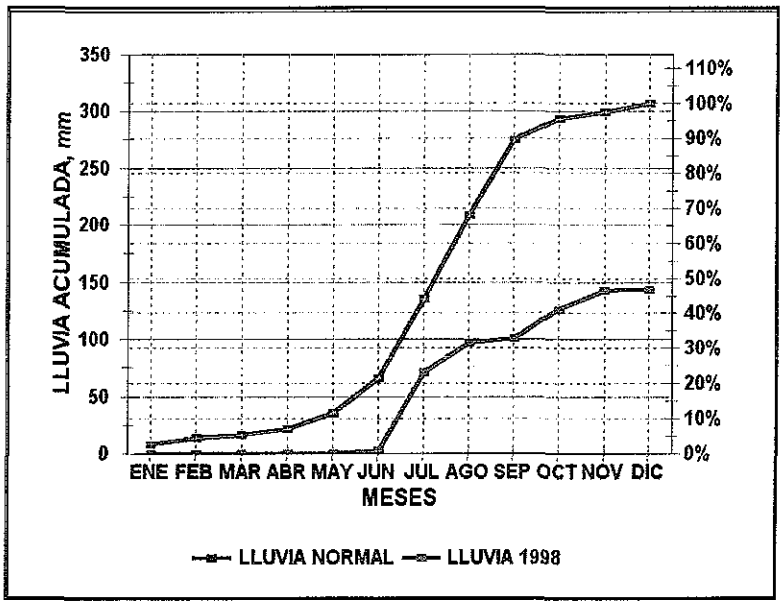


Figura 5.10.- Comparación de la lluvia mensual ocurrida en 1998 respecto de la lluvia normal, para la estación 08085.

La diversidad de estaciones climatológicas del área, que

aparentemente son muchas, tiene en realidad severos problemas:

- sólo algunas pocas tienen registros continuos y completos, que además sean confiables, y en su mayoría están localizadas en la planicie de riego. Esto hace que sean insuficientes para hacer inferencias, análisis y cálculos sobre el área de captación de las presas; entre otros aspectos, no es sencillo establecer una relación directa entre las fases lluvia y escurrimiento.

- varias de las estaciones que resultarían de mucho interés y utilidad, como las ubicadas de la parte alta de la sierra, donde es importante conocer la precipitación (como Creel, El Vergel, Majalca, Balleza, San Juanito y Borja), dejaron de operar por falta de presupuesto o cambios institucionales, y los registros disponibles sólo permiten estimar los valores anuales pasados, pero no actualizados. Así, no hay o es poca la compatibilidad en la información climatológica, y con ello es difícil lograr la uniformidad que permita hacer deducciones y análisis apropiados.

- algunas otras estaciones, ubicadas en lugares muy próximos entre sí, han sido operadas por diferentes organismos (CFE, Gobierno del Estado, la extinta SARH, CNA, etc), y muestran valores registrados muy diferentes de la misma variable en el mismo periodo, lo que las hace poco confiables.

- a pesar de la patente necesidad de contar con información climatológica suficiente y confiable, las diversas instituciones ajenas a CNA prácticamente ya no tienen ni operan estaciones, y es entonces indispensable iniciar el programa de instalación, con cobertura tal que la información que se genere sea la requerida.

Con estas deficiencias los estudios climatológicos son incompletos e insuficientes, pero con la información disponible se han obtenido los resultados mostrados. Desde luego, el que exista información suficiente y actualizada en la zona de riego y en los centros grandes de población es una ventaja, y para esas áreas es posible caracterizar adecuadamente sus condiciones generales y específicas, pero en el resto de la zona de estudio sólo se pueden hacer inferencias aproximadas, que no siempre pueden resultar apropiadas. En general, son tantos los faltantes de información que difícilmente se podría complementarlos por algún proceso numérico.

Algunas de las razones que han dado origen a esta situación es que, sobre todo para las estaciones más alejadas, el registro de información no se hace con mucha regularidad, y ello porque los registradores son más bien voluntarios, que no reciben una paga, sino en el mejor de los casos, una compensación simbólica que cada vez tiene más problemas para realizarse. La falta de mantenimiento y ajuste a los instrumentos, la falta de uniformidad y capacitación en los métodos, la desmotivación en registrar datos que el registrador no sabe en qué se utilizarán, y, sobre todo, la falta de presupuesto, son factores que inciden en que la información necesaria no se tenga, con las cualidades deseadas.

5.3 El SPI para la región a diversas escalas temporales

Como se ha mencionado, se ha elegido el llamado Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés), que en base sólo a la lluvia mensual registrada permite cuantificar, tanto en tiempo como en espacio, la gravedad del fenómeno (McKey *et al.*, 1993). La hipótesis básica conceptual es que la lluvia como fenómeno tiene un ajuste aceptable a la función de densidad de probabilidad

media cero y varianza uno, en la que los valores finales de la variable lluvia ajustada representan el SPI (Edwards and McKee, 1996). Para mayor abundamiento de los aspectos teóricos de este índice, véase el anexo 26.

Para las 20 estaciones en las que se dispone de registros completos y actualizados a julio de 2000 se calculó el SPI, el que se muestra en las Figuras 5.11 y 5.12 para las mismas estaciones 08044 y 08085.

La Figura 5.11, que comprende todo el periodo de registro de la estación 08044, permite visualizar retrospectivamente a largo plazo los periodos anuales en los que se ha presentado sequía meteorológica, es decir, los periodos en los que la lluvia ha sido inferior a la media histórica registrada.

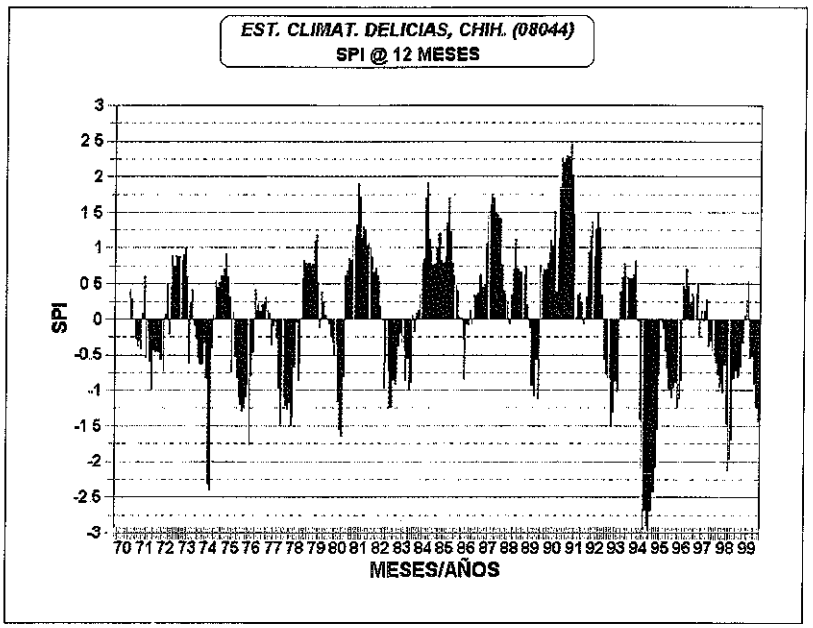


Figura 5.11.- SPI anual (12 meses), adimensional, calculado para la estación climatológica 08044, de 1970 a 1999

Su interpretación es que para cada valor mostrado en la gráfica en el eje vertical, significa el valor del SPI para los 12 meses (incluyendo el presente) anteriores en su conjunto; esto es, es el SPI anual desde cualquier mes para el último año (mayo-abril, septiembre-agosto, enero-diciembre, etc). La Figura 5.12 muestra lo propio para la estación 08085 para el periodo 1990-1998, en periodos de 3 meses (enero-febrero-marzo, junio-julio-agosto, octubre-noviembre-diciembre, diciembre-enero-febrero, etc). El significado e interpretación son similares: para un mes dado, el valor del SPI es el valor del índice para los últimos 3 meses en su conjunto, e indica la abundancia o escasez de lluvia en ese periodo. Los valores característicos para esta escala temporal del SPI son los mostrados en la Tabla 5.1.

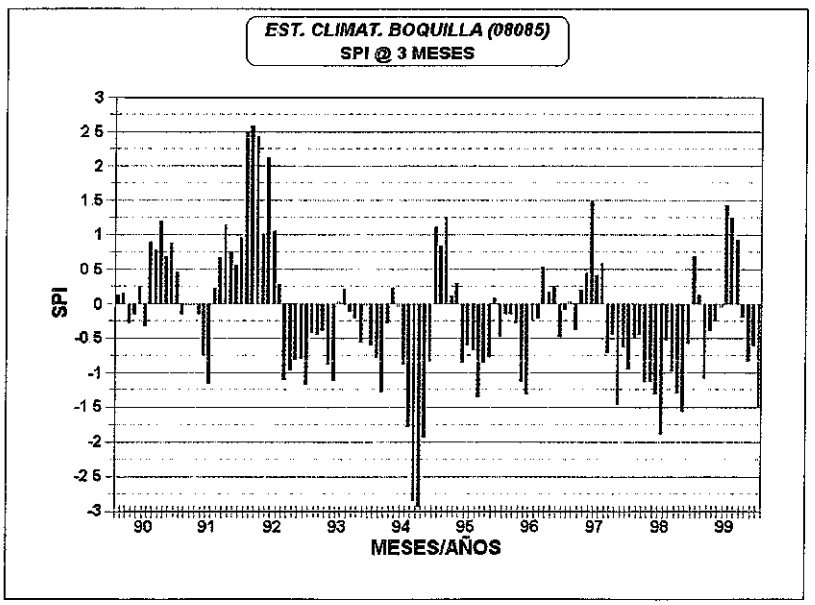


Figura 5.12 SPI estacional (3 meses), adimensional, calculado para la estación climatológica 08085, de 1990 a 1999.

Tabla 5.1.- Valores característicos convencionales del SPI en relación a la eficiencia de la lluvia, para periodos de 3 meses (Hayes, 2000).

VALOR DEL SPI	*CONDICIÓN*
+2.50 o más	excesivamente húmedo
+2.00 a 2.49	Muy húmedo
+1.50 a 1.99	Moderadamente húmedo
+1.00 a 1.49	Humedad incipiente
-0.99 a +0.99	Humedad media o normal
-1.00 a -1.49	Sequía incipiente
-1.50 a -1.99	Sequía moderada
-2.00 a -2.49	Sequía severa
-2.50 o menos	Sequía crítica

Así, para cada estación y por cada mes, es posible dar seguimiento a la sequía meteorológica, y en su caso, la posibilidad de encontrar un comportamiento predecible del fenómeno, en las diversas escalas temporales de interés.

Otra ventaja del SPI es que, para diversas estaciones climatológicas, para periodos y escalas semejantes, es posible visualizarlo en mapas de isolíneas, con lo cual mejora la apreciación de la variación espacial del fenómeno, y la utilidad de la comparación en el tiempo.

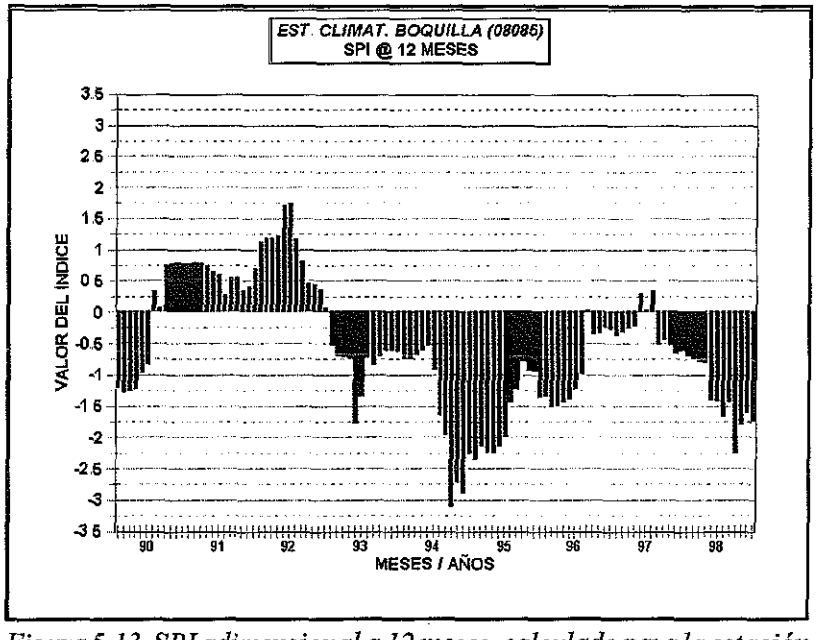


Figura 5.13. SPI adimensional a 12 meses, calculado para la estación climatológica 08085, para el periodo 1990-1998.

La mayor variabilidad del índice se da a escala de tiempo mensual, ya que entre un mes y otro las variaciones en la lluvia son las más altas. En la medida en que la escala de tiempo crece, los valores del SPI se atenúan, aunque son más duraderos. Por eso, la escala de valores también es diferente: un valor determinado tiene diferente significado de gravedad según se trate de una escala corta o larga de tiempo. Las Figuras 5.12 y 5.13, para la misma estación, muestran los SPI calculados a

diferentes escalas temporales, y en ellas se aprecia que para 12 meses, el índice es menos variable pero su duración es más prolongada, o lo que es lo mismo, es más persistente.

Las Figuras 5.14, 5.15 y 5.16 muestran valores dibujados del SPI a diferentes escalas de tiempo para el mismo año 1999: estacional a tres meses, para el periodo lluvioso (julio-agosto-septiembre), a seis meses, de mayo-octubre, y a 12 meses, enero-diciembre. Con esto se aprecia mejor el comportamiento de la lluvia, a través de este índice, durante la temporada lluviosa, durante el semestre más húmedo, y durante todo el año calendario. Bajo estos criterios, es más objetivo apreciar cómo varía la lluvia en toda el área y en diversos periodos.

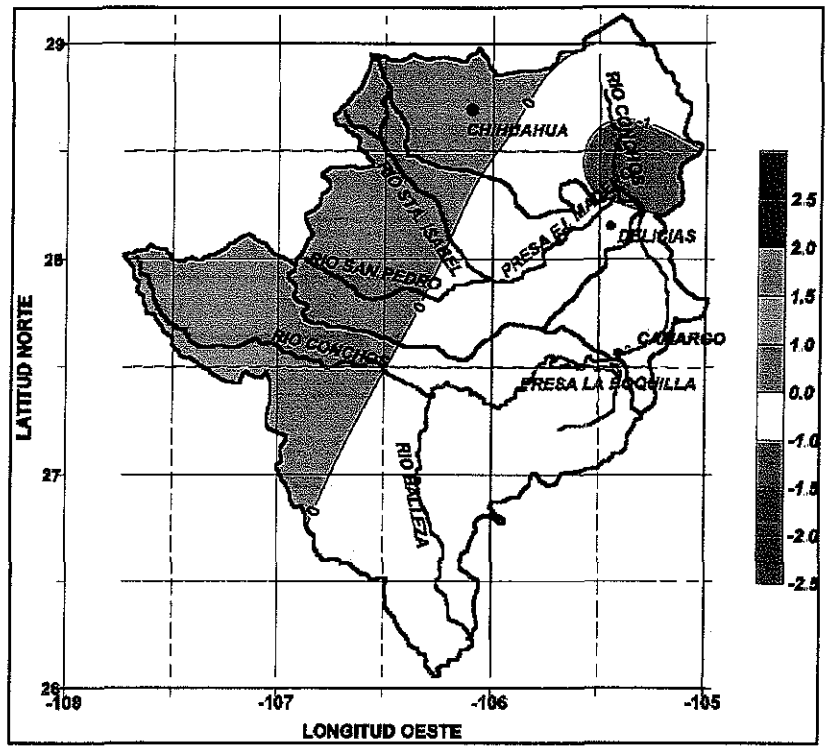


Figura 5.14.- SPI adimensional a tres meses, julio-agosto-septiembre de 1999.

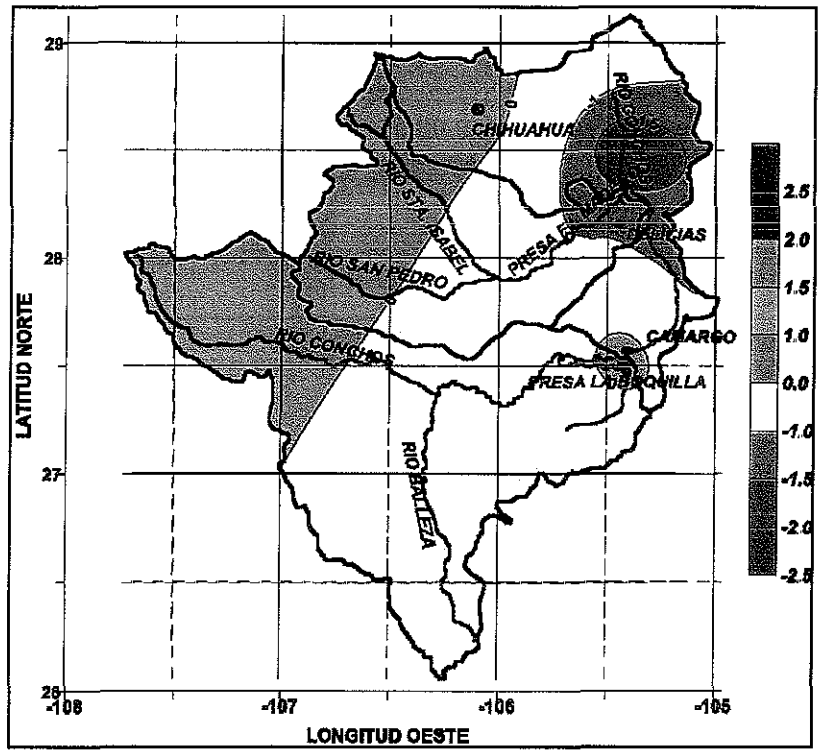


Figura 5.15 - SPI adimensional a seis meses, mayo-octubre de 1999.

De manera semejante, pueden calcularse y dibujarse índices para diversas escalas de tiempo -las más usuales: 3, 6, 9, 12, 24 y 48 meses-, cuya comparación permite apreciar el comportamiento relativo de la lluvia a esas escalas, con lo cual es más intuitiva la idea de la sequía a corto plazo (1 y 3 meses), a mediano plazo (3 y 6 meses), y a largo plazo (12, 24 y 48 meses).

Aún admitiendo la impredecibilidad de la sequía, para efectos de planeación a largo plazo, es útil el SPI a 12 meses o más, mientras que para efectos de pronóstico a corto y mediano plazos, la comparación trimestral, y sobre todo la de la temporada lluviosa, mejora la visión cualitativa de qué tanto más o menos ha

llovido. Esto es útil sobre todo cuando se realizan las labores de monitoreo y seguimiento durante el fenómeno, y se ve la necesidad y conveniencia de hacer pronósticos de corto plazo para mitigar los impactos presentes e inmediatos.

Aunque con la incertidumbre del pronóstico, el seguimiento de las condiciones ambientales en relación con la lluvia a través de este índice, es un elemento valioso para evaluar su evolución y así apoyar las decisiones y acciones a tomar para mitigar el efecto de la insuficiencia de agua.

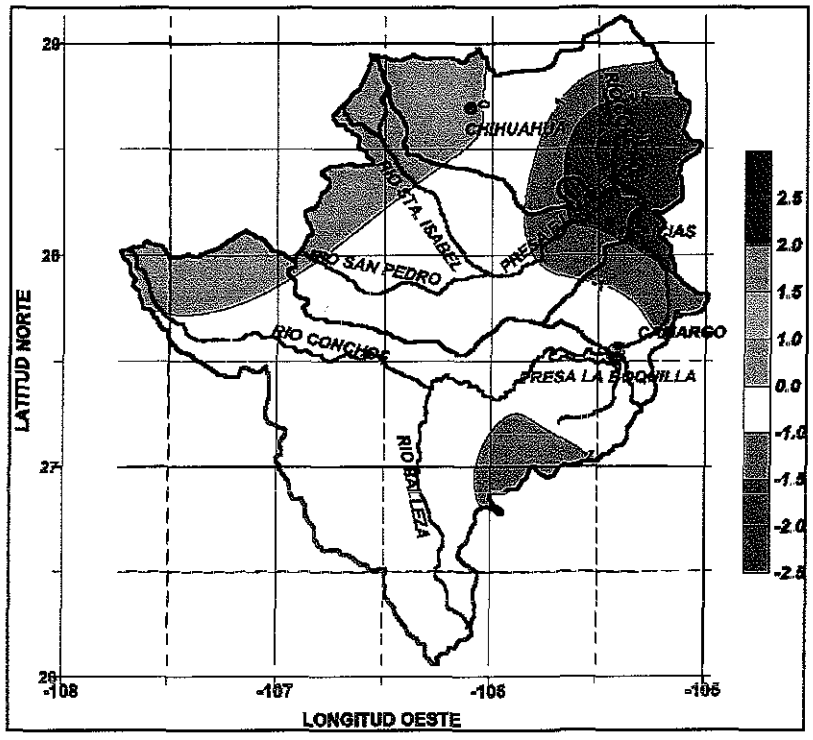


Figura 5.16.- SPI adimensional a 12 meses, enero-diciembre de 1999.

Es en este aspecto donde desafortunadamente la información disponible de precipitación mensual es insuficiente, pues sólo las estaciones dentro o cercanas a las zonas de riego están actualizadas, mientras que gran parte de la zona serrana de captación carece de ellas, y por tanto, no se pueden realizar estos análisis.

Este tipo de estudios tienen un gran potencial para poder dar seguimiento a las condiciones hidrometeorológicas regionales, y por ello sería muy positivo impulsar la disponibilidad de la información pertinente, que es sólo la lluvia mensual, en estaciones situadas en puntos estratégicos.

Como ya se ha visto, la gran ventaja de este método es que sólo requiere datos de lluvia mensual, a diferencia de otros que requieren más información, que no siempre es posible tener con las características deseadas (por ejemplo, el método de Palmer).

6 SEQUÍA HIDROLÓGICA.

La sequía hidrológica se manifiesta por la disminución de los niveles en presas y acuíferos, lo que ocurre principalmente por la disminución del escurrimiento. Es la de mayor duración, de más largo plazo de recuperación y posiblemente la de mayor impacto en las actividades humanas.

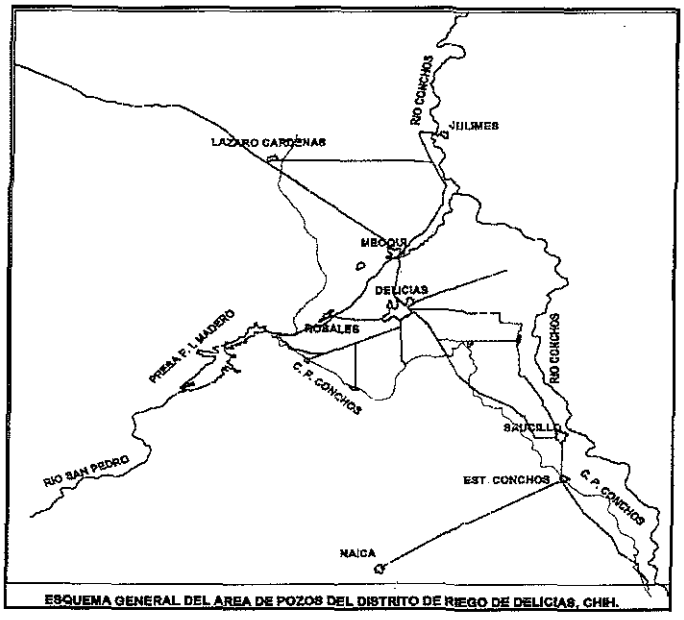


Figura 6.1.- Parte baja de la zona de estudio, que se corresponde con la zona de riego y con la zona de pozos

De acuerdo con las características de la zona, ésta sequía es la que tiene mayor importancia a nivel local: la disponibilidad de volúmenes almacenados en las presas al inicio del ciclo agrícola determina las superficies que se habrán de establecer de los diversos cultivos, según su productividad, requerimientos hídricos y ciclo vegetativo.

Dar seguimiento y cuantificar las aportaciones y extracciones de los embalses, así como registrar la variación de niveles en los acuíferos, son los criterios básicos que permiten estimar la posibilidad de suplir determinada demanda, a partir de la oferta disponible.

El acuífero de la zona, uno de los pocos de todo el estado y la región que se encuentra en equilibrio (CNA, 1997), de acuerdo con las lecturas anuales de nivel, muestra variaciones que reflejan el comportamiento hidrológico de todo el sistema.

Presumiblemente, se estima que buena parte de la recarga a este acuífero proviene del agua aplicada en la zona de riego, por lo que es consecuencia inmediata que cuando el agua superficial no es suficiente para regar toda el área y con toda la lámina usual, ello se refleja en variaciones de niveles a la baja. La Figura 6.1 muestra el área donde se ubican los pozos

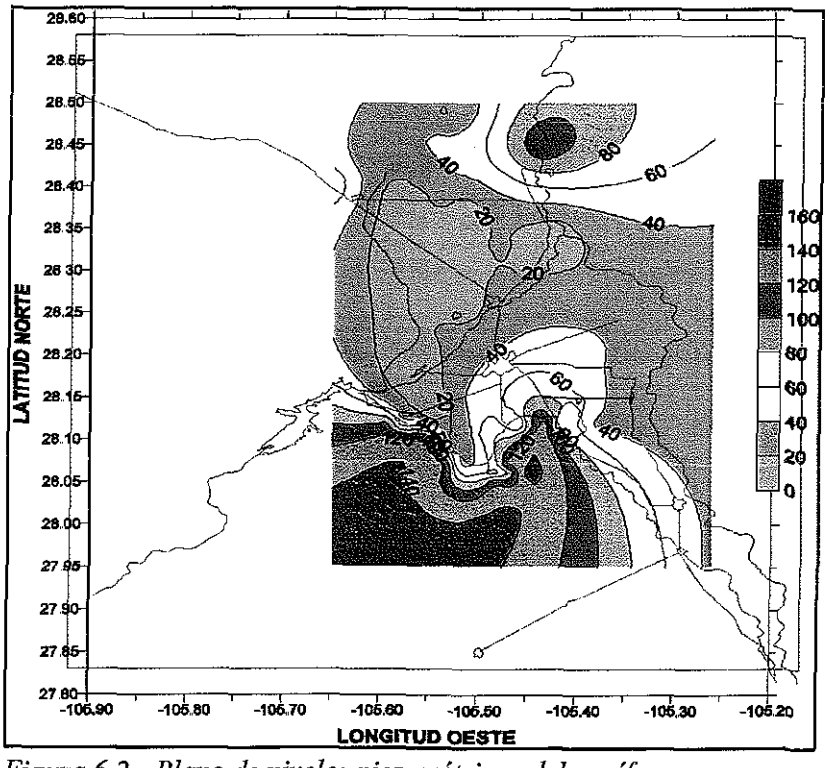


Figura 6.2.- Plano de niveles piezométricos del acuífero, con mediciones de octubre de 1995.

activos, que en general se corresponde con el área de riego; las Figuras 6.2 y 6.3 muestran los planos calculados para los niveles piezométricos de los pozos en 1995 y 1998, que por ende tienen una relación directa con la zona de riego.

Con la información apropiada de lecturas del nivel piezométrico que se debiera tomar todos los años, podría hacerse una correlación entre la deficiencia de agua superficial y el correspondiente abatimiento esperado por el aumento en la extracción del acuífero, y con ello caracterizar más la potencialidad de la extracción y los riesgos que conlleva.

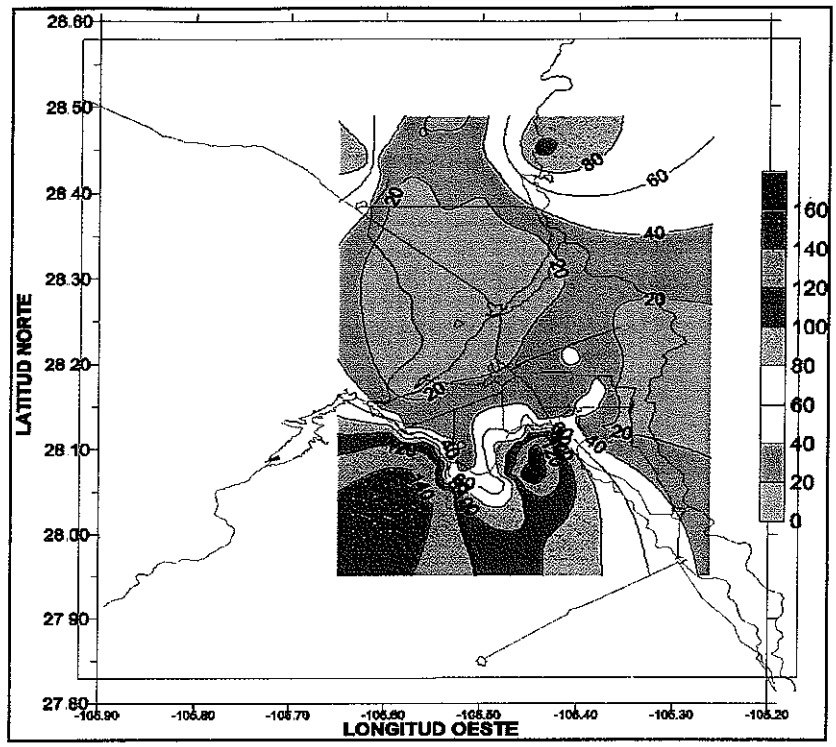


Figura 6.3.- Plano de niveles piezométricos del acuífero, con mediciones de noviembre de 1998.

La Figura 6.4 muestra la variación de niveles piezométricos entre 1998 y 1995, obtenida restando los valores disponibles de 1995 a los de 1998, con lo cual es posible apreciar visualmente si en ese periodo ha habido abatimiento o recuperación del acuífero.

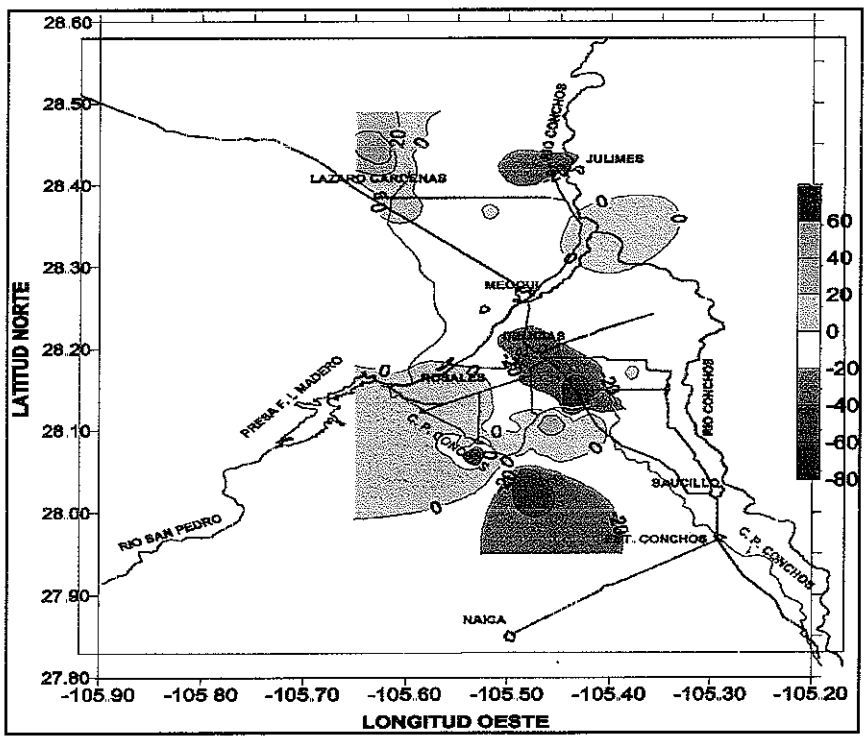


Figura 6.4.- Diferencias de niveles piezométricos en metros, del acuífero Delicias-Meoqui, entre 1995 y 1998

De esta figura se aprecia que, aunque algunas pequeñas áreas muestran cierta recuperación, especialmente en la parte y poniente y noroeste, donde el terreno es más bajo y recibe el flujo natural del agua, existen áreas que muestran un acusado abatimiento, producto del bombeo en exceso, que a su vez, principalmente se debe

a la insuficiencia de agua superficial, por lo que por un lado se produce un bombeo excesivo por otra parte una disminución de la recarga. Estos resultados son congruentes con la situación hidrológica general, ya que es de esperarse que ante una época de sequía severa y prolongada, se tenga que hacer uso más intenso del recurso subterráneo.

Esta es una forma de evaluar el comportamiento temporal del acuífero en cuanto a los niveles, y aporta elementos de juicio para moderar su explotación. Lamentablemente, la información disponible es escasa, sólo de 1995 a 1998, y ello impide tener una visión más amplia de este aspecto.

Para la ciudad de Delicias, el centro urbano más importante del área, con cerca de 100,000 habitantes, los requerimientos hídricos municipales se suplen del acuífero, por medio de 22 pozos profundos ubicados dentro del área urbana, y son suficientes para las necesidades actuales, así como para el crecimiento de la demanda esperada en los próximos 10 años.

De acuerdo con información obtenida de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS, 1999), las perspectivas en este sentido son favorables, si la extracción para uso agrícola no crece significativamente, ya que para uso municipal será moderado y no tendría efectos negativos en el acuífero, en cuanto a la cantidad, a pesar de que la dotación es relativamente alta: de 350 a 380 litros por persona por día. La calidad del agua extraída sufre un deterioro lento pero sostenido, debido a la infiltración, en la zona de riego, de aguas de sobre riego con alta concentración contaminante por los agroquímicos y desechos animales y urbanos.

Por tanto, desde luego el problema que ya empieza a notarse es la contaminación de las aguas extraídas, que aumentan su contenido de agroquímicos y requieren procesos adicionales de tratamiento y purificación. Por otra parte, se estima que el 75% del agua extraída para uso municipal es no consuntiva, y regresa como agua residual para utilizarse en el riego, en forma cruda, ya que la planta de tratamiento sólo está en proyecto. Así, aumenta el riesgo de enfermedades y padecimientos por causa de la contaminación.

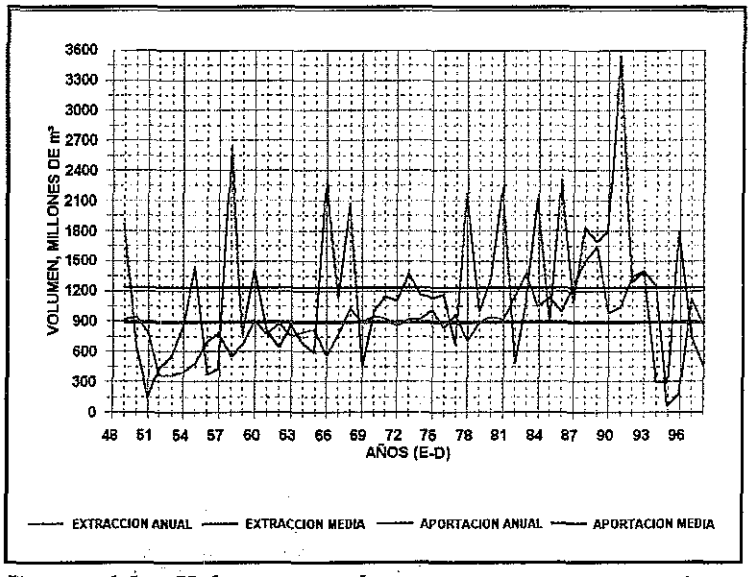


Figura 6.5.- Hidrogramas de aportaciones y extracciones totales anuales de la presa La Boquilla.

No obstante estos riesgos e inconvenientes, el acuífero local es probablemente el que está en mejores condiciones de explotación, y se estima que para suplir el crecimiento futuro de la demanda para usos no agrícolas, será la única fuente de suministro, o al menos la más viable. Por estas razones, conservar sus cualidades es asunto de máximo interés (CNA, 1997).

Con relación al agua superficial, la sequía hidrológica puede cuantificarse retrospectivamente analizando los registros hidrológicos e hidrométricos

de los ríos. El hidrograma de aportaciones y de extracciones de la presa La Boquilla por escurrimientos del Río Conchos, en valores anuales, se muestran en la Figura 6.5. Considerando que la media de las extracciones totales anuales es un adecuado nivel de referencia, con respecto a éste la Figura 6.6 muestra las anomalías teóricas que se hubieran presentado: los valores superiores son excesos y los inferiores insuficiencia de escurrimiento, que representan sequías y se pueden cuantificar en sus parámetros: severidad, magnitud o intensidad, y duración. La frecuencia de aportaciones y extracciones, tanto absolutas como relativas se muestra en la Figura 6.7. Como es lógico de esperar, precisamente por ser fenómenos controlados, las extracciones son más regulares que las aportaciones, y su mayor frecuencia se ubica en valores cercanos a los 900 $m^3 \cdot 10^6$/año; en cambio, las aportaciones son más variables y alcanzan valores extremos más amplios, aunque su valor más frecuente esté alrededor de los 1,200 $m^3 \cdot 10^6$/año.

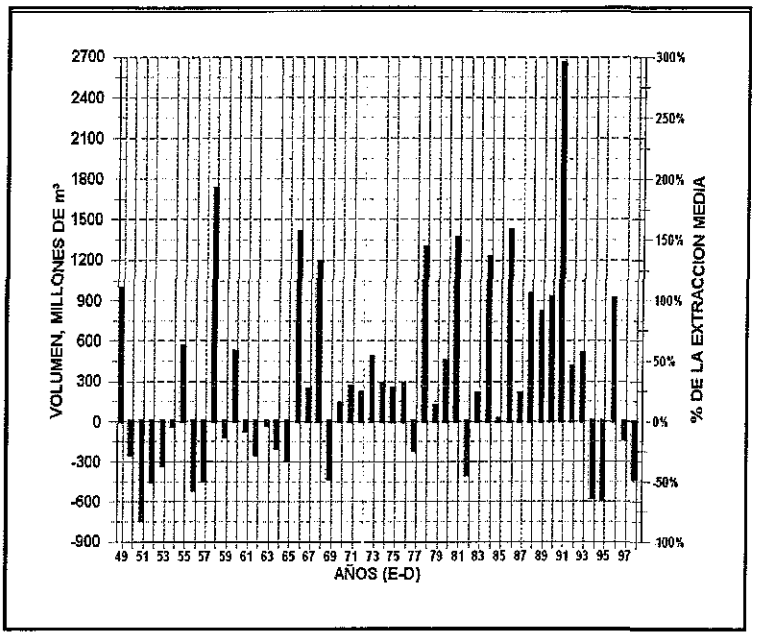


Figura 6.6.- Anomalías de las aportaciones anuales respecto a la extracción media anual. Presa La Boquilla.

Las gráficas correspondientes a la presa Madero se muestran en las Figuras 6.8, 6.9 y 6.10. Las Figuras 6.7 y 6.10 muestran y confirman que las extracciones de las presas, como fenómeno controlado, obedece a la operación de las obras y esto a su vez de la demanda aguas abajo. Por ello, son mucho más regulares que las aportaciones; de hecho, el efecto regulador de las presas es precisamente evitar que haya grandes variaciones en las extracciones anuales, y que el agua captada en los periodos de abundancia se almacene para utilizarla en los periodos de baja aportación y disponibilidad, y propiciar en el sistema de aprovechamiento una condición de sustentabilidad. En otras palabras, muchos o frecuentes déficit moderados y persistentes tienen un efecto menos negativo que uno o pocos déficit de gran magnitud (Liaw,

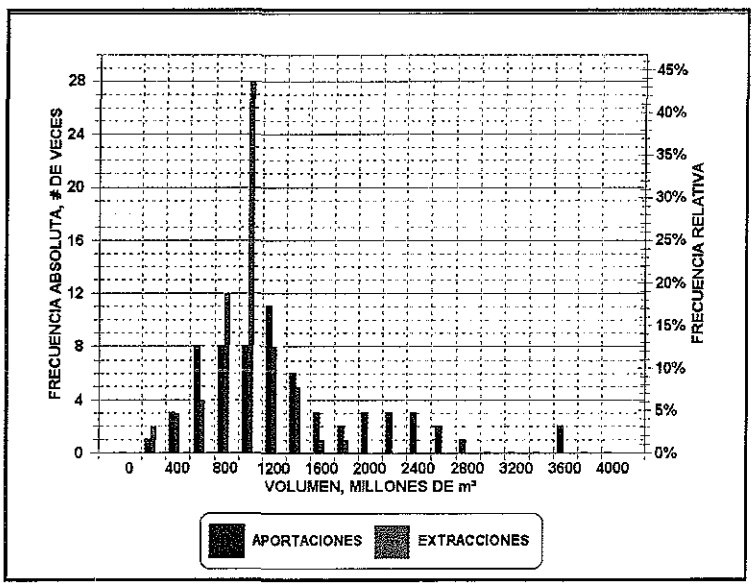


Figura 6.7.- Frecuencia de las aportaciones y extracciones anuales. Presa La Boquilla.

et al.,1999), que afectan más severamente el sistema humano de dependencia del agua.

Por otra parte, las Figuras 6.6 y 6.9 muestran las anomalías en las aportaciones respecto a la extracción media anual de cada presa, con base en la siguiente premisa: la extracción media a largo plazo indica las condiciones esperadas de la demanda, al nivel de la presa (volúmenes brutos), las cuales para satisfacerlas requieren que al menos se tenga almacenado ese volumen, lo cual a su vez implica que las aportaciones deberían ser del mismo orden. En caso contrario, el escurrimiento y el almacenamiento serían insuficientes para cubrir esa extracción media, y por ende, habría un déficit del tamaño de la demanda no suministrada. Si las aportaciones son superiores a la extracción media, entonces se tiene un exceso de agua que se traduce en mayor disponibilidad.

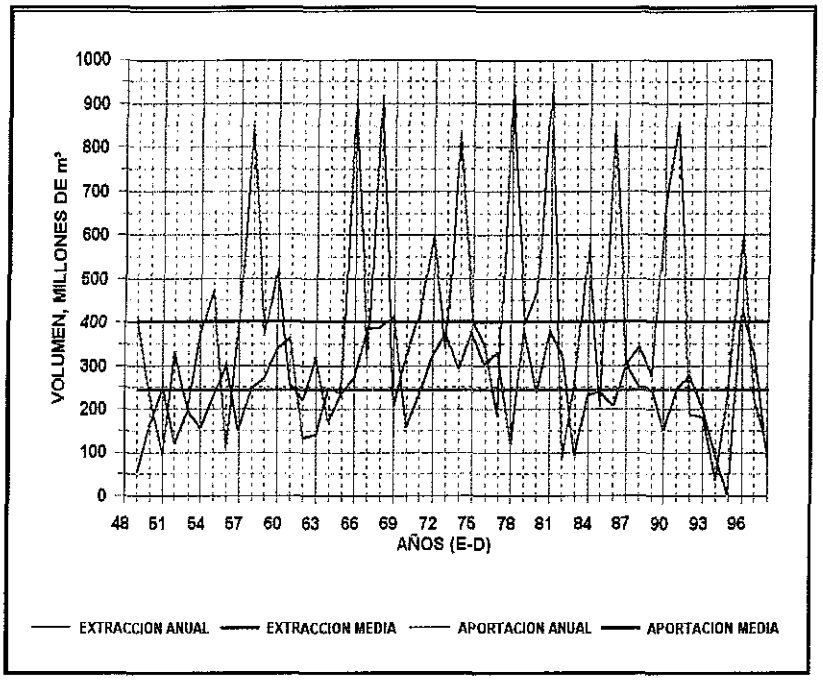


Figura 6.8. Hidrograma de aportaciones y extracciones totales anuales para la presa Madero.

La extracción media, bajo este enfoque, es entonces un nivel de referencia o nivel de truncamiento, que es estadísticamente fundamentado, y que en las condiciones prácticas simplemente se refiere a la demanda "normal" para un aprovechamiento típico de agua en los sectores de consumo. Si por insuficiencia en la lluvia y en los escurrimientos esta demanda no se satisface, se tienen déficit que representan restricciones, los llamados efectos de la sequía.

Las presas del distrito tienen las características siguientes (GDUR, 1999); entre estas, el tamaño hidrológico está dado por la relación *Capacidad útil/Aportación media anual*; así a mayor tamaño hidrológico,

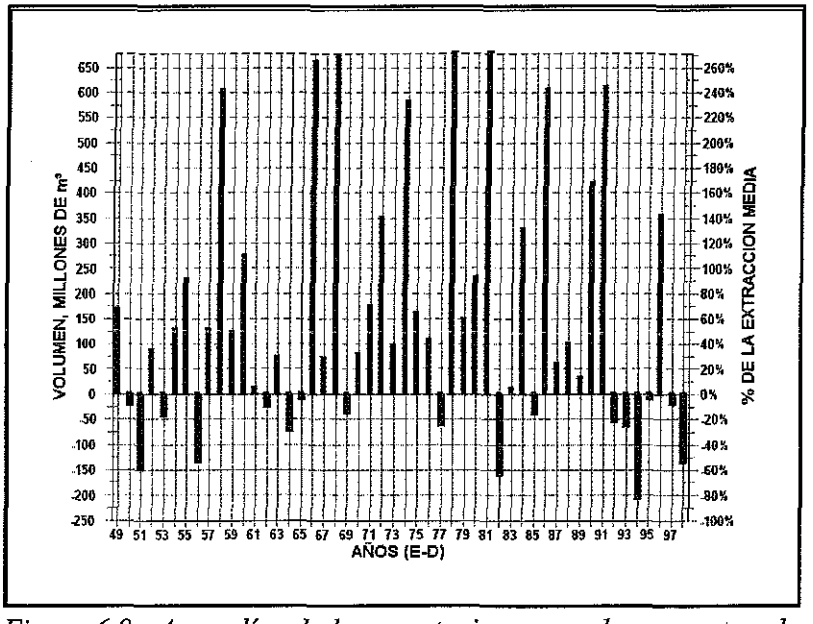


Figura 6.9 - Anomalías de las aportaciones anuales respecto a la extracción media anual. Presa Madero.

mayor capacidad de regulación; además es interesante notar que en 1999 se instaló sobre el vertedor de la presa Madero una sobre-elevación inflable de hule (*rubber dam*), con la que se pretende elevar en unos 3 metros el tirante y así captar unos 100 millones de metros cúbicos más -para alcanzar un tamaño hidrológico cercano a 1-, aunque más bien estos son para recuperar el volumen que ya está azolvado, y porque es una presa que con cierta frecuencia tiene derrames que deben y pueden aprovecharse.

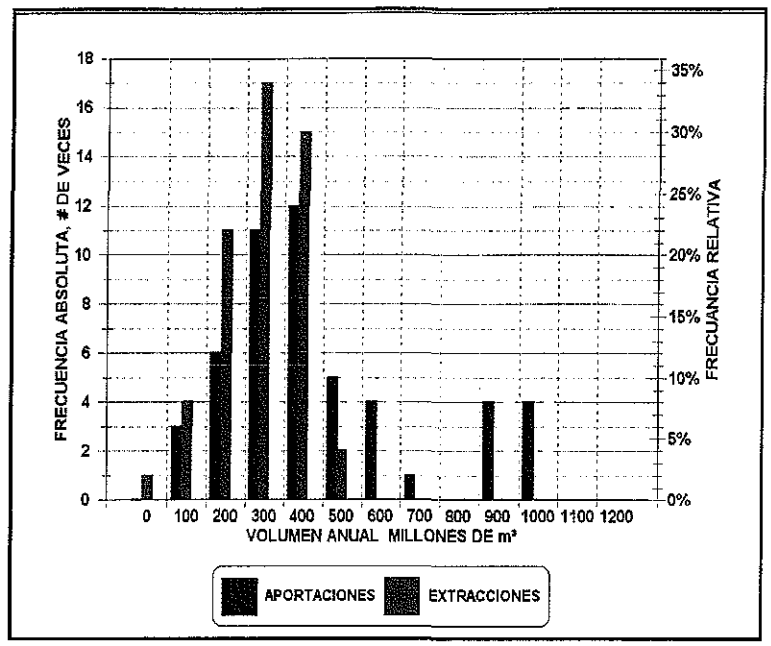


Figura 6.10 - Frecuencia de las aportaciones y extracciones anuales. Presa Madero.

NAMIN es la abreviación de nivel de aguas mínimo, abajo del cual está la capacidad de azolve o capacidad muerta. NAMO es el nivel de aguas máximo de operación; es la capacidad de la presa antes de derramar o antes de la capacidad de super almacenamiento. La diferencia entre NAMO y NAMIN es la capacidad útil o activa.

- *presa La Boquilla:*

Capacidad al NAMIN: 129.7 $m^3 \cdot 10^6$
Capacidad al NAMO:2,903.3 $m^3 \cdot 10^6$
Capacidad útil: NAMO - NAMIN = 2,773.6 $m^3 \cdot 10^6$
Aportación media anual:1,230 $m^3 \cdot 10^6$
Aportación máxima anual: 3,529 $m^3 \cdot 10^6$ (1991)
Aportación mínima anual: 138 $m^3 \cdot 10^6$ (1951)
Desviación estándar de las aportaciones: 733 $m^3 \cdot 10^6$
Coeficiente de variación de las aportaciones: 60%
Extracción media anual: 883 $m^3 \cdot 10^6$
Extracción máxima anual: 1,642 $m^3 \cdot 10^6$ (1989)
Extracción mínima anual: 55 $m^3 \cdot 10^6$ (1995)
Desviación estándar de las extracciones: 312 $m^3 \cdot 10^6$
Coeficiente de variación de las extracciones: 35%
Tamaño hidrológico: 2.30

- *presa Madero:*

Capacidad al NAMIN: 5.3 $m^3 \cdot 10^6$
Capacidad al NAMO: 348.0 $m^3 \cdot 10^6$
Capacidad útil: NAMO _ NAMIN = 342.7 $m^3 \cdot 10^6$
Aportación media anual: 400 $m^3 \cdot 10^6$
Aportación máxima anual: 941 $m^3 \cdot 10^6$ (1981)

Desviación estándar de las aportaciones: 254 $m^3 \cdot 10^6$
Coeficiente de variación de las aportaciones: 63%
Extracción media anual: 245 $m^3 \cdot 10^6$
Extracción máxima anual: 428 $m^3 \cdot 10^6$ (1996)
Extracción mínima anual: 0 $m^3 \cdot 10^6$ (1995)
Desviación estándar de las extracciones: 102 $m^3 \cdot 10^6$
Coeficiente de variación de las extracciones: 42%
Tamaño hidrológico: 0.91

El volumen almacenado en estas presas, más las extracciones del acuífero, son los recursos con que se cuentan localmente, con los cuales se realizan todas las actividades que tienen al agua como insumo. Las posibilidades de fuentes alternas son insignificantes, de manera que ante una escasez temporal, las opciones únicas están en la prevención y el ahorro, es decir, en los principios de las cinco r´s: *reciclar, reusar, reducir, redistribuir* y *reflexionar*.

Como se aprecia de la Figura 6.6, en los últimos años el déficit de escurrimiento hacia el embalse de La Boquilla ha sido frecuente y severo, lo cual se ha manifestado en severas restricciones en los volúmenes asignados y extraídos.

A su vez, ello ha propiciado que, para suplir las necesidades, sobre todo de los cultivos perennes, se hayan extraído del subsuelo volúmenes importantes, afectando los niveles en algunas zonas del acuífero, cuyos efectos se aprecian en la Figura 6.4.

Las anomalías de escurrimiento hacia la presa Madero también tienen su efecto, que se manifiesta en menores volúmenes de complemento para el sistema de riego, y aunque no son tan cruciales como las anomalías y los volúmenes de La Boquilla, en forma conjunta sí representan severos déficit que sólo parcialmente se pueden suplir con el acuífero.

De esta manera, las únicas fuentes de abastecimiento resultan ser los dos embalses, con la amplia variabilidad que presentan, y el acuífero, en un precario y frágil equilibrio entre la sobreexplotación y la estabilidad.

Así, en estos últimos años, la explotación del acuífero ha sido más de lo recomendable, ya que por ejemplo, en el ciclo agrícola 1999-2000 se planean extraer 460 $m^3 \cdot 10^6$, y la recarga se estima en sólo 418 (DR, 2000). Si estas diferencias se van acumulando año con año, aún cuando sean "pequeñas", no dejan de ser preocupantes, máxime que es incierto cuándo habrá oportunidad de recargar y devolver esos volúmenes al acuífero.

Es así como un recurso, en apariencia abundante, poco a poco se va deteriorando y disminuyendo su cantidad y calidad, haciendo que el fenómeno de la escasez sea cada vez más crítico y aecntuado, y sin un horizonte previsible a corto plazo de recuperación. Los fenómenos extremos que proporcionan más agua de lo normal, los ciclones del Pacífico, en estos últimos años han sido insuficientes en magnitud u de trayectoria inapropiada tal que atraviesen le formidable obstáculo que significa la Sierra Madre Occidental, para proporcionar la humedad que compense la que se está extrayendo y requiriendo, y ello conduce inevitablemente a situaciones de emergencia.

Bajo este contexto, la cuantificación de los periodos deficitarios para ambas presas se muestra en la Tabla 6.1, en la cual los valores anuales de magnitud, en volumen, son la suma de los déficit anuales entre el número de años, y en porcentaje representan la diferencia relativa entre la magnitud calculada en cada año y la extracción media anual.

Así, el elevado porcentaje de déficit en cada periodo deficitario, y la frecuencia con que estos se presentan, son factores limitantes que requieren atención tanto de los administradores y operadores del agua como de los usuarios. Su consideración es indispensable para revisar la forma en que se ha operado el sistema, y las posibilidades de mejorar el proceso, de tal suerte que la demanda se adapte a la oferta de agua, y así se tenga mayor oportunidad de mitigar los impactos, mejorar la eficiencia de uso y por ende, la productividad del recurso.

Tabla 6.1.- Periodos de sequía hidrológica y sus parámetros. Presas La Boquilla y Madero, Chih.

LA BOQUILLA					***MADERO***				
PE-RIODO	*S (1)*	*M (2)*	*M (3)*	*D (4)*	*PE-RIODO*	*S (1)*	*M (2)*	*M (3)*	*D (4)*
1950	-1,813	-246	-28	5	1950	-173	-22	-9	2
51		-496	-56		51		-86	-35	
52		-481	-54						
53		-444	-53						
54		-363	-41						
1956	-967	-518	-59	2	1953	-43	-43	-18	1
57		-483	-55						
1959	-116	-116	-13	1	1956	-134	-134	-55	1
1961	-836	-73	-8	5	1962	-25	-25	-10	1
62		-158	-18						
63		-114	-13						
64		-136	-15						
65		-167	-19						
1969	-432	-432	-49	1	1964	-83	-74	-30	2
					65		-42	-17	
1977	-212	-212	-24	1	1969	-38	-38	-16	1
1982	-395	-395	-45	1	1977	-62	-62	-25	1
1994	-1,170	-577	-65	2	1982	-160	-160	-65	1
95		-585	-66						
1997	-558	-130	-15	2	1985	-39	-39	-16	1
98		-279	-32		1,992	-338	-56	-23	4
					93		-60	-25	
					94		-109	-45	
					95		-85	-35	
					1997	-154	-20	-8	2
					98		-77	-32	
TOTAL DE AÑOS DEFICITARIOS EN LOS ÚLTIMOS 49: 19 = 39%					***TOTAL DE AÑOS DEFICITARIOS EN LOS ÚLTIMOS 49: 17 = 35%***				

(1) *Severidad*: volumen acumulado en todo el periodo deficitario, m^3 10^6.
(2) *Magnitud*: volumen deficitario promedio en cada año, m^3 10^6.
(3) *Magnitud*: % de déficit respecto a la extracción media anual.
(4) *Duración*, en años consecutivos con déficit.

Para los últimos años, la Figura 6.11 muestra las superficies que se han regado en el distrito, y ahí se aprecian las grandes variaciones que existen de un año a otro, debido a la insuficiencia de agua. Esta situación lleva a preguntarse si ante la alta incertidumbre de la ocurrencia de la lluvia y el escurrimiento, el déficit de agua, como fenómeno artificial inducido por la sequía, ha sido aumentado por un manejo deficiente, y por tanto, los efectos negativos se han amplificado; en otras palabras, si bajo otras condiciones de planeación y operación, los efectos de la sequía habrían sido menores.

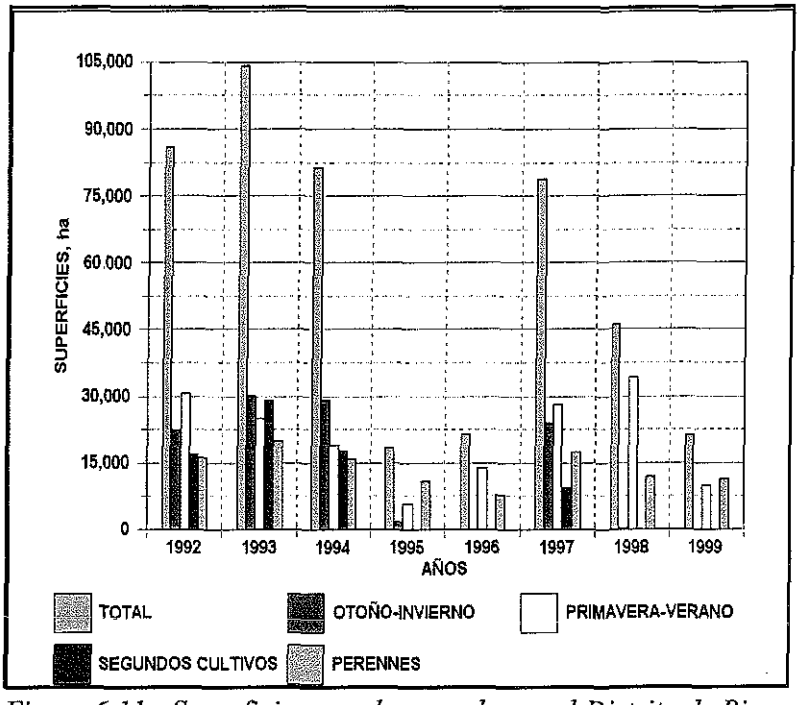


Figura 6.11.- Superficies anuales regadas en el Distrito de Riego 05. Delicias, Chih.

Estas grandes variaciones en el uso principal del recurso conducen a esa interrogante. Una posible explicación, al menos parcial de la causa de esta situación es que el cambio de administración del recurso, antes responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y ahora a cargo de las Asociaciones de Usuarios (AU), se dio precisamente en tiempos de bonanza. Ello creó la falsa imagen de que bajo el nuevo esquema, el proceso de operación y manejo del agua sería mejor (Velasco y Miranda, 1993), y cuando, con el paso de los primeros años de la nueva administración, al presentarse periodos secos, lo planeado no pudo sostenerse con el menor volumen disponible, ocasionó una situación de crisis y emergencia con severos impactos. Con esto se comprueba, una vez más, que las condiciones de escasez y sobre todo sus efectos, son situaciones artificiales. Antes de que se diera la transferencia, a pesar de la ocurrencia de las sequías, la administración del agua ejercida institucionalmente por SRH, SARH y CNA, en sus respectivos periodos, tenía menos variaciones: la estabilidad era mayor y mejor el control de los volúmenes asignados, distribuidos y entregados. Esto no implica que el esquema actual de gestión sea peor; simplemente se requiere tiempo para su maduración.

Con esta idea, se refuerza la hipótesis de que efectivamente, son la planeación, operación y manejo, los factores importantes a considerar en la cuantificación de la demanda y la oferta, a efecto de lograr un adecuado equilibrio, y en el que se cumpla el objetivo regulador de los embalses; esto es, la planeación debe ser tal que se prevea un comportamiento más regular en los volúmenes a extraer y utilizar, de un año a otro.

Para el año agrícola 1999-2000, iniciado el 1 de octubre de 1999, de acuerdo con el Plan de Riegos del distrito (DR, 2000), se tiene contemplado el riego de 49,544 hectáreas, de las cuales 33,516 son del ciclo primavera-verano, y 16,028 de perennes -no hay otoño-invierno ni segundos

cultivos-. Los volúmenes estimados a extraer de La Boquilla son de 854.5 $m^3 \cdot 10^6$ para riego, y 187.5 para otros usos, evaporación y pérdidas, para un total de 1,042. De la presa Madero, se extraerán 212 $m^3 \cdot 10^6$ para riego, 61.5 para otros usos y evaporación, para un total de 273.5 . En total, para usos agrícolas, se planean 1,066 $m^3 \cdot 10^6$, más las extracciones del acuífero, estimadas en 460 $m^3 \cdot 10^6$.

Cabe destacar que de acuerdo con las expectativas del distrito, expresadas mediante los funcionamientos analíticos de los vasos, La Boquilla inicia con un almacenamiento de 1,284 $m^3 \cdot 10^6$, y termina al 30 de septiembre de 2000 con 731 $m^3 \cdot 10^6$; la presa Madero inicia con 283 y termina con 137 $m^3 \cdot 10^6$. En ambos casos, los valores finales son más bajos de lo recomendable, pues implicarían condiciones de sequía moderada para La Boquilla y sequía severa a crítica para Madero, para el periodo 2000-2001 (véase la Tabla 11.1). Esto es, se está corriendo un riesgo que conviene analizar por las posibles implicaciones negativas a un futuro cercano.

Esto bajo el supuesto de las lluvias esperadas. No obstante, en lo que va del ciclo (a agosto de 2000), estas han sido aún menores de lo planeado, de tal suerte que las condiciones siguen siendo de alarma, tanto para las zonas de riego como para las áreas de agostadero y temporal. En éstas, se ha llegado a niveles muy preocupantes, ya que en pleno periodo de lluvias, éstas no han sido suficientes, y conforme avanza el tiempo se desvanecen las posibilidades de alcanzar niveles medianamente aceptables, tales que rompan con la prolongada racha de insuficiencias.

Destaca aquí entonces la idea de hasta qué punto los efectos de la escasez natural de agua se amplifican y exageran. Dado que la variabilidad natural siempre está presente, y a que aún no es posible pronosticar con un aceptable grado de confiabilidad el comportamiento futuro de la lluvia y el escurrimiento, entonces sería deseable que precisamente se aprovechara el efecto regulador de los embalses: guardar en tiempos de abundancia para utilizar en épocas de escasez sin amplios altibajos y con el concepto de sustentabilidad, tanto el agua superficial que se retiene en los embalses, como permitiendo la recarga a los acuíferos.

En esto se centra la continua paradoja de la operación de los embalses, tratando de encontrar el equilibrio entre dos puntos de vista sensiblemente divergentes y con frecuencia contradictorios: por una parte, los usuarios del agua desean utilizar toda la que sea posible en el presente, con la idea de obtener el mayor beneficio en el menor tiempo, dejando a la bondad natural el suministro de las necesidades futuras, el clásico "ya veremos después". Esto implica correr un riesgo muy elevado, ya que es muy probable que a un año seco le siga otro seco. Por otro lado, la institución responsable de la administración del agua, con una visión a más largo plazo y con base en el concepto de desarrollo sustentable, hace sus políticas operativas buscando el equilibrio temporal entre entradas y salidas, y así aprovechar la capacidad reguladora de los embalses.

Aún cuando la planeación de las extracciones se hace con los métodos formales vigentes, que son cautelosos de acuerdo con las normas hidrológicas, es usual que algunos usuarios siembren más superficie de la que se les ha autorizado, y basándose en la disposición legal de que a los cultivos en pie no se les puede negar el agua, solicitan y exigen mayores volúmenes de los autorizados; ello implica una alteración al plan original que repercute directamente en las disponibilidades para el ciclo siguiente. Esto sucede aún cuando se apliquen sanciones y multas a quienes infringen las disposiciones: dadas las actuales condiciones, lo obtenido por sembrar de más supera ampliamente lo pagado en multas.

Las presiones de los usuarios por obtener más agua podrían interpretarse (erróneamente) en lo expresado en el último párrafo del Artículo 68 de la Ley, que a la letra dice "La suspensión [del suministro de agua] por la falta de pago de la cuota por servicios de riego, no podrá decretarse en un ciclo agrícola cuando existan cultivos en pie".

En este sentido, la Ley debería ser más explícita en cuanto a especificar que esa no suspensión del riego se aplicará únicamente cuando no haya condiciones de escasez y menos aún en condiciones de "escasez extrema". Sobre todo, que no se afecte la disponibilidad mínima para el ciclo siguiente, y que el cobro del agua suministrada de hará en especie (en la misma cantidad de agua más las sanciones pecuniarias que marque la Ley, o su Reglamento, o el reglamento de operación del distrito), con cargo al próximo ciclo. Es de esperarse que de esta manera se logre que los usuarios adquieran conciencia de que el agua no sólo tiene valor monetario, y que ello induzca a disminuir los conflictos y a mejorar su solución, así como a propiciar que las condiciones operativas sean tales que propicien la sustentabilidad del sistema de uso.

En cierta forma hay un avance sobre ello: cada vez más, los usuarios tienden a vigilarse entre ellos mismos. También, los reglamentos de operación de los distritos se están formulando y aprobando porque las autoridades están presionando sobre ello y los usuarios se están convenciendo de su necesidad. Dado que las directivas de las AU cambian cada tres años, una manera de evitar las preferencias y parcialidades hacia determinados sectores o grupos de usuarios, es precisamente que haya reglas claras y escritas sobre la actuación de los directivos en turno.

En complemento, la actualización de las cuotas que debe hacerse periódicamente y de forma tal que alcancen para cubrir todos los gastos que se originan tanto en el propio módulo como en la SRL y en el DR, implica que el servicio de riego tiende cada vez más a adquirir su valor y costo real, y por ende, los usuarios se ven obligados a cuidarla cada vez más. Esto, desde luego, es válido para todos los usos, ya que todos y cada uno deben contribuir en la medida que les corresponde a soportar los costos de la insuficiencia y a mitigar los efectos nocivos que son consecuencia directa.

Ahora que son ellos quienes tienen la administración directa del agua, están cambiando sus criterios y puntos de vista respecto a la complejidad del proceso, al costo que ello implica y, sobre todo, a las consecuencias de no tener el recurso en cantidad suficiente.

El proceso de transferencia, aunque muy bien intencionado de origen, ha tenido algunos detalles que paulatinamente se van corrigiendo, como el hecho de pensar que, ahora que son los usuarios quienes tienen un control directo de su dotación, aguas abajo de los puntos de control, podrían servirse "con la cuchara grande"; ciertamente, los intentos se han hecho, y a veces prosperado, pero las consecuencias no se han hecho esperar, en el sentido de agravar los periodos deficitarios. Ello impone que se deba volver a la racionalidad en la gestión del recurso, como única manera viable de lograr la sustentabilidad. El precio pagado ha sido alto, las consecuencias han golpeado duramente esa errónea posición, y con ello es de esperarse que la lección estará aprendida.

02

7 PRIORIDAD EN EL USO DEL AGUA

Por ley, de acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el agua es un bien de propiedad nacional (Artículo 27). Su uso por los particulares, se adquiere vía concesión que otorga la nación a través de las instancias correspondientes. En este caso, la Comisión Nacional del Agua (CNA) es la dependencia responsable del recurso, su administración y manejo.

A diferencia de otros países, en México todos los usuarios son iguales ante la Ley, con los mismos derechos y obligaciones; por tanto, no es aplicable el principio de que "primero en tiempo, primero en derecho". No obstante, en la medida en que las condiciones van cambiando por la evolución natural y por la influencia humana, también se dan cambios en las relaciones sectoriales de uso del agua, y es por tanto necesario hacer las adaptaciones convenientes, de tal suerte que el agua, un recurso limitado en calidad y cantidad, sea usado de manera tal que social, económica y ambientalmente constituya un elemento de bienestar y desarrollo.

Cuando el agua es abundante, sin llegar a excesos que produzcan daños, su apropiación por los usuarios en general no ocasiona problemas; puede decirse que en estos casos, al agua se comporta como un bien privado, porque su uso no afecta a los demás. Esto no hace que pierda sus características de bien propiedad de la nación, sino que simplemente su uso discrecional por los particulares no afecta a terceros.

En situaciones de escasez, la disponibilidad de agua es menor de lo que se espera en condiciones medias, y ello es insuficiente para cubrir todos los requerimientos medios; es entonces cuando los conflictos por la apropiación y uso son inevitables, pues cada sector o usuario trata de disponer de la máxima cantidad que le permita suplir su demanda. Bajo estas condiciones, el recurso se comporta como un bien de propiedad social, en el que su uso debe sujetarse a normas tales que permitan satisfacer el máximo de requerimientos. En este sentido, la propiedad social implica una pertenencia de toda la comunidad, con el hecho adicional de que la apropiación ya no puede ser a discreción, pues en este caso sí se afectan los derechos de los demás, ya que se crean situaciones de tirantez que eventualmente estallan en conflictos.

Dada esta situación, si el agua es insuficiente, ¿cómo debe asignarse? Esto conduce a la idea genérica de que efectivamente, debe haber un orden de prioridad en la asignación y distribución. En este apartado se argumentan algunas ideas sobre la necesaria aunque poco grata tarea de definir prioridades y asignaciones, tanto del agua disponible como del déficit, y en el Capítulo 12 se abordan y discuten algunos otros criterios y principios relacionados; con ello se pretende tener más elementos de juicio que permitan cumplir esta tarea con imparcialidad y eficacia.

7.1 Prioridad sectorial

La zona de estudio, donde la agricultura es la principal actividad, y el sector agrícola el de mayor demanda y consumo, el orden de prioridad en el uso del agua puede expresarse como:

- doméstico-urbano
- agrícola y ganadero
- industrial
- ecológico y recreativo

consumen la mayor parte del agua, ya sea como insumo básico o como parte de los procesos, y por ende, es poca o mínima la que retornan como agua residual. Los usos no consuntivos en general no consumen el agua, sino que la usan para determinados procesos como el enfriamiento o la generación de energía, y la devuelven prácticamente completa; en algunos casos, lo que sí se afecta es la calidad, por variaciones en la temperatura, en los sólidos disueltos, etc.

Además, el sector industrial frecuentemente tiene la capacidad de dar tratamiento a sus aguas residuales, para reciclarlas en los mismos procesos o reusarlas en otros procesos o para otros fines. Esta es una opción valiosa en épocas de escasez, ya que se incrementa sensiblemente la eficiencia del uso, se ahorran volúmenes adicionales, se disminuye la polución, y se incrementa la disponibilidad marginal.

Los demás usos, recreativo y ecológico, principalmente, aún no son muy tomados en cuenta en nuestro medio. Son los últimos en la escala de prioridades porque no producen beneficios económicos tangibles y por falta de cultura en ese aspecto, pero ello no quiere decir que no sean importantes.

De hecho, la tendencia actual en términos ecológicos está dada por la consideración del llamado "gasto ecológico": el caudal mínimo de las corrientes naturales, tal que se preserven las condiciones bióticas mínimas que garanticen la sobrevivencia de flora y fauna naturales.

Aún queda por definir cuál sería tal gasto ecológico en condiciones de escasez, también en función de la severidad, magnitud y duración del fenómeno. Presumiblemente, es de esperarse que en condiciones extremas de insuficiencia, tal gasto sería nulo. Otra consideración adicional importante de este aspecto es la calidad del agua: si los gastos ecológicos no tienen la calidad requerida para garantizar su función, el efecto podría ser tan negativo o más que si no existiera.

Algunos aspectos a considerar en la definición del gasto ecológico serían la duración máxima del mismo según las condiciones de la escasez, la prioridad que tuviera en términos de la biodiversidad, en impacto en flora y fauna ante determinadas condiciones de déficit y su capacidad de recuperación, etc. Así, pues, no es un problema fácil de resolver, y por ende, se requieren análisis detallados y que tomen en cuenta múltiples factores para llegar a puntos de acuerdo que satisfagan a todas las partes, y, que finalmente, el uso ecológico, expresado a través del gasto ecológico, no se vea como un desperdicio de agua, que podría ser más útil, necesario o productivo en otros sectores.

Las modificaciones en la ley que rige el recurso, la Ley de Aguas Nacionales (LAN, 1992), y la correspondiente modificación al Artículo 27 de la Constitución Política Nacional, así como la tendencia a la globalización económica, han derivado en que actualmente, los derechos de agua, al menos en la agricultura, se vean como bienes comercializables, sujetos a las leyes de oferta y demanda, en donde sus poseedores tienen más libertad y flexibilidad de usarlos en las actividades que les sean más rentables, siempre y cuando no haya afectación a terceros, bajo lineamientos reglamentados y específicos. Esto está conduciendo a un auténtico mercado del agua, en que el recurso tiende cada vez más a adquirir su valor real, y por ello, sobre todo en épocas de escasez, a convertirse en un autentico factor económico de la productividad y el desarrollo (Howe *et al.*, 1986).

7.2 Criterios de asignación de agua y de déficit para el sector agrícola en condiciones de escasez.

Para el caso particular de la agricultura de riego, como usuario mayoritario, la distribución de los volúmenes disponibles y, del déficit debe estar sustentado en criterios objetivos, que vistos en conjunto garanticen imparcialidad y opciones adecuadas para todos los afectados.

Los principios que en mayor o menor grado rigen el proceso de asignación y distribución del agua y del déficit en general obedecen a los criterios de igualdad, equidad y eficiencia (Maass and Anderson, 1986), entendidos según lo siguiente:

- *igualdad* expresada como el derecho de todos los usuarios de tener acceso al recurso, sin importar su origen, filiación ideológica ni antigüedad. Es la igualdad ante la Ley.
-
- *equidad* en el sentido de que un problema de escasez y sus consecuencias debe afrontarse por todos, pero en la medida en que todos tengan una afectación acorde a su capacidad de soporte (en términos económicos); así, los que más pueden soportar más restricción deben tener. Esto implica un valor mínimo o base común en la asignación de agua para todos los usuarios, de tal suerte que todos tengan, al menos, la misma oportunidad básica de acceso al recurso.

- *eficiencia,* entendida como el mejor uso del agua en términos económicos, productivos, operativos y sociales; usar el agua como recurso escaso y limitado con el mínimo desperdicio y con el mayor beneficio.

En este sentido, igualdad y equidad deben converger en lograr la *justicia social,* aspecto que garantiza la estabilidad de la sociedad, y en la solución más apropiada de los *conflictos* por el uso y apropiación del agua que inevitablemente se presentan, solución que aplicada oportunamente evita que se conviertan en detonadores de la inestabilidad y la anarquía.

La eficiencia debe entenderse como el conjunto interactivo de actividades, instrumentos, decisiones y políticas para lograr una asignación sostenible y suficiente de agua, en cantidad y calidad, para todos los usos y usuarios que compiten por el recurso, con el fin de obtener de ello el mayor bienestar social posible, preservando los derechos de generaciones futuras (Collado, 1998). Es decir, la eficiencia va más allá de un determinado porcentaje de aprovechamiento o uso; es la síntesis de todos factores que intervienen en ello.

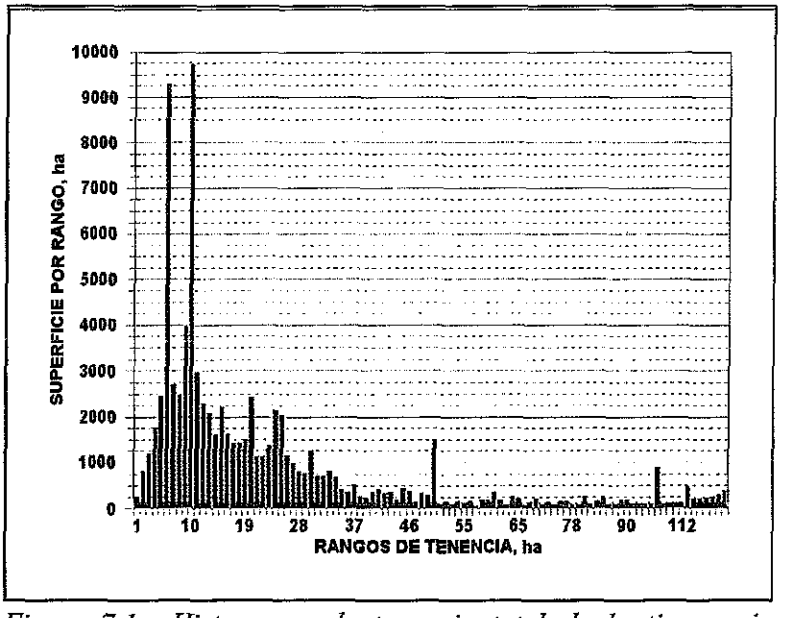


Figura 7.1.- Histograma de tenencia total de la tierra, sin distinción de régimen, para el DR 005.

Aunque finalmente la eficiencia se traduce en producción, productividad e ingreso, en términos económicos, dado que no todos los usuarios son igualmente eficientes como productores de bienes o servicios derivados del uso del agua, no se postula en este trabajo el hecho de eficiencia económica como base de la asignación del recurso; ello dependerá del uso que se dé al agua y de la tecnología que se utilice, entre otros factores. Lo que sí debe hacerse es, con base en el principio de equidad, asignar sobre una base del mismo volumen de agua , para todos los usuarios del mismo uso.

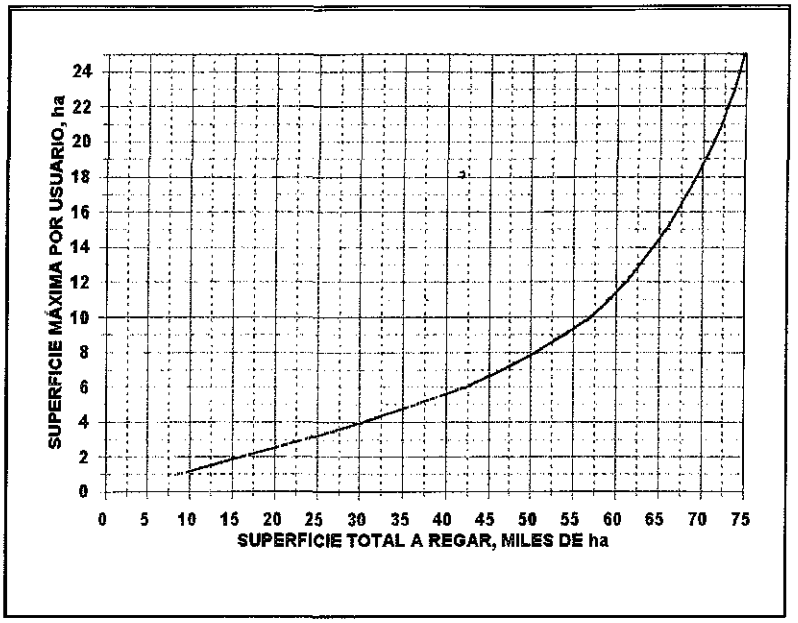


Figura 7.2.- Curva de usuarios en términos de superficie, de acuerdo con la información del padrón, para el DR 05

En los Distritos de Riego (DR) un primer criterio es hacer la distribución del agua en forma proporcional: el mismo grado de afectación para todos, aplicado a la superficie con derecho; esto implica que los grandes agricultores, los que tienen grandes superficies, en general se verían poco afectados, ya que por alta que sea la afectación, por ejemplo en porcentaje, siempre tendrán agua suficiente para que económicamente puedan salir adelante; es decir, seguramente dejarán de ganar, pero no tendrán severos problemas por la falta de agua. En este sentido, el método es igualitario pero no equitativo; por lo mismo es muy poco usado y sólo sería aplicable cuando la tenencia de la tierra tuviera homogeneidad en tipo de usuario y en superficie y, en el mejor de los casos, cuando fuera un monocultivo.

Así, si las condiciones restringieran los volúmenes disponibles a la mitad de la demanda, habría mucha diferencia en asignar agua para sólo dos hectáreas a un usuario son derecho a cuatro, que asignar agua para 50 hectáreas a un usuario con 100 de derecho. Para el primero sería muy difícil subsistir de explotar la tierra, mientras que el segundo, a pesar de la restricción, tendría una amplia capacidad de soporte. No es el mejor criterio, ya que no garantiza la justicia social, y lejos de disminuir y solucionar los conflictos, más bien sería una fuente de ellos.

Un segundo criterio basado en el aspecto de equidad es el que utiliza la curva de usuarios, procedimiento utilizado en México desde muchos años atrás y que pretende garantizar que los que menos tienen (en tierra y agua) sean los menos afectados. Los principios del método están documentados y oficializados (SRH, 1973), y aún cuando no se apliquen sus resultados tal y como se obtienen, sí son básicos para hacer los ajustes que finalmente conducen a la decisión última de reparto de los volúmenes de agua. La Figura 7.1 muestra como histograma la tenencia de la tierra en el distrito, de donde se aprecia que una gran proporción de la tierra se ubica en 5 y 10 ha/usuario y que superficies menores a 25 ha/usuario son lo más usual, independientemente del régimen social. La Figura 7.2 muestra la curva de usuarios, en la que el eje horizontal contiene la superficie máxima

a regar en el distrito según la disponibilidad de agua y considerando una lámina neta común para toda la superficie, para un año determinado; el eje vertical contiene la superficie *máxima* por usuario que se podría regar bajo esas condiciones.

A pesar de su antigüedad, el método sigue vigente, y la propia Ley de Aguas Nacionales (LAN, 1992), lo refiere como el método más equitativo.

Así, los usuarios con superficie igual o menor a la máxima calculada podrán regarla completa, mientras que para aquellos que tengan mayor superficie con derecho se sujetarán al valor máximo calculado, o bien, podrán aumentar su superficie a regar si adquieren de alguna manera más volúmenes de otros usuarios, sin que ello signifique aumentar el volumen total disponible, que es fijo. Esto es una manera de aplicar la equidad, en donde la afectación es menor para los menos favorecidos, y por ende, el déficit de agua se asigna a los que tienen mayor capacidad para absorberlo. La Tabla 8.1, con información de lo registrado en los últimos años, muestra resultados calculados adicionales en cuanto a ambos criterios, de igualdad y equidad.

Tabla 7.1.- Superficies parciales y totales regadas por año agrícola, y valores teóricos obtenidos con la aplicación del criterio de igualdad (proporcionalidad) y equidad (curva de usuarios).

AÑO AGRÍCOLA	SUPERFICIES REGADAS						CRITERIO DE ASIGNACIÓN		DOTACIÓN VOLUMÉTRICA POR DERECHO, MILES m³: EQUIDAD	
	O-I	P-V	SC	PR	TOTAL	PC	IGUALDAD (PROPORCIONAL, %)	EQUIDAD SUPERF. MAX/US	BRUTA	NETA
1991-92	22,201	30,519	17,000	16,280	86,000	69,000	91.73	17.71	322.39	187.77
1992-93	30,149	24,959	29,000	20,112	104,220	75,220	100.00	25.68	467.45	272.25
1993-94	28,989	18,904	17,555	15,855	81,303	63,748	84.75	14.04	255.55	148.83
1994-95	1,665	5,847	0	10,955	18,467	18,467	24.55	2.39	43.57	25.37
1995-96	0	13,782	0	7,718	21,500	21,500	28.58	2.82	51.25	29.85
1996-97	23,970	27,977	9,468	17,445	78,860	69,392	92.25	18.09	329.14	191.70
1997-98	170	34,103	0	11,835	46,108	46,108	61.30	6.89	125.32	72.99
1998-99	0	9,861	0	11,322	21,183	21,183	28.16	2.78	50.51	29.42
MEDIA	13,393	20,744	9,128	13,940	57,205	48,077	63.92	11.30	205.65	119.77
MÁXIMO	30,149	34,103	29,000	20,112	104,220	75,220	100.00	25.68	467.45	272.25
MÍNIMO	0	5,847	0	7,718	18,467	18,467	24.55	2.39	43.57	25.37

Desde luego, para efectos de ambos criterios, sólo se consideran los primeros cultivos (PC), ya que son los que están comprometidos por ley; los segundos cultivos (SC) se dan si las condiciones de disponibilidad de agua y tierra en el DR son adecuadas para esta modalidad, que por otro lado, es eventual y solo ocurre en años "buenos". Así, para el criterio de igualdad, la superficie máxima de PC (dada por la suma de los cultivos de otoño-invierno [O-I], primavera-verano [P-V] y perennes [PR], ocurrió en 1992-93 (la que circunstancialmente es casi la superficie total con derecho del DR), a la cual se asigna el 100% de la proporción, y a las superficies de los demás años, que son menores, la proporción correspondiente, y por ende, la misma proporción a cada usuario individual respecto a su derecho de riego. Esta asignación, como se ha mencionado, es igualitaria, pero no es justa, porque en

años secos, los grandes poseedores de tierra de todas maneras tendrían agua suficiente para sembrar sin problemas, pero los pequeños terratenientes, y sobre todo los minifundistas, se verían altamente afectados, y hasta es posible que con la proporción de agua que les tocara fuera totalmente insuficiente como para obtener beneficios suficientes de su tierra y agua; quizá hasta se verían obligados a ceder su volumen a los usuarios mayores, con resultados no muy diferentes.

Al aplicar el concepto de la curva de usuarios, bajo el criterio de equidad, los valores obtenidos y mostrados en la tabla son superficies máximas a regar por usuario, que están más acordes con lo que realmente se hace: al aplicar las láminas netas de 1.06 m, que son razonablemente adecuadas (históricamente registradas) para toda el área, se obtienen los volúmenes a asignar *por derecho* de riego, y que se expresa en superficie máxima; además, el DR aplica la modalidad de que la superficie total considerada para este criterio sea la "estadísticamente establecida", que es ligeramente inferior a la de padrón; con ello, se evita el problema de que en condiciones de escasez, usuarios que no siempre hacen uso de su derecho acudan a solicitarlo (derechos dormidos). Es decir, sólo a los usuarios habituales se les considera como sujetos de beneficio en esas condiciones.

Con lámina bruta y neta de 1.82 y 1.06 m, respectivamente, de acuerdo con el plan de riegos del DR para 1996-97, un año agrícola que podría considerarse "típico", se calcula la dotación por derecho a aplicar cada año, tanto a nivel de presa (bruta), como a nivel de parcela (neta), que son los valores que se muestran en las dos últimas columnas de la tabla.

En la Tabla 7.2 se muestran los cultivos de este ciclo, las superficies y láminas aplicadas, así como dos conceptos adicionales, importantes para normar una asignación, tanto de volumen como de déficit, relacionados con el aspecto económico de uso del agua. Estos son la productividad, expresada como utilidad monetaria por unidad de agua utilizada, y los jornales requeridos para las diversas labores por hectárea de cultivo, es decir, los requerimientos de mano de obra. Ello se refleja directamente en el sentido social, pues en la región, eminentemente agrícola, disponer de mano de obra para los cultivos más delicados y productivos, significa dar ocupación a gran cantidad de trabajadores del campo, que de otra manera se verían desocupados, sin ingresos y con los problemas derivados de ello. Ambos aspectos, el productivo y social, se conjuntan para dar a este criterio su solidez: en la medida en que un cultivo es más productivo, es usual que requiera mayor mano de obra y con ello se propicie una derrama económica mayor, reflejada en la cantidad de trabajadores ocupados.

Como se aprecia, entre los cultivos anuales son las hortalizas las más productivas y las que requieren más mano de obra, así como la vid y el nogal entre los perennes. La productividad relativa (porciento respecto al total) se consideró al asignar 100% a la productividad global, y entonces para cada cultivo es posible estimar qué tan alto o bajo es comparativamente al total. Así, bajo el criterio de eficiencia o productividad económica, se concluye que si determinados cultivos son los más productivos por unidad de agua utilizada, y además, son los que más contribuyen al aspecto social de generación de empleos, hacia ellos debería enfocarse la asignación de volúmenes. Por ello, las hortalizas serían los cultivos productivamente preferentes.

En el caso de los perennes, la vid y sobre todo el nogal serían, además, hídricamente prioritarios, por las razones de la alta inversión en tiempo y dinero requerida. Aunque aparentemente la alfalfa no es tan productiva, también es muy importante porque, sobre todo cuando las praderas y pastizales naturales son escasos, es la principal fuente para sostener el inventario ganadero y la importante

industria lechera de la región; es decir, tiene un valor agregado muy importante. De hecho, en estas condiciones la alfalfa es tan buen negocio para los productores que prefieren sacrificar los demás cultivos, ya que con la alfalfa tienen el mercado asegurado para su producto, y con mejor precio en la medida en que las condiciones se vuelven más criticas.

Tabla 7.2.- Valores asociados de productividad y requerimientos de mano de obra para los diversos cultivos del DR, en el año 1996-97.

CICLO AGRÍCOLA	LÁMINAS, cm		SUPER-FICIE ha	VOLUMEN m^3 10^6		ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD		JORNALES
	BRUTA	NETA		BRUTO	NETO	($/millar.$m^3$)	% RESPECTO AL TOTAL	
OTOÑO-INVIERNO								
TRIGO	144.24	83.32	19,225	277	160	257.34	53.31	11
VARIOS	130.92	79.62	235	3	2	785.75	**162.78**	75
CEBOLLA	247.50	144.88	1,119	28	16	1,370.14	**283.85**	75
AVENA	154.10	83.96	917	14	8	165.24	34.23	11
PRADERA	226.26	131.76	1,010	23	13	706.40	**146.34**	11
CEBADA	160.53	94.01	64	1	1	230.61	47.77	11
SUB-TOTAL	**167.06**	**97.64**	**22,570**	346	200	**367.41**	**76.11**	
PRIMAVERA-VERANO								
ALGODÓN	168.76	95.53	4,426	75	42	1,080.50	**223.84**	53
CACAHUATE	149.82	84.84	3,197	48	27	716.08	**148.35**	20
MAÍZ	160.92	93.49	7,198	116	67	321.02	66.50	13
VARIOS	177.56	103.91	1,021	18	11	824.17	**170.74**	75
SORGO	156.22	88.88	503	8	4	224.63	46.54	13
SOYA	156.35	92.27	1,813	28	17	182.75	37.86	14
CHILE	244.54	144.06	5,192	127	75	1,266.18	**262.31**	75
FRIJOL	97.89	59.36	198	2	1	302.03	62.57	13
CEBOLLA	246.54	142.48	729	18	10	1,455.87	**301.60**	75
AVENA								11
SUB-TOTAL	**181.09**	**104.98**	24,277	183	108	**823.61**	**170.62**	
SEGUNDOS CULTIVOS								
SORGO	136.28	76.14	1,332	18	10	256.33	53.10	13
MAÍZ	115.62	64.78	6,764	78	44	458.92	**95.07**	13
CACAHUATE	117.71	66.47	485	6	3	927.34	**192.11**	20
VARIOS							0.00	75
SOYA	115.14	64.31	887	10	6	252.83	52.38	14
CHILE							0.00	13
FRIJOL							0.00	13
SUB-TOTAL	**118.59**	**66.42**	**9,468**	94	53	**431.24**	**89.34**	
PERENNES								
ALFALFA	276.80	160.03	9,370	259	150	29.21	6.05	9
VID	196.24	109.27	120	2	1	370.94	76.85	35
NOGAL	197.51	119.81	4,325	85	52	651.81	**135.03**	23
SUB-TOTAL	**251.28**	**147.00**	**13,815**	441	256	**189.50**	**39.26**	
TOTAL	**181.96**	**105.69**	**70,130**	**1,065**	**616**	**482.71**	**100.00**	

La Tabla 7.3 muestra con las láminas del ciclo 96-97, las superficies y los volúmenes de un año "ideal", es decir, sin sequía, y por tanto, sin restricciones de volúmenes ni superficies, sino aprovechando toda la infraestructura del DR y beneficiando la superficie "estadísticamente establecida", además de segundos cultivos.

Obviamente, la decisión de sembrar tal o cual cultivo noes simple ni trivial: deben considerarse las condiciones mercado y las ligas que existen entre productores y comerciantes, los compromisos de producción y calidad, los créditos y plazos de pago, y otros factores relacionados. Esto hace que a final de cuentas, haya una sutil diferencia entre los criterios "sociales", tendentes a beneficiar a la mayor parte de los pequeños usuarios, y los criterios "individuales", aplicables a los grandes productores que tienen grandes inversiones y compromisos de producción para los grandes consorcios mercantiles o incluso para exportación. En este sentido, la equidad puede entenderse desde diversos enfoques; pero finalmente, la esencia del concepto es que todos los usuarios tengan la misma oportunidad de acceso al recurso. Así, la decisión de sembrar cultivos básicos, de alta redituabilidad o de grandes inversiones está determinada por la visión y recursos de los usuarios; sin embargo, garantizar la equidad es un aspecto que a su vez sirve de base para resolver los conflictos, dar sustentabilidad al uso del agua, y también para dar diversidad al uso agrícola.

Tabla 7.3.- Valores cercanos a los "ideales" esperados en un año agrícola para el DR.

CICLO AGRÍCOLA	LÁMINAS, cm		SUPER-FICIE, ha	VOLUMEN, $m^3 \cdot 10^6$	
	BRUTA	NETA		BRUTO	NETO
OTOÑO-INVIERNO					
TRIGO	144.24	83.32	15,000	241	141
VARIOS	130.92	79.62	250	4	2
CEBOLLA	247.50	144.88	1,150	28	17
AVENA	154.10	86.96	1,100	16	9
PRADERA	226.26	131.76	1,250	28	16
CEBADA	160.53	94.01	100	1	1
SUB-TOTAL	**167.06**	**97.64**	**18,850**	**319**	**186**
PRIMAVERA-VERANO					
ALGODÓN	168.76	95.53	4,700	79	45
CACAHUATE	149.82	84.84	3,500	52	30
MAÍZ	160.92	93.49	7,000	113	65
VARIOS	177.56	103.91	1,400	25	15
SORGO	156.22	88.88	600	9	5
SOYA	156.35	92.27	2,100	33	19
CHILE	244.54	144.06	6,000	147	86
FRIJOL	97.89	59.36	400	4	2
CEBOLLA	246.54	142.48	1,000	25	14
SUB-TOTAL	**181.09**	**104.98**	**26,700**	**487**	**282**
SEGUNDOS CULTIVOS					
SORGO	136.28	76.14	1,500	20	11
MAÍZ	115.62	64.78	6,000	69	39
CACAHUATE	117.71	66.47	500	6	3
VARIOS					
SOYA	115.14	64.31	900	10	6
CHILE					
FRIJOL					
SUB-TOTAL	**118.59**	**66.42**	**8,900**	**106**	**59**
PERENNES					
ALFALFA	276.80	160.03	10,000	277	160
VID	196.24	109.27	150	3	2
NOGAL	197.51	119.81	7,500	148	90
SUB-TOTAL	**251.28**	**147.00**	**17,650**	**428**	**252**
TOTAL	**181.96**	**105.69**	**72,100**	**1,339**	**779**

De acuerdo con estas tablas, los cultivos de P-V son los más productivos entre los de ciclo

corto, mientras que los perennes, por las demás razones anotadas, más allá de la productividad directa, son los que tienen preferencia hídrica cuando el agua es escasa; esto precisamente es lo que hace el DR: si algún ciclo debe sacrificarse, es el de O-I, y el agua disponible se reserva para el P-V; los perennes están en latencia durante los meses fríos del año, por lo que sus requerimientos hídricos disminuyen sensiblemente, y se suministran en su mayor parte con agua del subsuelo.

A partir de estas ideas, una opción adecuada como cédula de cultivos a plantear en situaciones de baja disponibilidad es la siguiente (Tabla 7.4)

Tabla 7.4.- Propuesta de superficies mínimas anuales a establecer en condiciones de baja disponibilidad.

CICLO AGRÍCOLA	LÁMINAS, cm		ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD % RESP. TOTAL	PROPUESTA MÍNIMA			
					JORNALES	SUPERF. PROP. ha	VOLUMEN, $m^3 \cdot 10^6$	
	BRUTA	NETA	($/millar m^3)				BRUTO	NETO
OTOÑO-INVIERNO								
TRIGO	144.24	83.32	257.34	53.31	11			
VARIOS	130.92	79.62	785.75	**162.78**	75			
CEBOLLA	247.50	144.88	1,370.14	**283.85**	75			
AVENA	154.10	83.96	165.24	34.23	11			
PRADERA	226.26	131.76	706.40	**146.34**	11			
CEBADA	160.53	94.01	230.61	47.77	11			
SUB-TOTAL	**167.06**	**97.64**	**367.41**	**76.11**		**0**	**0.00**	**0.00**
PRIMAVERA-VERANO								
ALGODÓN	168.76	95.53	1,080.50	**223.84**	53	3,800	64.13	36.30
CACAHUATE	149.82	84.84	716.08	**148.35**	20	3,000	44.95	25.45
MAÍZ	160.92	93.49	321.02	66.50	13	7,000	112.64	65.44
VARIOS	177.56	103.91	824.17	**170.74**	75	650	11.54	6.75
SORGO	156.22	88.88	224.63	46.54	13	600	9.37	5.33
SOYA	156.35	92.27	182.75	37.86	14	1,900	29.71	17.53
CHILE	244.54	144.06	1,266.18	**262.31**	75	2,800	68.47	40.34
FRIJOL	97.89	59.36	302.03	62.57	13	200	1.96	1.19
CEBOLLA	246.54	142.48	1,455.87	**301.60**	75	450	11.09	6.41
SUB-TOTAL	**181.09**	**104.98**	**823.61**	**170.62**		**20,400**	**353.86**	**204.75**
SEGUNDOS CULTIVOS								
SORGO	136.28	76.14	256.33	53.10	13			
MAÍZ	115.62	64.78	458.92	**95.07**	13			
CACAHUATE	117.71	66.47	927.34	**192.11**	20			
VARIOS				0.00	75			
SOYA	115.14	64.31	252.83	52.38	14			
CHILE				0.00	13			
FRIJOL				0.00	13			
SUB-TOTAL	***118.59***	***66.42***	***431.24***	***89.34***		***0***	***0.00***	***0.00***
PERENNES								
ALFALFA	276.80	160.03	29.21	6.05	9	8,000	221.44	128.02
VID	196.24	109.27	370.94	76.85	35	100	1.96	1.09
NOGAL	197.51	119.81	651.81	**135.03**	23	4,000	79.00	47.92
SUB-TOTAL	**251.28**	**147.00**	**189.50**	**39.26**		**12,100**	**302.41**	**177.04**
TOTAL	**181.96**	**105.69**	**482.71**	**100.00**		**32,500**	**656.27**	**381.79**

Como se observa, esta propuesta mínima de superficies excluye los cultivos de O-I y los SC,

y sólo contempla los de P-V y los perennes. Dentro de los P-V, además, no sólo se incluyen los de mayor productividad, pues a pesar de los altos beneficios que generan, también son los que consumen mayores láminas, y por ende, a mayor superficie menor volumen remanente. A cambio, se consideran algunas superficies de otros cultivos de menor requerimiento de agua, pero que sí son convenientes para sostener el nivel de autoconsumo, como el frijol y la soya, y de complemento forrajero, como el maíz y sorgo. No obstante que la agricultura es comercial, también existen campesinos, en el sentido tradicional del término, que cultivan la tierra para satisfacer sus necesidades básicas familiares, y sólo si tienen algún excedente, lo sacan al mercado para adquirir otros bienes que ellos no producen.

De esta manera se pretende alcanzar un equilibrio, con cierta preferencia a los cultivos más productivos, que generan mayores ingresos, empleos y derrama económica regional, y en menor escala los cultivos tradicionales, de menor valor pero también necesarios, que de otra manera, saldría más costoso traer de otras áreas, y están destinados al consumo de la población de menor nivel adquisitivo.

Bajo condiciones aún más severas de disponibilidad de agua, es posible considerar el criterio de *déficit hídrico*: proporcionar a determinadas plantaciones o cultivos menor cantidad de agua a lo usual, ya sea disminuyendo el número de riegos con intervalos más grandes, o bien con láminas menores. Este es un criterio discutible, pues aplicar menos agua está en relación a las láminas tradicionales, y no necesariamente al *uso consuntivo* de las plantas. Es práctica y creencia común, al menos en los sistemas de riego de gravedad, que la tierra se considera "bien" regada hasta que está inundada, lo cual usualmente es exagerado: mucha de esa agua aplicada es sobre-riego, que en términos agronómicos se considera exceso de agua, pues finalmente va a dar a los drenes o se infiltra para alimentar el acuífero, pero estrictamente no se aprovecha por las plantas. Sin embargo, resulta sorprendente que, a pesar del "déficit" en las láminas, los rendimientos de los cultivos no decrecen en la misma proporción, y con frecuencia, superan lo obtenido en condiciones "normales". Esto es un claro síntoma de que aplicar más agua de la necesaria a las plantas no sólo no aumenta su rendimiento, sino que hasta puede disminuirla.

Desde luego, como criterio complementario vuelve a considerarse el factor productividad, lo que implica que en primer término, son los cultivos menos eficientes económicamente los que se afectan, y los de mayor productividad siguen recibiendo la cantidad de agua que requieren. Este criterio se muestra en la Tabla 7.5, en la que el concepto "factor de lámina", en la última columna, es el coeficiente a aplicar a las láminas típicas de diseño.

Aunque se han presentado años con volúmenes y superficies menores que los de esta propuesta mínima, realmente se considera que esos han sido casos extraordinarios, en los que las condiciones de mínima oferta, aunadas a las presiones de los usuarios y a determinadas carencias en la planeación a mediano y largo plazos han conducido a situaciones críticas, pero que no deberían ocurrir en el futuro. Esto es una muestra fehaciente de que a pesar de que ha habido años con muy baja disponibilidad hídrica en los embalses, y que por tanto ha tenido que echarse mano de las aguas subterráneas, el aspecto de gestión o administración del recurso es el determinante, y que, por ejemplo, un ahorro del 10% en el agua de riego, mediante la reducción de láminas brutas y netas, podría ser suficiente para sostener una superficie regada no menor que lo aquí se plantea como "mínima". Así, es el aspecto de la gestión integral del recurso, las medidas no estructurales, las que resultan de mayor peso en que afrontar la sequía tenga menores impactos negativos.

Tabla 7.5.- Propuesta de superficies y volúmenes mínimos, bajo el criterio de déficit hídrico.

CICLO AGRÍ-COLA	LÁMINAS cm		ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD		JOR-NA-LES	PROPUESTA MÍNIMA			FAC-TOR DE LÁMINA
						SUPER-FICIE ha	VOLUMEN, $m^3 \cdot 10^6$		
	BRUTA	NETA	($/millar.m³)	% RESP.TOTAL			BRUTO	NETO	
OTOÑO-INVIERNO									
TRIGO	144.24	83.32	257.34	53.31	11				
VARIOS	130.92	79.62	785.75	**162.78**	75				
CEBOLLA	247.50	144.88	1,370.14	**283.85**	75				
AVENA	154.10	83.96	165.24	34.23	11				
PRADERA	226.26	131.76	706.40	**146.34**	11				
CEBADA	160.53	94.01	230.61	47.77	11				
SUB-TOTAL	**167.06**	**97.64**	**367.41**	**76.11**		**0**	**0.00**	**0.00**	
PRIMAVERA-VERANO									
ALGODÓN	135.01	76.42	1,080.50	**223.84**	53	3,800	51.30	29.04	0.80
CACAHUATE	127.35	72.11	716.08	**148.35**	20	3,000	38.20	21.63	0.85
MAÍZ	112.64	65.44	321.02	66.50	13	7,000	78.85	45.81	0.70
VARIOS	177.56	103.91	824.17	**170.74**	75	650	11.54	6.75	1.00
SORGO	124.98	71.10	224.63	46.54	13	600	7.50	4.27	0.80
SOYA	125.08	73.82	182.75	37.86	14	1,900	23.77	14.03	0.80
CHILE	244.54	144.06	1,266.18	**262.31**	75	2,800	68.47	40.34	1.00
FRIJOL	73.42	44.52	302.03	62.57	13	200	1.47	0.89	0.75
CEBOLLA	246.54	142.48	1,455.87	**301.60**	75	450	11.09	6.41	1.00
SUB-TOTAL	143.23	**82.93**	**823.61**	**170.62**		**20,400**	**292.20**	**169.17**	
SEGUNDOS CULTIVOS									
SORGO	136.28	76.14	256.33	53.10	13				
MAÍZ	115.62	64.78	458.92	**95.07**	13				
CACAHUATE	117.71	66.47	927.34	**192.11**	20				
VARIOS				0.00	75				
SOYA	115.14	64.31	252.83	52.38	14				
CHILE				0.00	13				
FRIJOL				0.00	13				
SUB-TOTAL	**118.59**	**66.42**	**431.24**	**89.34**		**0**	**0.00**	**0.00**	
PERENNES									
ALFALFA	276.80	160.03	29.21	6.05	9	8,000	221.44	128.02	1.00
VID	196.24	109.27	370.94	76.85	35	100	1.96	1.09	1.00
NOGAL	197.51	119.81	651.81	**135.03**	23	4,000	79.00	47.92	1.00
SUB-TOTAL	249.92	**146.31**	**189.50**	**39.26**		**12,100**	**302.41**	**177.04**	
TOTAL	181.96	**105.69**	**482.71**	**100.00**		**32,500**	**594.60**	**346.21**	

Los responsables de la planeación y ejecución de los planes de riego (las jefaturas del distrito y de operación, y las gerencias de Au y SRL) tienen o deben tener una experiencia y visión suficientes para analizar propuestas y alternativas como las aquí mencionadas, y con ello anticiparse a los hechos, buscando que las condiciones no se agraven; esto es el manejo del riesgo. Con bases sólidas, deben convencer a los usuarios, representados en el Comité Hidráulico (CH) de porqué, ante determinado umbral de escasez, las opciones mejores se reducen a ahorrar volúmenes y elevar la eficiencia del recurso, así como en respetar las prioridades y asignar agua y déficit con sentido de equidad y de justicia social.

Buen criterio, objetividad, sentido común y experiencia son los elementos clave que hacen que, al menos por parte de los responsables de la administración del agua, la planeación *a priori* (aunque suene redundante, es preciso recalcarlo) tenga un papel fundamental en afrontar la sequía y disminuir su impacto. Como se ha mencionado, desde todos los puntos de vista, es más conveniente afrontar continuos y pequeños déficit de agua en serie, aún con el problema de los consecuentes impactos negativos, que soportar una sequía de proporciones catastróficas que seguramente tendría un impacto más grande y más difícil de superar.

A nivel DR, como se aprecia en las tablas, la planeación se hace a números cerrados y considerando los cultivos en bloque, es decir, en principio por el total de cada ciclo, y después se hace el desglose entre cultivos del mismo ciclo; el detalle final de distribución de los cultivos, tanto dentro del ciclo como en el total del año, es más tarea de los módulos (Asociaciones de Usuarios, AU), los que deben considerar preferencias, capacidades e intereses de los propios usuarios; además, deben considerar los aspectos prácticos operativos, como capacidad de los canales, gastos a recibir del DR, fechas de siembra, intervalos de riego, estado de la infraestructura, actitud de los usuarios, experiencia y ética de los técnicos y administradores, etc.

La curva de usuarios, mostrada en la Figura 7.2, de origen establece una superficie máxima a regar por usuario y por año agrícola, de *primeros* cultivos. Está fundamentado en lo dispuesto en el Artículo Noveno transitorio de la Ley de Aguas Nacionales (LAN, 1992). Actualmente, el propio Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RLAN, 1994), en su Artículo 100 establece que tanto la concesión como la dotación de agua deben hacerse por volumen. De ello resulta que la original curva de usuarios, expresada como la superficie máxima a regar por usuario en función de superficie total a regar en el distrito con el agua disponible, se debe transformar al volumen máximo a dotar por derecho de riego por año, en función del volumen útil disponible en la fuente de suministro.

Cada usuario, con apego a la Ley, puede utilizar en la forma, tiempo y uso que le sean más convenientes o redituables, su dotación anual 8derivada de la asignación), sin afectar a terceros y apegándose a la política definida. De esta libertad surgen las transferencias de agua de una parte a otra del distrito, mediante renta, cesión, venta, préstamo, etc., convenidos entre los interesados, y en su forma más elaborada, la formación de "bancos de agua", en donde los mecanismos de oferta y demanda contribuyen a dar al recurso valores más reales, de mercado; mayores detalles y argumentos sobre este aspecto "novedoso" del agua, relativo a los mercados, se incluyen en el Capítulo 12. También la Ley permite el cambio de uso del agua, bajo determinadas condiciones.

De las estadísticas hidrométricas del distrito de riego se ha determinado que la sequía no existe si en la presa La Boquilla se tienen almacenados al menos 883 $m^3 \cdot 10^6$ *útiles*, y 245 para la presa Madero, es decir, 1,128 para todo el sistema (véase la Tabla 11.1), que corresponden a los valores históricos medios de extracción. Éste es el parámetro básico sobre el cual aplicar la curva de usuarios volumétrica. Ambas presas son independientes, ubicadas sobre cuencas y ríos diferentes, pero se manejan en conjunto, siendo la Madero complemento de La Boquilla.

Cuantificando la sequía hidrológica por sus fases, como se verá más adelante, en relación con los almacenamientos útiles al inicio del ciclo agrícola, se tiene convencionalmente que si la reducción de la oferta es de 5 a 10% respecto a la demanda media o normal, la fase es *incipiente*; de 10 a 20%, *moderada*; de 20 a 35%, *severa*; de 35 a 50%, *crítica*, y mayor de 50%, *catastrófica*. Ante estos

panoramas, las alternativas de actuación son diferentes para cada fase, así como las acciones, respuestas y dinámica operativa. A mayor severidad, las restricciones y medidas adicionales de control del agua son mayores: racionamiento y tandeo entre otros, llegando incluso a la supresión de volúmenes para determinado ciclo, usualmente el menos productivo.

De acuerdo con los rangos de déficit mencionados, la Figura 7.3 muestra los intervalos correspondientes a la dotación volumétrica *por derecho*, en forma anual, calculada con lámina bruta (*LB*, a nivel fuente de abastecimiento) de 1.82 metros, y lámina neta (*LN*, entregada a nivel de parcela) de 1.06 metros. Así, identificar la fase de la sequía hidrológica en términos del volumen inicial disponible, provee elementos adicionales para diseñar e implementar las estrategias a seguir para mitigar el efecto del fenómeno, y es una de las formas de afrontar y manejar el riesgo: es parte de la cultura de la prevención.

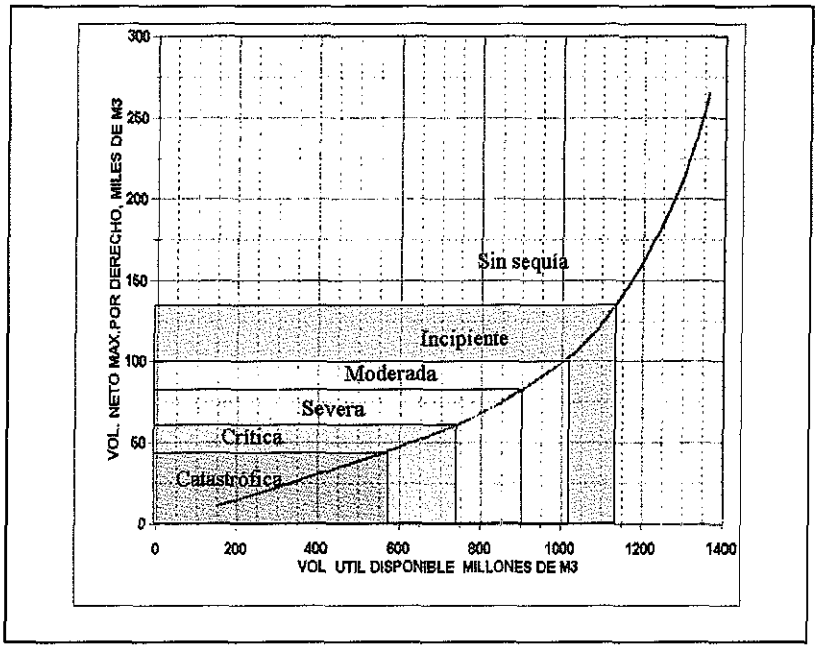


Figura 7.3.- Curva de usuarios volumétrica y las fases de la sequía, para el total de las presas La Boquilla y Madero, Chihuahua.

De esta manera, especificar cuantitativamente la política de operación más adecuada y los valores que distinguen las diferentes fases de la sequía según su gravedad, proporciona a los planeadores y tomadores de decisión, más y mejores elementos para mejorar la asignación del agua y hacerlo con equidad. Con esto los conflictos no necesariamente se evitan, pero sí se coadyuva a su solución.

La curva de usuarios es única para cada par de valores fijos de *LB* y *LN*, pero también, parte de las opciones que ofrece la nueva tecnología y las formas de organización es precisamente la modificación de estos parámetros, es decir, la posibilidad de aumento de la eficiencia técnica.

Esto es factible de lograrse disminuyendo *LB* o aumentando *LN*. Por precaución, dado que no todos los usuarios tienen el mismo nivel tecnológico, en la planeación es aconsejable mantener *LB*=1.82 metros de diseño, para el caso del DR 005; entonces, aumentar la eficiencia implica aumentar *LN*, interpretada como un mayor volumen a recibir por los usuarios, al disminuir las pérdidas por conducción y distribución, que se traduciría en más superficie regada.

La Figura7.4 muestra algunas posibilidades teóricas, en las que cada curva representa valores fijos de *LB* y *LN*; esto daría opción a sembrar mayor superficie o aplicar láminas más altas. Si *LB* se mantiene en 1.82, y *LN* varía entre 0.95, 1.00, 1.10, 1.15 y 1.20 metros, las eficiencias correspondientes serían de 52.20, 54.95, 60.44, 63.19 y 65.93%, respectivamente, mientras que la actual, para *LN*=1.06, es de 58.24%.

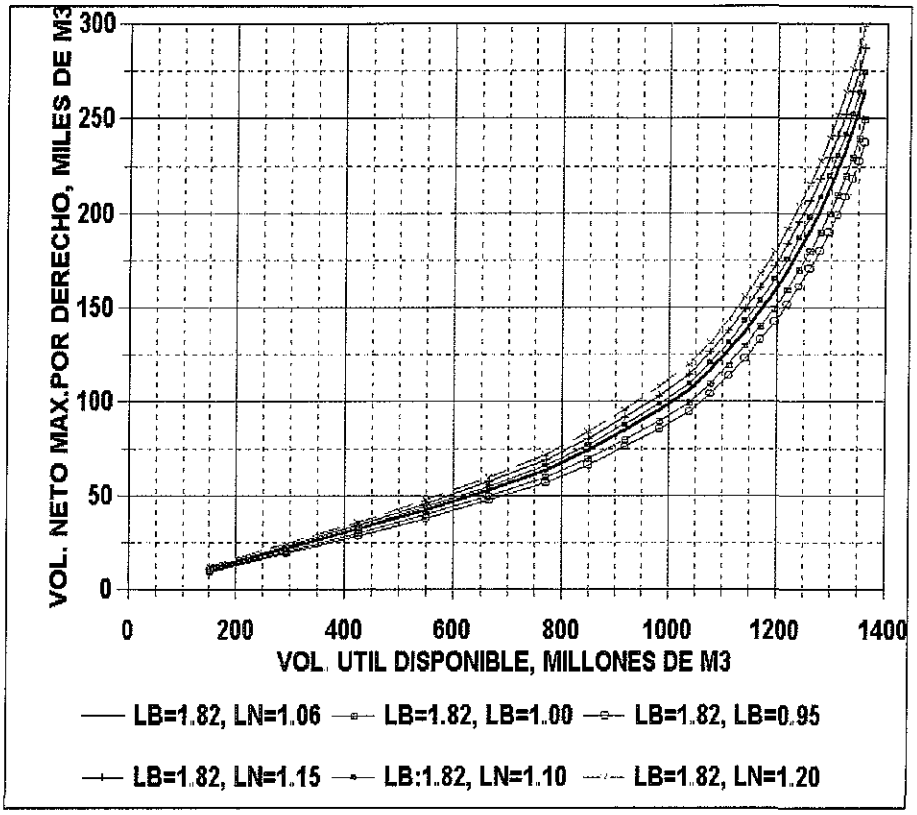


Figura 7.4.- Curva de usuarios para diferentes opciones de LN, que implican diferentes alternativas en las eficiencias de conducción y distribución.

Lograr aumentar la eficiencia, aunque sea en sólo unos pocos puntos no es fácil, sin embargo, se avizora como una posibilidad real, por la tecnología que ya está disponible y por el valor que adquiere el agua, sobre todo en condiciones de escasez. Aunque no es la única forma de mejorar la operación del agua disponible, sí es una de las más viables.

Si paulatinamente se introducen y mejoran los esquemas operativos de canales, represas, así como las condiciones físicas de las obras; y también si se mejoran los sistemas de medición del flujo en los diversos niveles de la red de canales, consideradas todas estas como medidas estructurales, se tendrá una mejor plataforma desde la cual ahcer más eficiente la gestión integral del agua; de otra manera, si no se dispone de los adecuados elementos físicos, ninguna gestión puede ser exitosa.

En complemento, si como parte de las medidas no estructurales se continúa promoviendo y aceptando que la entrega volumétrica es la mejor opción, entonces es de esperarse un aumento significativo en el mejor uso y manejo del agua.

8 POLÍTICAS DE OPERACIÓN DE LAS PRESAS

El problema de establecer la dotación de agua por uso y/o usuario se resume en encontrar el punto de equilibrio entre dos posiciones literalmente divergentes: la de los usuarios, interesados en disponer del máximo de agua en el tiempo presente, prestando poca atención al futuro; y por otra parte, la posición de CNA como responsable de la administración del recurso a mediano y largo plazos, es decir, de su permanencia y regularidad para hacer posible la sustentabilidad. Parte de la solución al problema puede plantearse al establecer políticas de operación adecuadas de los embalses, considerando las condiciones de escasez, así como de las aguas subterráneas, donde éstas predominen, o bien de una política operativa conjunta.

Así, en términos de hacer menos escabroso el proceso de asignación, si éste se divide en dos fases claramente definidas, es probable que se facilite y se acepte de mejor manera la decisión final. Esto significa que en la primera fase debe haber una asignación sectorial, definida y decidida por la institución rectora del recurso (CNA), con la participación de las dependencias e instituciones relacionadas al mismo (SAGARPA, SEMARNAT, gobiernos estatales y municipales, ONG´s, principalmente), y con los representantes de cada sector (agrícola, industrial, doméstico-urbano, ambiental, ganadero). Esto daría por resultado la asignación global en bloque de los volúmenes de agua correspondientes a cada sector, acordes con un balance general de la disponibilidad y de las expectativas a corto y mediano plazos del comportamiento hidrológico.

La segunda fase es la asignación de volumen (dotación) a cada usuario dentro del sector correspondiente. En el caso del uso agrícola, la propuesta de asignación la hace CNA por medio del DR, para analizarla, negociarla y en su caso definirla y aprobarla con los representantes de los usuarios organizados en las AU. Es aquí donde se define y decide cuánto y cómo será el uso del agua subterránea, en complemento de la superficial, así como de la cédula de cultivos, tomando en consideración los criterios ya mencionados: mercado, generación de empleos, requerimientos de otros insumos, créditos, ... Es, con mucho, la fase más difícil, ya que se tiene que afrontar la posibilidad real de afectar los ingresos directos de los usuarios por su actividad.

En cuanto al agua superficial, sólo las dos presas, La Boquilla y Madero, son las fuentes de suministro, con aguas de escurrimiento de los ríos Conchos y San Pedro, respectivamente. Eventualmente se dispone de pequeños volúmenes adicionales provenientes de las aguas de retorno y de drenaje, que se bombean de los drenes y sirven para regar algunas superficies en las zonas bajas. Cabe mencionar que en épocas de escasez, ésta componente adquiere gran importancia, aunque su alcance sea limitado.

Las políticas de operación de estas presas usualmente se obtienen mediante simulación y funcionamiento de vaso. Estos son procesos en los cuales por aproximaciones y de acuerdo con la experiencia de los operadores se obtiene una política que puede ser adecuada. Aunque no siempre se logre la mejor, es útil para los efectos de suministrar una demanda, sobre todo cuando *no* hay escasez de agua y su uso se puede programar con cierta relajación. Éste aspecto de discrecionalidad en el suministro del agua en épocas de no escasez tiene el efecto de crear y fomentar el hábito entre los usuarios de siempre habrá agua suficiente en las presas para cubrir sus demandas. Se quedan con la idea de que aún en periodos de baja lluvia y aportación, pueden excederse en la demanda más aconsejable, ya sea sembrando mayor superficie de la autorizada (que no reportan) o haciendo un uso poco eficiente del agua suministrada.

Lo primero es lo que popularmente se conoce en el medio como tener sembradas "hectáreas grandes", o sea superficies excedidas que una vez plantadas, se les debe dar el agua necesaria, aunque ello amerite una sanción. No obstante, en muchos casos, la sanción económica es mínima comparada con la ventaja de tener el agua.

En la medida en que el uso del agua es más competido y la demanda crece, la disponibilidad relativa decrece, y los periodos de baja aportación tienen un efecto adicional que aumenta las condiciones críticas para suplir los requerimientos. En estos casos, es necesario mejorar el proceso de asignación y extracción de los volúmenes requeridos. Es decir, se debe mejorar la administración del recurso, desde su fase de planeación hasta la entrega de los volúmenes a los usuarios. Bajo estas condiciones, obtener una política óptima se convierte en una necesidad y conveniencia que ayuda a mejorar el proceso de asignación.

Se entiende por "política de operación" de una presa el conjunto de reglas que definen la forma de operar un almacenamiento; mediante estas reglas se estima el volumen a extraerse en determinado periodo, de acuerdo con las condiciones de la oferta y la demanda (Wagner y Rivera, 1999). En consonancia con esto, las políticas de operación pueden ser malas, regulares, buenas y "óptimas", dependiendo de su eficiencia en satisfacer las demandas y en lograr la sustentabilidad del sistema.

Así, es usual que cuando las cosas no resultan bien en referencia a la operación de los embalses, se dice que se debe a una mala política, y son usualmente los operadores (la institución, CNA) los que cargan con la culpa. En el caso del riego, CNA tiene la responsabilidad de planear y diseñar las políticas operativas "buenas" a nivel de cuenca o sistema en aras del bien común y con visión más amplia que el periodo inmediato, pero las presiones de los usuarios por obtener más agua, lo que frecuentemente logran, es precisamente lo que conduce a una operación deficiente, ya que desvirtúa la buena planeación de origen. Entre otras razones, esto se da por la carencia o relajación en los reglamentos o en los instrumentos normativos o reguladores del funcionamiento de los sistemas de riego.

Una política de operación óptima es el resultado de una solución óptima del modelo matemático con que se resuelve, aunque no necesariamente corresponde a la solución óptima del sistema real (Collado, 1998). En este sentido, premisas diferentes en la función objetivo y en las restricciones conducen a resultados también diferentes, aunque todos óptimos (si existen), y queda a juicio del planeador y decisor cuál o cuáles son adecuadas para determinado sistema. Cabe aclarar que al usar un determinado método o modelo para obtener políticas óptimas, aunque los principios son los mismos, las particularidades del sistema real hacen que cada solución sea "a la medida"; no obstante, ninguna política óptima tiene una solución única.

8.1 Política de operación en función del escurrimiento antecedente y del almacenamiento actual

El cálculo de las políticas de operación óptimas es un proceso complicado y laborioso, por las numerosas variables, y la gran cantidad de restricciones que se deben cumplir simultáneamente. Una de las maneras de hacerlo es mediante *programación lineal*, posiblemente la menos complicada.

Los principios de una política óptima de operación con programación lineal se resumen en maximizar las extracciones de la presa, y al mismo tiempo minimizar los derrames, como función

objetivo, sujetándose a diversas restricciones. El planteamiento general es

$$\max\left\{\sum_{t=1}^{n} R_t - \sum_{t=1}^{n}\sum_{j=1}^{12} D_{j,t}\right\} \tag{8.1}$$

como *función objetivo*, donde:

n es el número de años del horizonte de modelación (dato)

t es el subíndice secuencial del numero de años del registro hidrométrico (dato)

j es el subíndice cíclico de los meses en cualquier año t (dato)

R_t es el volumen de extracción del año t (variable de decisión)

D_{jt} es el derrame de la presa en el mes j del año t (variable de decisión)

y las restricciones son

- *por continuidad*.

$$S_t + Q_t - R_t - L_t = S_{t+1} \tag{8.2}$$

donde

S_t es el almacenamiento al inicio del periodo t

Q_t es el volumen aportado al vaso en el periodo t

L_t es la pérdida (principalmente por evaporación) en volumen del vaso en el periodo t

- *por estacionaridad*: suponer que el periodo (muestra) de registro y modelación es estadísticamente representativo y repetitivo de la población a la que pertenece

$$S_{1\,1} = S_{1\,n+1} \tag{8.3}$$

donde $S_{1\,n+1}$ es el almacenamiento en el mes 1 del año $n+1$, inicio de la siguiente serie histórica.

- *por capacidad de almacenamiento útil o activa*: es el volumen extraible del embalse, a partir del nivel de aguas mínimo (NAMIN) y hasta alcanzar el nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO): K_a = NAMO - NAMIN.

$$S_{jt} \leq K_a \qquad \forall j,t \tag{8.4}$$

- *por límites de asignación*, si se plantean: volúmenes mínimo y/o máximo a extraer anualmente para cumplir determinado nivel o máximo de demanda, o bien por capacidad física de las obras de conducción y distribución.

$$R_t \leq V_{max} \qquad \forall t \tag{8.5}$$

$$R_t \geq V_{min} \qquad \forall t \tag{8.6}$$

Al inicio del periodo de asignación, se tiene que el volumen almacenado disponible está en función de las extracciones que se hayan hecho en el periodo anterior, y particularmente de los volúmenes aportados en ese mismo ciclo. Ello implica una restricción adicional:

- *por el comportamiento hidrológico del periodo t-1*

En los distritos de riego, la forma real de operar es variable dependiendo de la disponibilidad de agua. Si ésta es abundante, puede regarse durante más tiempo, es decir, extender el periodo de extracción, mientras que si hay escasez, lo común es que haya un desfasamiento temporal de extracción del agua, así como modificaciones en cuanto a la distribución proporcional mensual de la demanda. Así, dependiendo de las condiciones hidrológicas del año *t-1* que se reflejan en los volúmenes disponibles al inicio del año *t*, la asignación planeada tendrá características distintivas. Así, para efectos de simplicidad, por conveniencia y a la vez de distinción entre los años secos, medios y húmedos, al registro de valores anuales de aportación se le da un ordenamiento de forma creciente, y se divide en tres partes con *igual* número de datos: el primer tercio, al percentil 33, son los años secos; del percentil 34 al 66 son los años medios o "normales"; y del percentil 67 al 100 corresponden los años húmedos. Así, el volumen de aportación al percentil 33 es V_1, y al 66 es V_2.

La extracción anual óptima en función de la aportación en *t-1* se expresa como:

$$R^*_{Q_{t-1}} = \alpha + \beta_1 Q_{t-1}, \qquad \text{si } Q_{t-1} \leq V_1 \tag{8.7}$$

$$R^*_{Q_{t-1}} = \alpha + \beta_1 V_1 + \beta_2 (Q_{t-1} - V_1), \qquad \text{si } V_1 \leq Q_{t-1} \leq V_2 \quad \text{y} \tag{8.8}$$

$$R^*_{Q_{t-1}} = \alpha + \beta_1 V_1 + \beta_2 (V_2 - V_1) + \beta_3 (Q_{t-1} - V_2), \qquad \text{si } V_2 \leq Q_{t-1} \tag{8.9}$$

α es el valor límite inferior de $R^*_{Q_{t-1}}$, en donde inicia la operación; teóricamente es el valor mínimo a asignar, para cualquier valor de la aportación Q_{t-1}. Las βi son las pendientes de las líneas que definen la política de operación: β_1 para el primer cuantil (1 a 33, valores bajos de aportación anual, años secos); β_2 para el segundo cuantil, 34 a 66, valores medios anuales; y β_3 para el tercer cuantil, 67 a 100, que representan los valores más altos de aportación anual (años húmedos).

Por otro lado, del volumen almacenado al tiempo de hacer la planeación, se puede especificar una proporción a asignarse en el año, que está en función del valor de la demanda y de los compromisos a satisfacer, así como en términos del pronóstico de comportamiento del año que

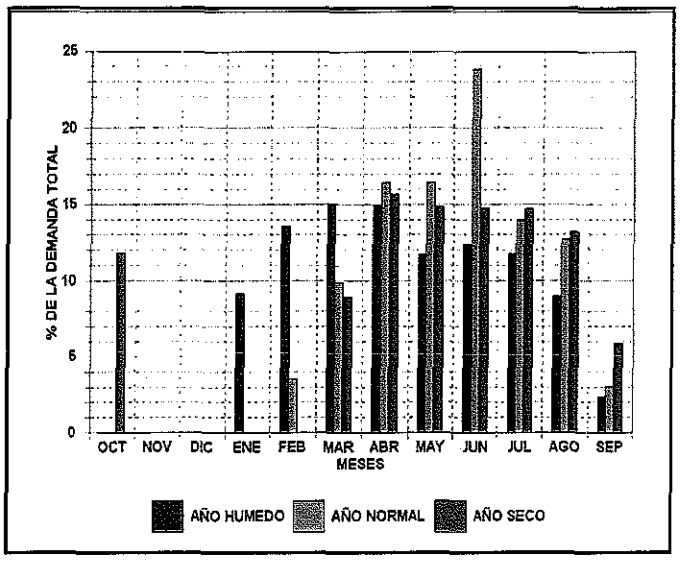


Figura 8.1.-Distribución porcentual mensual de los volúmenes de extracción para riego. Presa Boquilla

empieza, y de la presión de los usuarios por obtener más agua; en suma, es una medida del riesgo a correr si el panorama no es bueno o no mejora en el siguiente año. Así, esta fracción de la asignación simplemente se expresa como

$$R^*_{St} = \mu S_t \qquad (8.10)$$

donde $0.2 \leq \mu \leq 0.8$

0.2 es cuando muy poco (20%) del volumen almacenado se compromete, y 0.8 es cuando el pronóstico es tan optimista que se esperan aportaciones altas durante *t*, y por tanto, se puede comprometer hasta el 80% del volumen almacenado al inicio.

Bajo estos conceptos, la extracción óptima anual total se expresa como

$$R^*_t = R^*_{Qt-1} + R^*_{St} \qquad (8.11)$$

La distinción entre años secos, medios y húmedos tiene la implicación siguiente: en las áreas de temporal, un año es bueno hidrológicamente, si las lluvias son abundantes durante el periodo de desarrollo de los cultivos, aunque en el resto del año la lluvia sea incluso menor que la normal. Es decir, el año es bueno cuando la humedad ocurre precisamente cuando se requiere.

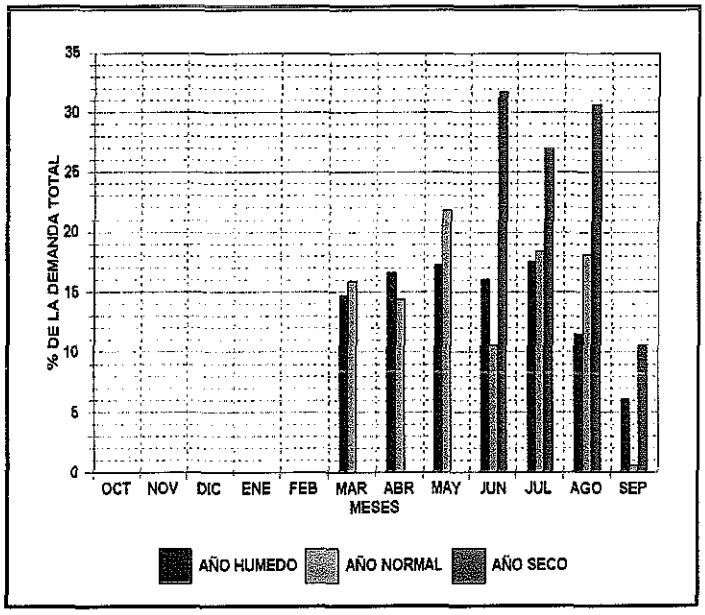


Figura 8.2.- Distribución porcentual mensual de los volúmenes de extracción para riego. Presa Madero

En las áreas de riego, un año bueno es el que *precede* al año en que se aplicará el agua, es decir, el agua captada en un año se usará en el siguiente; por tanto, el año *t-1* es el que se considera seco, medio o húmedo, respecto al año *t*, lo que se refleja en el almacenamiento al finalizar *t-1* e iniciar *t*. Así, si *t-1* es húmedo, *t* podrá tener otra condición, pero lo almacenado hace que *t* no sea necesariamente un año seco, en cuanto al riego.

A su vez, esto tiene efecto en la distribución proporcional de los volúmenes a extraer y los periodos (meses) en que se aplicarán tienen variaciones dependiendo de la condición

de humedad del año *t-1*: si el agua es abundante, los periodos de riego serán más amplios, porque habrá cultivos en todos los ciclos, y además se sustituirán aguas subterráneas por superficiales; si el agua es escasa, los periodos con riego se reducen a menos meses y además se desfasan, ya que habrá periodos, principalmente el O-I que tendrán restricciones fuertes, incluso hasta totales; en estos casos, sólo los cultivos de P-V tendrán riego, tal vez también con algunas restricciones, y se procura que su mayor desarrollo se dé en los meses en que llueve, para disminuir extracciones de las presas y ahorrar agua. Las Figuras 8.1 y 8.2 muestran como se comporta esta distribución en la extracción mensual de cada presa, de acuerdo con la característica de humedad del periodo.

Las diferencias que se aprecian en estos gráficos se deben a que las extracciones de la presa Madero, comparativamente pequeñas en relación con las de La Boquilla, sólo complementan el suministro de las demandas de todo el DR, que básicamente se suplen con lo almacenado en La Boquilla.

Por ello se considera que este

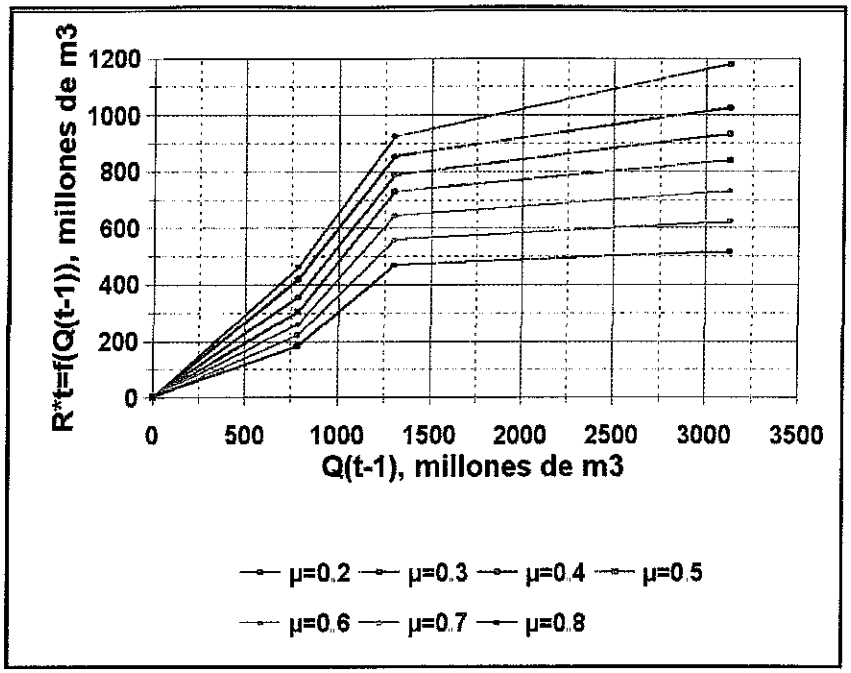


Figura 8.3.- Políticas óptimas de operación en función del escurrimiento y de μ, para la presa La Boquilla.

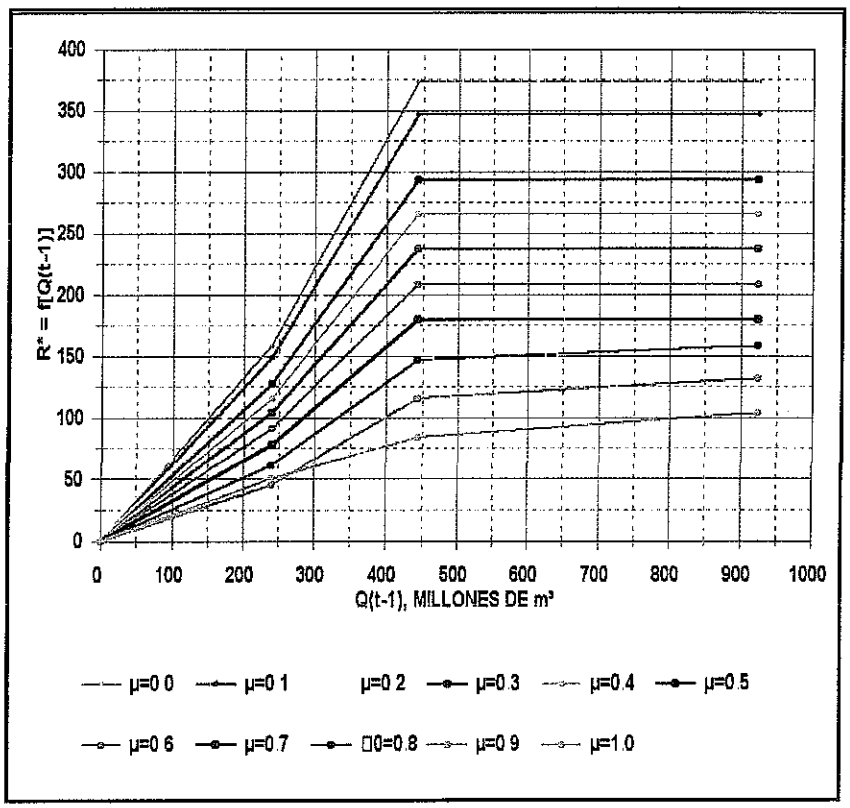


Figura 8.4.- Políticas óptimas de operación en función del escurrimiento y de μ para la presa Madero.

aspecto de distinguir los periodos según su humedad, y que en la realidad es decisivo, se convierte en una restricción o condición más a cumplir en la modelación para obtener la política óptima. Esto es, resulta poco convincente que en el cálculo de la política se consideren todos los periodos con la misma distribución porcentual o proporcional de extracción.

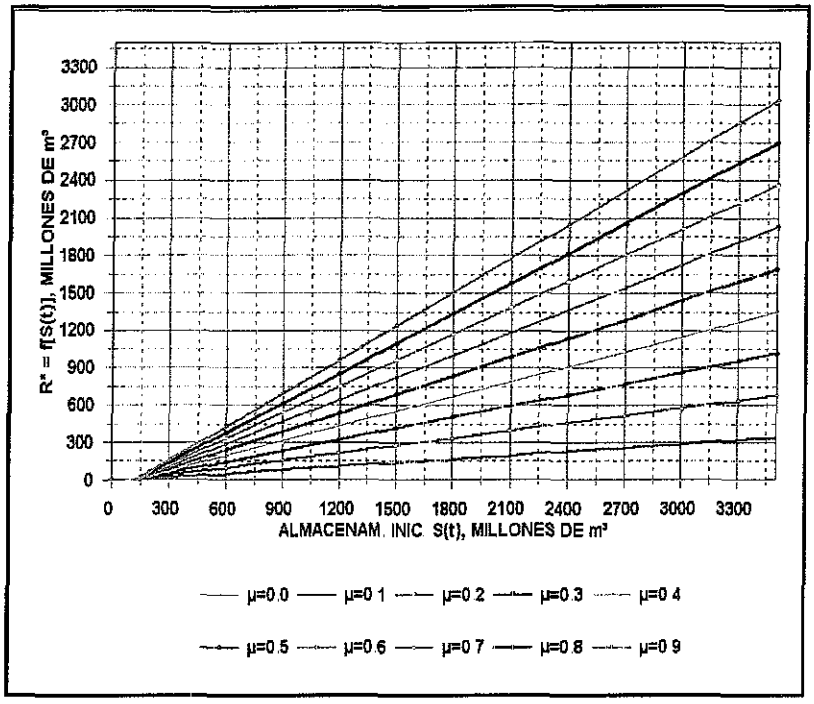


Figura 8.5.- Asignación de volúmenes anuales en proporción al almacenamiento inicial. Presa La Boquilla.

Bajo estos supuestos, las gráficas de las políticas calculadas para diversos valores del coeficiente μ se muestran en las Figuras 8.3 y 8.4. Como se ha dicho, para cada una de las políticas en estas gráficas, el primer segmento, cuando $0 \leq Q_{t-1} \leq V_1$, que se corresponde con los años secos, tiene una pendiente β_1, el segundo segmento, para los años medios, cuando $V_1 \leq Q_{t-1} \leq V_2$, tiene pendiente β_2; el último segmento, correspondiente a los años húmedos, cuando $V_2 \leq Q_{t-1} \leq V_{MAX}$, tiene la pendiente β_3

La parte de la política en función del almacenamiento inicial, del que se asigna una fracción μ, simplemente está representada por líneas rectas, a partir del nivel de aguas mínimo, NAMIN, cuya pendiente es precisamente μ, tal como se muestra en las Figuras 8.5 y 8.6.

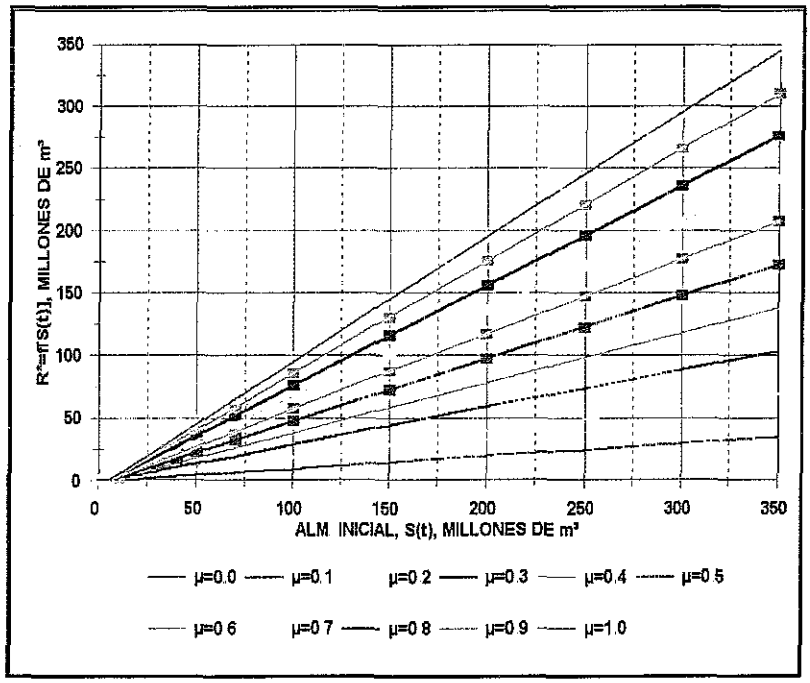


Figura 8.6.- Asignación de volúmenes anuales en proporción al almacenamiento inicial. Presa Madero

La extracción y uso del agua de las presas para la agricultura está determinada por diversos factores, como son las políticas locales, regionales y nacionales de producción, los mercados para los productos, la disponibilidad de crédito y de los demás insumos. De manera que una política óptima considerando

exclusivamente la eficiencia en la administración del agua presupone que los demás factores son conocidos, constantes o controlados. Como esto no siempre es verdadero, la política óptima sirve como referencia para que la decisión final que haga el CH del DR sea lo más cercana posible, y de esa manera entonces obtener valores cercanos al óptimo de los volúmenes asignados.

Bajo estas premisas, es posible formar una gama de escenarios, de acuerdo a los valores de μ, que estarán de acuerdo con las condiciones específicas de cada periodo. Cabe aclarar que si en la modelación se utiliza una misma distribución mensual de los volúmenes, es decir, si no se distingue entre años secos, medios y húmedos, las extracciones óptimas calculadas son ligeramente menores; por ello es importante que en el modelo que haga la distinción mencionada entre años.

La decisión de cuál o cuáles son los valores más apropiados de μ debe partir de un análisis de sensibilidad, y hacer comparaciones entre políticas con valores diferentes de μ y lo que se haya hecho en la realidad; más aún, μ no necesariamente tiene que ser un número fijo, sino que podrá variar de un año a otro, también en función de que el año sea seco, medio o húmedo, y de las expectativas para el siguiente.

La función de seguimiento y evaluación (lo que se verá más a detalle en el Capítulo 9), en primer término, debe abocarse a llevar un registro preciso de los escurrimientos y almacenamientos en las presas, así como en las extracciones, es decir, el control hidrométrico de las presas con detalle es un aspecto importante, pues permite conocer el estado del agua en tiempo real, y ello incide en tomar las decisiones más acertadas y oportunas.

Igualmente, el seguimiento está referido a que a partir de una política aceptada que pretende ser la más adecuada, asegurarse de que no haya desviaciones o anomalías que pongan en riesgo los periodos subsecuentes; esto es, vigilar que las extracciones sean las programadas, y que los usuarios se ajusten a los volúmenes disponibles en el tiempo en que les toca. Cualquier desviación del programa puede tener serias repercusiones inmediatas, como no poder cumplir con los compromisos de suministro porque se extrajeran mayores volúmenes.

Bajo estos principios, se recalca la convicción de que es preferible tener varias sequías moderadas continuas que una severa o crítica de grandes proporciones. A ello contribuyen las políticas de operación, y los valores óptimos que se obtienen significan la mejor alternativa, desde el punto de vista agua, de tal suerte que las presas efectivamente cumplan con su función reguladora y que el sistema de demanda tenga continuidad operativa en el tiempo, disminuyendo los grandes altibajos entre años. Esta es una manera de mejorar la administración del recurso, desde el punto de vista de manejar el riesgo, y con ello mitigar los impactos.

Los resultados numéricos de los parámetros de las políticas calculadas se muestran an la Tabla 8.1. La línea especificada como "CONSTANTE" significa que la política se calculó sin particiones del registro en cuantiles, y que el valor obtenido de α es la extracción anual constante durante todos los años simulados. Esta política sirve de referencia, aunque en la práctica no es usual, pues la dinámica operativa de la oferta y demanda requiere que las extracciones sean acordes con la disponibilidad. Las variaciones anuales obligan a adaptarse a las condiciones hidrológicas naturales y a las impuestas por las actividades humanas.

Bajo estas premisas, las expresiones para estimar la extracción anual óptima, considerando ambas componentes, S_t y Q_{t-1}, quedan como sigue (combinando las ecuaciones 8.7, 8.8, y 8.9 con la ecuación 8.10, respectivamente):

$R^*_t = R^*_{Q_{t-1}} + R^*_{S_t} = \mu S_t + \alpha + \beta_1 Q_{t-1}$, si *t-1* es seco: $Q_{t-1} \leq V_1$

$R^*_t = R^*_{Q_{t-1}} + R^*_{S_t} = \mu S_t + \alpha + \beta_1 V_1 + \beta_2 (Q_{t-1} - V_1)$, si *t-1* es medio: $V_1 \leq Q_{t-1} \leq V_2$

$R^*_t = R^*_{Q_{t-1}} + R^*_{S_t} = \mu S_t + \alpha + \beta_1 V_1 + \beta_2 (V_2 - V_1) + \beta_3 (Q_{t-1} - V_2)$, *t-1* húmedo: $Q_{t-1} > V_2$

Aunque no siempre ocurre de esa manera, sobre todo cuando las políticas no son "buenas u óptimas", es de esperarse que si *t-1* es húmedo, entonces S_t será alto, mientras que para *t-1* seco, S_t sería bajo al inicio del periodo *t*.

Esta visión de las políticas de operación no incluye de manera explícita lo que es el déficit, entendido este como la demanda no satisfecha. Simplemente, con la demanda mensual planteada, si el valor estimado de la extracción es insuficiente, entonces se tendrá un déficit, pero la idea es que precisamente la integración de la demanda global mensual, a nivel de la presa, sea de tal forma que el volumen disponible en el embalse tenga capacidad para suplirla, es decir, la idea es ajustar la demanda a la oferta, no a la inversa. Este enfoque tiene entonces como objetivo que no haya demandas no satisfechas, es decir, que no haya déficit. Desde luego que éste sí se presenta cuando la disponibilidad es muy baja; es entonces cuando el cálculo de la política óptima reporta déficit, el que por lo general es pequeño en tiempo y volumen.

Otro aspecto no considerado en estas políticas es que no se establece *a priori* un volumen de demanda mínima ni máxima, pues eso limita sensiblemente la extracción anual, entre otras razones por la alta variabilidad en las aportaciones. No obstante, los valores mínimos anuales, correspondientes a los periodos más secos, son de tal manera que nunca llegan a cero; es decir, siempre habrá una oferta mínima suficiente cuando menos para las necesidades más apremiantes.

Así, una política donde la demanda mínima está fija de antemano, reduce las extracciones, y en teoría es mejor no acotar los extremos, para que el sistema tenga el máximo de aprovechamiento. Desde luego, es obvio que en la realidad sí existe una cantidad mínima de agua, que debiera satisfacer las necesidades mínimas, y que por tanto debiera contemplarse en la planeación. De la misma manera, la demanda máxima está en función de la superficie máxima regables, de las láminas máximas a aplicar, y de la capacidad de las obras, pero dado que estos casos son poco frecuentes, por facilidad en el tratamiento de a política, lo más conveniente es que se acote en ninguno de los extremos.

Usando las ecuaciones anteriores para calcular la extracción óptima anual de acuerdo con los parámetros obtenidos, se tiene, para tres casos típicos de Q_{t-1} en cada presa, los valores anotados en la Tabla 8.2, suponiendo valores razonables de S_t y μ; en cada caso, las proporciones mensuales de R_t^* se distribuyen de acuerdo con las premisas con que se calculó la política, es decir, la proporción mensual del volumen a extraer se corresponde con años húmedos, medios o secos, según sea *t-1*.

Tabla 8.1 - Valores de los parámetros de las políticas de operación óptimas calculadas con programación lineal, según el método de Wagner et al, *(1996).*

PRESA LA BOQUILLA, ***periodo octubre de 1939 a septiembre de 1998***				
$V_{min} = 0$	$V_1 = 785.60$	$V_2 = 1{,}303.50$	$V_{max} = 3{,}313.51$	
μ	α	β_1	β_2	β_3
CONSTANTE	860.73	-	-	-
0.0	0	0.79214	1.50451	0.38362
0.1	0	0.74144	1.29129	0.35669
0.2	0	0.69552	1.14761	0.18794
0.3	0	0.53305	0.83830	0.09424
0.4	0	0.45429	0.83475	0.07748
0.5	0	0.38753	0.82063	0.05951
0.6	0	0.33124	0.74271	0.04729
0.7	0	0.28156	0.64948	0.03597
0.8	4.72	0.22704	.55335	0.02514

PRESA MADERO, ***periodo octubre de 1950 a septiembre de 1998***				
$V_{min} = 0$	$V_1 = 239.80$	$V_2 = 442.70$	$V_{max} = 923.60$	
μ	α	β_1	β_2	β_3
CONSTANTE	166.61	-	-	-
0.0	0	0.66249	1.05889	0
0.1	0	0.61915	0.97735	0
0.2	0	0.57472	0.89709	0
0.3	0	0.52886	0.81853	0
0.4	0	0.48163	0.73830	0
0.5	0	0.43192	0.65879	0
0.6	0	0.37883	0.58068	0
0.7	0	0.32132	0.50467	0
0.8	0	0.25658	0.41830	0

Tabla 8.2.- Valores calculados de R_t para condiciones típicas de Q_{t-1}, S_t y μ, para las presas La Boquilla y Madero. Chih.*

presa	S_t	Q_{t-1}	μ	R_t*
La Boquilla	1,800	1,600, húmedo	0.7	1,828.22
	1,100	900, medio	0.5	948.32
	700	600, seco	0.3	529.83
Madero	250	500, húmedo	0.8	346.40
	200	350, medio	0.6	161.75
	150	200, seco	0.4	156.33

Los parámetros complementarios de interés práctico, calculados con este enfoque son los que se muestran en la Tabla 8.3. se aprecia en general que la extracción óptima promedio aumenta ligeramente en la medida en que μ crece, por efecto de la mayor asignación de S_t, así como una menor evaporación y también menos derrame. Desde este punto de vista, los derrames en La Boquilla son nulos, lo cual indica que se han minimizado completamente, cumpliendo también con la condición de continuidad y la función objetivo. En la realidad esto no es necesariamente cierto del todo, pero de haberse aplicado una política como la aquí descrita y estimada, es altamente probable que sí se hubieran tenido derrames tales, que hubieran resultado inferiores a los reales históricos

Tabla 8.3.- Cuadro comparativo de los parámetros complementarios para las presas La Boquilla y Madero cuando se considera la política de operación en función de Q_{t-1} y μS_t.

presa	Coeficiente de almacenamiento, μ	Extracción óptima promedio, $m^3 \cdot 10^6$	% de aprovechamiento	% de derrame	% de evaporación
La Boquilla	0.3	980.19	90.82	0.00	9.18
	0.5	983.61	91.13	0.00	8.87
	0.7	986.00	91.36	0.00	8.64
Madero	0.3	255.86	64.29	27.34	8.37
	0.5	259.90	65.19	26.62	8.19
	0.7	261.64	65.57	26.30	8.13

8.2 Política de operación en función del almacenamiento inicial y del comportamiento hidrológico esperado.

Una más de las diferentes maneras de plantear y estimar una política óptima de operación es cuando sólo se considera el almacenamiento inicial en el embalse, S_t. Este parámetro en general suele ser más intuitivo, pues a partir de él los planeadores y operadores definen cuánta agua asignar, en función de la demanda y, con especial énfasis, considerando el *pronóstico* del año hidrológico que inicia.

Este enfoque del problema tiene la ventaja de que dependiendo de qué tan llena o vacía esté la presa, la asignación futura sólo tendrá en cuenta el valor actual de S_t. Desde luego, como parte del balance por continuidad, S_t necesariamente refleja las condiciones de Q_{t-1}; es decir, dependiendo de la abundancia en el escurrimiento del periodo inmediato anterior $t-1$, éste efecto se reflejará en S_t.

Aunque de origen las obras hidráulicas y los usos del agua se diseñaron, planearon y construyeron para condiciones hidrológicas *medias*, la realidad es que la amplia variabilidad natural impone condiciones diferentes, que a su vez obligan a reconsiderar esos vaivenes y a ajustarse a las condiciones temporales imperantes.

Así, es cada vez más y mejor sabido que los fenómenos naturales, periódicos o aleatorios, pueden tener una gran afectación en la ocurrencia de la lluvia y el escurrimiento, y por ende en la disponibilidad de agua: ciclones, depresiones tropicales, frentes fríos, etc.

En este sentido, para México se ha demostrado que *El Niño* tiene una decisiva influencia en que amplias zonas del país se vean beneficiadas por la mayor precipitación y aportación hacia los embalses (Acosta Godínez, 1988). También, intuitivamente, los agricultores y productores de riego, y por supuesto también los de temporal, tienen la percepción de que *El Niño* es benéfico en cuanto a que aporta más agua ("Se espera otra visita de El Niño", 1994). Desde luego, *El Niño* como tal no es ampliamente conocido entre los usuarios. Más bien es un poco de intuición y un mucho de esperanza de que el año por venir será "bueno".

El calentamiento (o enfriamiento) del agua del mar, y el desplazamiento de las aguas a través del océano es una de las causas determinantes de la alteración de los patrones normales de circulación de la atmósfera, de gran alcance como ya se comentó, y ese movimiento de las masas de aire, con más humedad en algunos casos y menos en otras, se estima que es una de las causas de la sequía. Estrictamente es La Niña, la fase fría del *El Niño South Oscillation* (ENSO, por sus siglas en inglés), la que ocasiona que en México la precipitación sea a la baja, es decir, es el fenómeno que, entre otros factores, causa la sequía, aunque no es del todo determinante, pues suele ocurrir que Niños débiles tengan efectos parecidos, así como algunos periodos neutrales.

Villalobos *et al.* (2000), han hecho una interesante investigación de cómo El Niño puede afectar la precipitación, el escurrimiento y la disponibilidad de agua en sistemas de embalses para riego, considerando que las tres fases del ENSO (fría o La Niña, cálida o El Niño, y normal o neutral), pueden influir y modificar las extracciones de una presa bajo políticas de operación óptimas para cada fase, y argumentan que la metodología usada permite definir los volúmenes óptimos a extraer, en función del volumen almacenado al 1 de octubre de cada año, y de la fase del ENSO esperada para ese año (1 de octubre a 30 de septiembre del año siguiente).

Además, concluyen que las políticas así obtenidas preservan la memoria de la secuencia de los eventos ENSO históricamente registrados (son estacionarias, cumplen con el principio de estacionareidad), y reflejan las condiciones medias de escurrimiento para cada fase; en especial, los escurrimientos medios para la fase cálida de ENSO son mayores que las fases neutra y fría, comparándolos con el registro completo. Ello se manifiesta en que, con las políticas óptimas calculadas, para El Niño los volúmenes a aportar y extraer son mayores.

Con un razonamiento similar, puede plantearse la obtención de políticas óptimas considerando, en lugar de las fases del ENSO, las asociadas con la insuficiencia de agua. Así, para cuando se dispone de suficiente agua, tal que permita satisfacer una demanda normal, puede considerarse una fase *sin sequía*. Una segunda fase puede ser cuando se presentan condiciones de sequía *incipiente a moderada*, y una tercera cuando las condiciones de baja disponibilidad conducen a la sequía *severa a catastrófica*. Esto es independiente o no necesariamente en relación directa con las fases del ENSO, ya que por ejemplo, un *Niño* débil puede producir condiciones de humedad semejantes a una *Niña* débil, e incluso que las condiciones de humedad bajo una fase neutral sean más notorias que un *Niño* o *Niña* débiles.

Bajo este criterio, plantear una política de operación óptima tiene las mismas bases del apartado anterior, es decir, la función objetivo y las restricciones son las mismas:

función objetivo: *maximizar las extracciones y minimizar los derrames*

con sujeción a las restricciones:

- *por continuidad*
- *por estacionareidad*
- *por capacidad de almacenamiento*
- *por posibles límites de asignación*

el cambio sustancial en este planteamiento es cómo expresar funcionalmente la política.

En analogía al trabajo de Villalobos *et al.* (2000) mencionado, la política de operación puede expresarse de la siguiente forma, al considerar la fase de disponibilidad inicial de agua en el embalse:

$$R^*_t = \alpha_{sin\ sequía} + \beta_{sin\ sequía} S_{1\,t} \qquad \text{para la fase } sin\ sequía \qquad (8.12)$$

$$R^*_t = \alpha_{incipiente\ a\ moderada} + \beta_{incipiente\ a\ moderada} S_{1\,t} \qquad \text{para la fase } incipiente\ a\ moderada \qquad (8.13)$$

$$R^*_t = \alpha_{severa\ a\ catastrófica} + \beta_{severa\ a\ catastrófica} S_{1\,t} \qquad \text{para la fase } severa\ a\ catastrófica \qquad (8.14)$$

en estas expresiones:

α_i es el volumen base por asignarse: valor de la ordenada donde inicia la política, e i es la fase estimada de disponibilidad de agua: *sin sequía, incipiente a moderada*, o *severa a catastrófica*.

β_i pendiente de la recta que representa a la política; es el volumen de asignación por unidad de volumen útil almacenado, e i tiene el mismo significado anterior.

$S_{1\,t}$ volumen útil almacenado al 1 de octubre (mes *1* dentro del periodo de programación) en el año t, donde t comprende del 1 de octubre al 30 de septiembre del siguiente año calendario.

El método utilizado para calcular la política también es en base a programación lineal, con el paquete comercial de cómputo *LINGO*, versión 6.0.

Para el caso específico de la presa La Boquilla, la magnitud de los volúmenes almacenados iniciales sobre los que se identifican los tres estados de disponibilidad de agua está definida con el siguiente criterio: aunque la presa tiene una capacidad total de 2,903 $m^3 \cdot 10^6$, las aportaciones medias anuales son del orden de 1,200 $m^3 \cdot 10^6$. Por tanto, sólo valores iguales o superiores a la aportación media anual conducen a una situación *sin sequía*. Para las fases *incipiente a moderada*, puede considerarse que la aportación anual esté entre 800 y 1,200 $m^3 \cdot 10^6$; en realidad, 800 $m^3 \cdot 10^6$ representa 67% de la aportación anual media, que de hecho es menor estrictamente a lo que corresponde convencionalmente a la fase moderada (20%), pero este valor es sustentable por la alta variabilidad en las aportaciones: si se tiene hasta un 33% de déficit en el año, las condiciones aún no llegan a ser muy severas, y por tanto es aceptable aceptar este margen.

Cuando las aportaciones no superan los 800 $m^3 \cdot 10^6$, las condiciones se catalogan como de *severa a catastrófica*, pues dependiendo qué tan bajas estén, sí pueden tenerse estados de alarmante escasez, lo cual no es inusual. Las políticas obtenidas con este criterio se muestran gráficamente en la Figura 8.7. Considerar el 80% de la aportación media anual, equivalente a 960 $m^3 \cdot 10^6$ tiene como resultado acortar el rango de escurrimientos para la fase *incipiente a moderada*, y por ende a disminuir los periodos históricos en los que se ha presentado esta situación.

Ello tiene un efecto ligeramente sensible en las políticas obtenidas, como por ejemplo que las líneas de *incipiente a moderada* y *severa a catastrófica* se crucen, ya que tienen pendientes diferentes. Esto conduce a condiciones poco sustentables, como que para una misma situación de almacenamiento inicial se asigne mayor volumen para una condición esperada de sequía *severa a catastrófica* que de *incipiente a moderada*.

Con los valores con que se han calculado las políticas mostradas en la Figura 8.7 se presenta un hecho aparentemente contradictorio: para cuando S_t es de alrededor de 600 $m^3 \cdot 10^6$, las líneas *sin sequía* e *incipiente a moderada* se cruzan, y para valores inferiores de S_t el volumen de asignación anual es ligeramente menor para *sin sequía*; esto puede explicarse si se razona que para bajos volúmenes iniciales, digamos menores de 600 $m^3 \cdot 10^6$, la asignación R_t^* tiene que ser prácticamente la misma para cualquier condición esperada, ya que los compromisos por la demanda aguas abajo son

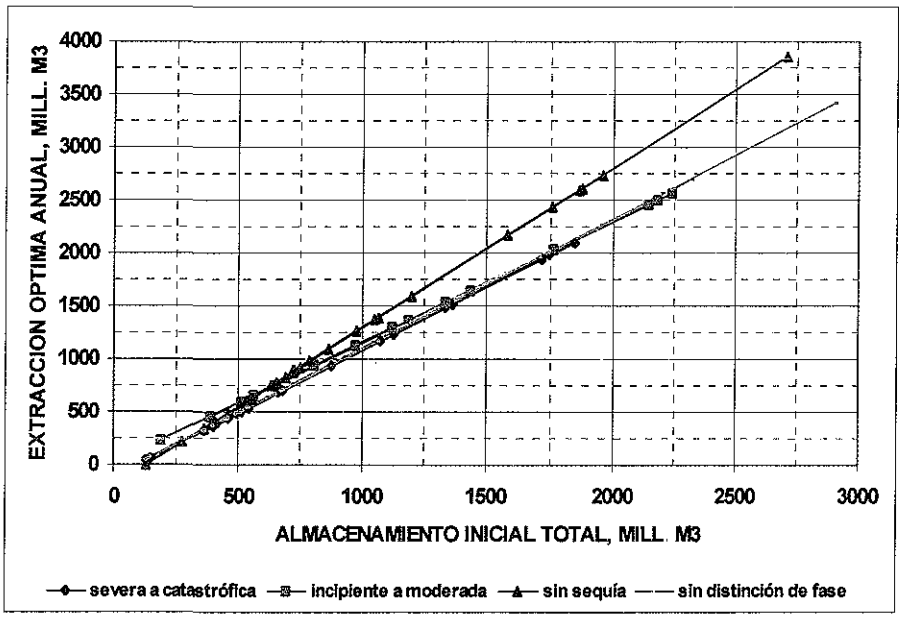


Figura 8.7.- Políticas de operación para la presa La Boquilla, para 63 periodos octubre-septiembre, de 1936 a 1998, con tres fases de disponibilidad de agua, y una más sin distinción de fases.

tales que tiene que suplirse ese volumen mínimo.

Bajo este concepto, podría definirse que la línea de la política *sin sequía* puede empezar en ese punto de cruce. Desde luego, debido a su pendiente, si todas las lineas de las políticas se extrapolan, todas llegan a interceptarse, pero, obviamente, los puntos y valores de cruce son ilógicos, ya que corresponden a valores de S_t, o R_t* inválidos. Por ende, cada política tiene un rango característico de S_t, o R_t* en el cual debe aplicarse.

En el caso de la presa Madero, el criterio de consideración de las fases de disponibilidad es el siguiente: aunque el escurrimiento medio anual es de alrededor de 400 $m^3 \cdot 10^6$, a la presa sólo le caben 348, de manera que sólo es posible comprometer el volumen útil a presa llena, es decir, 342.7 $m^3 \cdot 10^6$; de esta forma, las condiciones esperadas sin sequía corresponden a escurrimientos iguales o superiores a 350 $m^3 \cdot 10^6$ anuales.

Por razones similares a las de la presa La Boquilla, es razonable considerar que si el déficit no rebasa el 30% del escurrimiento, se tendrán condiciones de sequía incipiente a moderada, es decir, si el escurrimiento esperado va de 250 a 350 $m^3 \cdot 10^6$, que equivale a tener déficit de 0 a 28.5% en el escurrimiento, la fase será de incipiente a moderada. También, estrictamente se está rebasando el 20% usualmente considerado para esta situación, pero, se insiste, en esta región no es raro que se tengan déficit mayores y aún así, la sequía no alcance fases avanzadas. Para escurrimientos menores a 250 $m^3 \cdot 10^6$ se tendrán condiciones de severa a catastrófica, dependiendo qué tan agudo sea el déficit.

Con estas consideraciones se obtuvieron las políticas respectivas, las cuales se muestran gráficamente en la Figura 8.8. En este caso, sí hay una definición clara del comportamiento de cada política, y se aprecia el efecto en la asignación R_t* dependiente de la condición esperada en el comportamiento hidrológico.

Estos valores del escurrimiento con los cuales se distingue una fase de otra, sin ser estrictos en cuanto a la convención de las fases de la sequía, son razonables y sustentados para las condiciones locales. Considerar otros rangos modifica a las políticas, incluso hasta obtener resultados incongruentes; es decir,

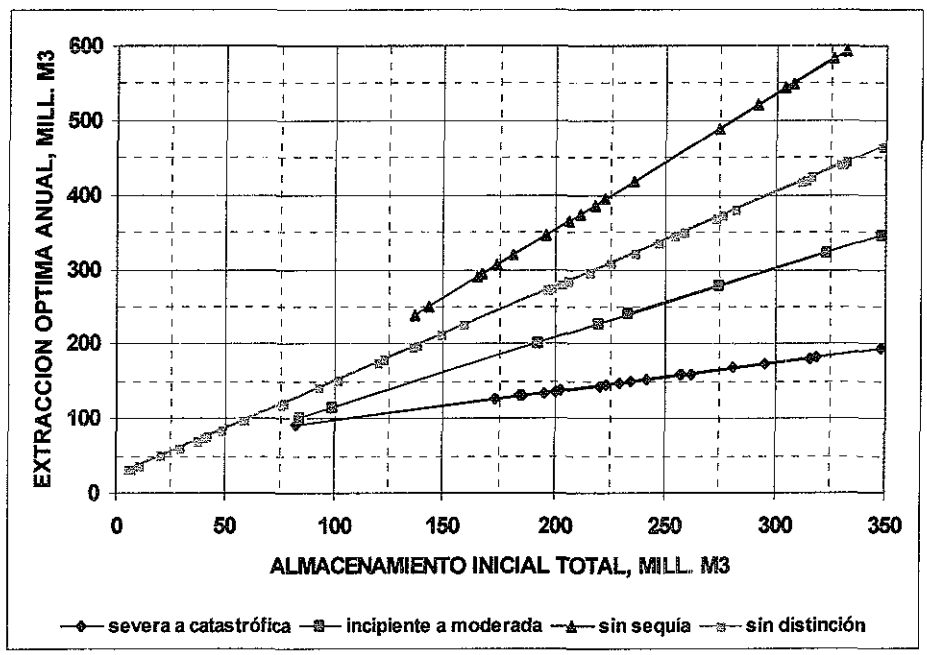


Figura 8.8 - Políticas de operación para la presa Madero, para 49 periodos octubre-septiembre, de 1949 a 1998, para tres fases de disponibilidad de agua, y una más sin distinción de fases.

hay una alta sensibilidad en las políticas estimadas dependiendo de qué valores se consideren para distinguir las fases.

Como se aprecia en la Figura 8.8, la pendiente de las líneas de las políticas es diferente, y su extrapolación hace que se intercepten, pero en esos casos, los valores de S_t y R_t* están fuera de rango y por tanto son inválidos.

Para esta presa, los resultados obtenidos indican que sí hay una clara distinción entre el valor de R_t* según la condición esperada, lo cual probablemente se deba al tamaño hidrológico de la obra y a la amplia variación de las aportaciones históricas.

Los valores de los parámetros obtenidos para estas políticas son los siguientes:

Tabla 8.4.- Parámetros funcionales de las políticas de operación, por fases y sólo en función de S_t.

presa	parámetro	sin distinción	sin sequía	incipiente a moderada	severa a catastrófica
La Boquilla	α	48.24	0.00	166.192	46.971
	β	1.21378	1.49336	1.13887	1.1939
Madero	α	31.88	0.00	27.853	60.272
	β	1.26388	1.81793	0.93037	0.3883

El término "sin distinción" se refiere a considerar la política calculada con todas las opciones de ocurrencia pero *sin* separarlas. Visto de esta manera, el total es un poco menos eficiente, ya que la extracción óptima promedio baja ligeramente, y aumentan las proporciones de derrames y de evaporación. La Tabla 8.5 muestra los valores prácticos finales que se obtienen del cálculo de la política, que complementan los parámetros de la Tabla 8.4 anterior.

Tabla 8.5.- Parámetros complementarios de las políticas de operación para las presas La Boquilla y Madero, sin distinción y por fases en la disponibilidad inicial de agua.

presa	modalidad	Extracción óptima promedio, $m^3 \cdot 10^6$	% de aprovechamiento	% de derrame	% de evaporación
La Boquilla	Sin distinción	1123.33	90.97	1.67	7.35
	Por fases	1134.15	91.85	1.16	6.99
Madero	Sin distinción	244.77	66.36	25.89	7.75
	Por fases	261.55	70.91	18.99	10.11

Ambas presas tienen un comportamiento sensiblemente diferente, como se aprecia en las Figuras 8.7 y 8.8, y se complementa con la información de las Tablas 8.4 y 8.5. Ello se debe, básicamente al tamaño hidrológico de los embalses: mientras que La Boquilla raras veces se llena, la Madero lo hace con mayor frecuencia, e incluso llega a derramar con cierta abundancia, porque su capacidad es de sólo 348 $m^3 \cdot 10^6$, y las aportaciones medias del río son de alrededor de 400 $m^3 \cdot 10^6$.

De acuerdo con estos parámetros, para un mismo valor del almacenamiento inicial total, los valores de la extracción óptima se calculan según las ecuaciones (8.12) a (8.14). La tabla 8.6 muestra dos ejemplos para cada presa. Desde luego, los valores obtenidos están calculados con el volumen útil, descontando el de azolves.

Tabla 8.6.- Resultados estimados de R_t* *para diversas opciones de* S_t.

fase	La Boquilla		Madero	
	Almacenamiento inicial total, $m^3 \cdot 10^6$			
	1,500	750	250	150
Sin distinción	1,711.78	801.45	341.15	214.76
Sin sequía	2,046.27	926.29	444.85	263.05
Incipiente a moderada	1,726.79	872.63	255.51	162.48
Severa a catastrófica	1,682.97	787.55	155.29	116.46

Como se aprecia de este análisis, para la misma situación pueden plantearse diferentes políticas operativas. Ello no necesariamente implica que unas sean mejores que otras, sino sencillamente que son diferentes. Los resultados, desde luego, sí pueden ser diferentes, pero ello es función de cómo se plantee la función objetivo y de las restricciones que se tengan que cumplir.

En este caso, es importante distinguir las diferencias entre ambos enfoques: en el apartado 8.1 se parte de presuponer que el registro de valores anuales de escurrimiento se divide en tres partes con el mismo número de valores cada uno, y que se corresponden con años secos, medios y húmedos, siendo el primer tercio los valores más bajos, el segundo tercio los valores de enmedio y el tercer tercio los valores más altos, respectivamente, sobre hechos registrados Q_{t-1}, cuya ocurrencia se refleja en S_t y según éste valor se decide la asignación para el periodo que inicia. Tiene el posible inconveniente de que, en condiciones reales, valores altos de Q_{t-1} no necesariamente se reflejan en valores altos de S_t, por la forma real de operación. Además, se requiere definir μ, la proporción de S_t a asignar, lo cual no siempre resulta la más adecuada, por las presiones y compromisos.

La política así obtenida, de tres segmentos según el valor de Q_{t-1}, más la proporción μS_t, puede resultar un tanto confusa para los decisores y operadores.

El enfoque del apartado 8.2 resulta aparentemente más intuitivo y conveniente, ya que sólo en función de S_t es la asignación, y en ello se refleja la aportación Q_{t-1}, por continuidad. Tiene la ventaja de que, para un mismo valor de S_t, el volumen asignado R_t* puede ser diferente según las condiciones esperadas, y en ello radica el posible inconveniente: el pronóstico de las condiciones a ocurrir en el periodo que inicia no siempre es fácil ni acertado, y por ende, el riesgo de error puede ser muy significativo. A final de cuentas, el pronóstico es sólo eso, un pronóstico, y como es sabido, en aspectos hidrológicos aún existe una alta incertidumbre.

No obstante, los criterios y las políticas aquí discutidas reflejan la variedad, ventajas y posibilidades de contar con teorías, conceptos y métodos que permiten visualizar más ampliamente las opciones que ayuden a mejorar las decisiones y con ello a mejorar el proceso de planeación, decisión y ejecución de las políticas operativas.

Para efectos comparativos, la Tabla 8.7 muestra los parámetros complementarios de las políticas calculadas con el estimado de lo que ha ocurrido en la realidad; en el caso de las políticas en función de Q_{t-1} y μS_t, sólo se anota el caso cuando $\mu = 0.5$, presuponiendo que es un caso típico.

Tabla 8.7.- Parámetros de interés práctico de las diversas políticas de operación para las presas La Boquilla y Madero, Chih., de octubre de 1939 a septiembre de 1998 (59 periodos), y de octubre de 1950 a septiembre de 1998 (48 periodos) respectivamente, comparadas con el estimado histórico de registro correspondiente.

Política			extracción media, $m^3 \cdot 10^6$	% aprovechamiento	% derrames	% evaporación
La Boquilla	histórica		888.53	72.73	3.23	24.04
	óptima, en función de Q_{t-1} y de μS_t, para μ=0.5		1077.62	89.55	2.35	8.10
	óptima, sólo en función de S_t y de la fase de sequía esperada	sin distinción de fase	1,108.36	90.73	1.80	7.46
		por fases	1,119.83	91.66	1.25	7.07
Madero	histórica		250.60	61.95	20.25	17.80
	óptima, en función de Q_{t-1} y de μS_t, para μ=0.5		259.90	65.19	26.62	8.19
	óptima, sólo en función de S_t y de la fase de sequía esperada	sin distinción de fase	277.45	68.59	23.89	7.51
		por fases	289.57	71.58	20.06	8.35

Los valores históricos de extracción media, porciento de aprovechamiento y porciento de derrames se han calculado a partir de los registros históricos disponibles en CNA (DR, 1999). Los valores históricos de porciento de evaporación se han deducido por diferencia; cabe mencionar que en las pérdidas por evaporación seguramente se incluyen además de la evaporación propiamente, algunas otras pérdidas menores no explícitas, como la infiltración en el vaso hacia el subsuelo y lateral, etc.

El acuífero, como reservorio y fuente adicional de agua, sin romper el frágil equilibrio que actualmente existe, debe considerarse sólo como fuente complementaria temporal, para cuando la extracción óptima de los embalses es insuficiente; de otra manera, el riesgo de deterioro por abatimiento y degradación de la calidad es alto y de consecuencias muy costosas, como ha sucedido con los acuíferos de las regiones aledañas, en donde los efectos son dramáticos y crecientes.

El equilibrio del acuífero es más deseado que real, ya que, según se ha dicho, las extracciones en 1999-2000 se estiman en 460 $m^3 \cdot 10^6$/año, mientras que la recarga se estima en 418 $m^3 \cdot 10^6$/año. Estos volúmenes contrastan con el "volumen *concesionable*" que es de 130 $m^3 \cdot 10^6$/año, según se menciona en el proyecto de reglamento de operación (DR, 2000a). Si la diferencia entre la extracción y la recarga se sostiene o crece, el destino del agua subterránea regional será inevitablemente como el de los demás acuíferos del estado, que han alcanzado severos niveles de sobre explotación, con efectos prácticamente irreversibles (CNA, 1997).

De acuerdo con esto, es necesario implementar y mejorar una *operación conjunta* del agua superficial y subterránea, que garantice la sostenibilidad del sistema de producción y uso del recurso, y ello implica que el acuífero sea sólo un complemento limitado de los requerimientos temporales no satisfechos por el agua de las presas. Además, los crecientes costos de explotación del acuífero hacen que esta agua sea la más cara, y por tanto su uso debe orientarse hacia los requerimientos más prioritarios y productivos, pero siempre limitados.

Las políticas de operación de los embalses, que son responsabilidad de CNA, deben contemplarse en los reglamentos de operación, con las condiciones paramétricas más usuales para cada situación de disponibilidad de agua, y deben hacerse valer una vez decididas. De otra forma, la alteración de los volúmenes a extraer, casi siempre a la alza, pueden tener severas repercusiones en los periodos siguientes.

9 ORGANIZACIÓN Y ESTRATEGIA PARA AFRONTAR LAS SEQUÍAS

La insuficiencia de agua para satisfacer la demanda en condiciones medias, es un fenómeno que obedece a determinadas formas de comportamiento: es de avance gradual en el tiempo, su impacto se amplifica en cada fase progresiva, el tiempo de recuperación está en función del impacto, la severidad y la duración, y tiende a abarcar amplias regiones geográficas.

El fenómeno tiene impactos diferentes en cada sector usuario, en función de los volúmenes que utilice cada uno, de la vulnerabilidad a la insuficiencia de agua, y de la flexibilidad para adaptarse a situaciones temporalmente restrictivas, entre otros factores. Entonces la mejor estrategia para afrontarla es tomando medidas precautorias. La previsión, una de cuyas componentes es el ahorro de agua en épocas de abundancia para usarla en temporadas de escasez, es posiblemente la medida más apropiada que permite afrontar el fenómeno con mayores posibilidades de éxito.

Durante la sequía, la administración y planeación del uso de los sistemas hidráulicos e hidrológicos, adquiere especial importancia porque se debe operar de tal manera que se optimicen los volúmenes disponibles y se satisfagan los requerimientos de manera apropiada. La incertidumbre intrínseca al proceso hidrológico de las aportaciones influye sensiblemente en este aspecto (Anis, 1979). Éste es el contraste en el que la demanda debe adaptarse a la oferta, y no a la inversa. Es también la situación donde se debe encontrar el punto de equilibrio entre la necesidad de uso actual con el máximo de beneficios económicos y la oferta disponible, así como con la conveniencia de balancear y distribuir el agua ofertable tanto dentro de un periodo (meses del año) como entre varios periodos sucesivos (años del horizonte de planeación), de tal forma que se logre la sustentabilidad.

Así, la asignación anual o periódica de los volúmenes disponibles debe estar basada en determinados criterios que pretenden balancear tanto el aspecto técnico somo el social y económico; en este sentido, establecer prioridades es tan importante como establecer límites al uso del agua, con el objetivo de alcanzar un equilibrio apropiado entre oferta y demanda (Prat i Fornells, 1996), a corto y mediano plazos.

Como se ha argumentado, además de las implicaciones técnicas y económicas que trae consigo la presencia del déficit de agua, su componente social adquiere dimensión de máxima importancia, pues está directamente relacionada con el grado de bienestar de la sociedad, fundamentalmente por la seguridad de suministrar los requerimientos mínimos para las necesidades básicas del ser humano (Gleick, 1996): si se puede asegurar que la población disponga de una cantidad mínima de agua para sus necesidades esenciales, considerado este aspecto como el de máxima prioridad, la falta o insuficiencia de agua para los demás usos es más fácilmente soportable.

9.1 Fases de ocurrencia de la sequía y el déficit de agua

Las estrategias que se adopten para afrontar las sequías dependen principalmente de la fase en que el fenómeno se encuentre. Las fases progresivas convencionalmente aceptadas se muestran en la Tabla 9.1, en la que, además de las acciones que son competencia de los responsables de administrar el agua, también se anota la participación de los usuarios, siendo este aspecto básico en el contexto general de acciones, ya que la participación popular, es un factor clave en que las acciones que se tengan que hacer resulten exitosas.

Tabla 9 1. Fases progresivas de una sequía, y acciones y recomendaciones básicas para afrontarla.

Fase	Acciones de las Autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
1 Incipiente Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda.	Campaña inicial de información: alerta para disminuir los usos no esenciales, y difusión de pronósticos y de acciones necesarias si la situación empeora. Levantamiento de censos y elaboración de estadísticas para conocer el uso y asignación del agua. Formulación de una propuesta para disminuir la asignación a los usos secundarios.	Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir los usos no prioritarios voluntariamente los grandes usuarios deben revisar sus planes de contingencia.	Campaña educativa para evitar el desperdicio del agua. Revisión de las instalaciones y dispositivos de medición y control hidráulico
2 Moderada. La disponibilidad es del 10 al 20% inferior respecto a la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias.	La campaña de información se intensifica e incluye aspectos técnicos del problema. Se formula la etapa inicial de racionamiento y se da a conocer. La aplicación del riego sólo es permitida en las horas de menor insolación. Prohibición total de usos no prioritarios. Instrumentación de las primeras medidas de multas por exceso o uso indebido del agua. con base en leyes y reglamentos. Prohibido lavar con manguera vehículos, banquetas y calles.	Los usuarios comerciales e industriales instrumentan sus planes de acción, destacando entre ellos el reuso y/o recirculación del agua para sus procesos. Todos los usuarios se sujetan a las restricciones y prohibiciones.	Se intensifica la campaña informativa y educativa. Se instalan dispositivos ahorradores de agua y se mejoran los de control. Inicia la aplicación de sanciones por uso excesivo o indebido; en reincidencias, se suspende temporalmente el servicio.
3 Severa. El déficit es de 20 a 35% en relación con la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias.	Se aplican las medidas y programas de racionamiento, y las sanciones por su no observancia. Los usos domésticos deben disponer de equipos de bajo consumo. El suministro se realiza sólo para los usos esenciales, con estricto tandeo y restricciones en volumen. La campaña de información es intensa y en detalle, apoyada en todos los medios. La evolución del estado de emergencia se registra permanentemente, y los pronósticos y evaluaciones se realizan todos los días para detectar cualquier variación.	Los usuarios son conminados a apegarse totalmente a las restricciones y racionamientos del plan de emergencia. La vigilancia entre sectores y usuarios es continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. Los grandes usuarios operan de acuerdo con sus planes de contingencia y se sujetan sólo a los volúmenes autorizados.	Se incrementan las sanciones y se restringe más el consumo. Sólo se autorizan usos prioritarios con volúmenes mínimos. Si se detectan y persisten usos indebidos, se suspende el suministro, se aplican las sanciones y se disminuye la dotación. Es obligatorio mejorar las instalaciones y dispositivos
4 Crítica El déficit está entre el 35 y 50% respecto a la demanda. Las reducciones, restricciones y observancia de los planes de contingencia son rigurosamente observados y sancionados.	Todas las restricciones y racionamientos alcanzan su máxima intensidad; las dotaciones son mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. Los tandeos son rigurosamente observados. La vigilancia es extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía se atiende de inmediato. Todos los usuarios se ajustan a su dotación y se resuelven los conflictos entre ellos. Las contingencias ambientales se atienden de acuerdo con los ordenamientos de ley y entran en función los planes de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. La campaña de información, seguimiento y educación alcanza su mayor intensidad y es permanente.	Los usuarios deben cumplir estrictamente con el plan de racionamiento. Todo ahorro de agua es crucial, por lo que no debe haber desviaciones ni desperdicios. Los dispositivos de medición control y uso deben funcionar en estado óptimo. Los usos no residenciales se reducen al mínimo o se suspenden. La recirculación tratamiento y reuso de agua son importantes como opciones para elevar la disponibilidad	Se aplican las sanciones y penas más severas; por faltas, la suspensión del servicio puede ser indefinida. La participación de los usuarios en el manejo, cuidado y vigilancia en el uso del agua son determinantes para evitar el aumento del problema y el eventual colapso total
5 Catastrófica El déficit es superior al 50% de la demanda. Son las condiciones más drásticas, de sobrevivencia	El agua disponible se asigna únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. La asistencia social y los planes de emergencia son constantes con el apoyo de las autoridades de todos los niveles. El agua se distribuye con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos, es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren.	Usan el agua sólo para lo estrictamente autorizado y con el mínimo de volumen. No se permite ningún exceso. Los usos más prioritarios con la menor dotación. Los excedentes se distribuyen a los demás usuarios	Cero desperdicios y cero tolerancia, los mecanismos de medida y control funcionan correctamente y se supervisan con frecuencia

Las dependencias como CNA son responsables de la administración global del agua y de que este recurso alcance el objetivo de atender necesidades de interés nacional, y en ello deben participar instituciones y organismos afines o relacionados, así como representantes de sector usuario; a nivel local, además de lo anterior, es también importante que los usuarios participen en los análisis y decisiones que competen al sistema del que se sirven; no implica que sean dueños del mismo, sino concesionarios del recurso y las obras, propiedad de la nación (como son los actuales módulos de riego en los DR), para su mejor funcionamiento y aprovechamiento. La participación pública de los usuarios en las decisiones y responsabilidades de administrar el agua es un aspecto que le da el carácter de recurso comunitario, orientado a satisfacer las necesidades de la población en general con sentido social.

A partir de estas consideraciones, es inobjetable que uno de los aspectos más importantes en afrontar las sequías es la organización firme y estrecha entre las diversas partes: los administradores del recurso y los usuarios. Como la sequía afecta a toda la sociedad, entonces también toda la sociedad debe involucrarse en buscar y encontrar opciones viables que permitan soportar el embate y mitigar sus efectos.

9.2 Estrategias específicas para afrontar la sequía

Esta organización debe darse para generar y atender eficientemente estrategias y tareas específicas, que formen parte de un plan de acción que contenga en su conjunto el *qué, cómo, cuándo* y *quién* habrá de hacer las cosas, cuya respuesta se refleje en el plan y atienda a las necesidades globales, así como a las de cada sector usuario. Entre los aspectos básicos del *qué* atender destacan los siguientes:

PRONÓSTICO: aunque el fenómeno en sí mismo es aún impredecible por el alto grado de incertidumbre natural, sí es importante conjuntar elementos que permitan visualizar con cierto margen de aproximación las posibles condiciones más inmediatas (a un día, semana o mes posterior), a partir de las últimas registradas. El objetivo es que para los próximos meses, al menos un año en el caso de las áreas de riego, pueda tenerse un escenario posible sobre el cual moderar las condiciones de demanda, asegurar las reservas más prudentes, y alertar a la población sobre la posibilidad y riesgo de la presencia del fenómeno. Esto es, siempre es útil visualizar algunas posibles tendencias que permitan a su vez, intuir probables líneas de acción apropiadas a cada circunstancia.

MONITOREO Y SEGUIMIENTO: que implica ver retrospectivamente y con detalle la evolución de la sequía y los efectos que ha tenido (el aspecto histórico del fenómeno), así como la efectividad o deficiencias de las acciones y estrategias realizadas. Ello mejora las que son útiles y descarta las que no lo son, permite corregir posibles errores y aporta criterios para afinar procedimientos que en eventos futuros permitan obtener mejores resultados. Además, adicionalmente ayuda a conservar registros de lo que históricamente ha ocurrido, en todos sus aspectos, que son experiencias valiosas para fundamentar los criterios y acciones de mayor valor; es decir, se enriquece el proceso de planeación y el operativo cuando la emergencia se presenta, con resultados más positivos.

EVALUACIÓN: cuantificar los efectos de la sequía, en términos materiales y económicos, principalmente, es imprescindible para evaluar cuál ha sido el efecto global del fenómeno, y cómo ha sido la afectación en el tiempo por sector, su evolución y consecuencias en todo el contexto social del área. Además, ello permite apreciar las diferencias entre sectores, y con ello establecer su vulnerabilidad o su capacidad de resistencia a las situaciones de déficit. La evaluación, además de su aspecto económico, también debe incluir los efectos en otros sentidos: el impacto social, en pérdida de empleo y de poder adquisitivo, de las condiciones de salud y bienestar; el impacto ecológico y ambiental, en cuanto a la degradación de los ecosistemas naturales y la dificultad de su recuperación

El *cómo* realizar estas acciones es una tarea que en las fases iniciales del fenómeno, en general la realiza la entidad administradora del agua, es decir, CNA; más específicamente, estas funciones son responsabilidad del Consejo de Cuenca o en su caso, de la Gerencia Regional. En forma complementaria y no menos importante, organismos y dependencias tales como la SAGAR, las Juntas Municipales de Agua y Saneamiento (JMAS), las asociaciones de usuarios (AU), los gobiernos de los estados, instituciones educativas y no gubernamentales, y otras entidades relacionadas con el uso y manejo del agua, que en forma sistemática recopilan información meteorológica, hidrométrica, económica, agrícola, etc., pueden contribuir con esa información para mejorar la evaluación de la situación actual, así como el registro histórico del fenómeno, y dar elementos adicionales al análisis de los diversos componentes (NMDP, 1998).

En la medida en que las fases de la sequía son más severas, también son más necesarios los requerimientos de información para mejorar las decisiones. Para estos requerimientos se incrementa la frecuencia y cantidad de la información relacionada con lluvias, temperaturas, almacenamientos, niveles del agua, volúmenes extraídos y demandados, etc. Así, la frecuencia de los datos llega a ser diaria e incluso horaria, y para ello es necesaria la participación de otras dependencias e incluso de la misma población civil. Para obtener la mayor utilidad de este proceso, la información debe fluir con oportunidad a través de cauces convenientemente establecidos, hasta llegar a las instancias de análisis y decisión.

Los formatos, tiempos y formas de recopilación, envío, análisis, difusión y puesta en práctica de las decisiones debe estar especificada para cada nivel o fase de la emergencia. Como se verá posteriormente, es la organización multidisciplinaria de la que forman parte todas las instituciones, dependencias y representantes de los usuarios, la que debe generar estos detalles, para cada caso y fase del fenómeno

El *cuándo* está referido básicamente a la frecuencia con que se debe analizar la situación, lo cual a su vez depende de las condiciones o fases de la sequía: si el déficit no existe, una revisión de las condiciones hídricas generales cada seis meses será suficiente, sobre todo al inicio del ciclo, que es cuando se define y asignan los volúmenes por derecho, según sea la disponibilidad, las expectativas y los requerimientos y deseos de los usuarios. Esto es, al 1 de octubre de cada año, con base en las condiciones imperantes, es cuando se hace la asignación anual. A fines de marzo se hace una revisión, para en su caso hacer los ajustes necesarios, ya sea a la baja con algunas restricciones por un comportamiento de la lluvia y el escurrimiento menores a lo esperado, y en general por la evolución completa del medio ambiente y del uso del agua, o bien a la alta, cuando las condiciones

esperadas son superadas y se tiene oportunidad de realizar segundos cultivos, por ejemplo, o de destinar el agua disponible para otros usos como recarga de acuíferos, sustitución del bombeo, combate de malezas, etcétera.

En la fase incipiente, análisis de detalle cada tres meses permitirán seguir de cerca la evolución del fenómeno y, eventualmente, avizorar incrementos en la gravedad. Cuando se detecta esta fase, en sus primeros síntomas, es oportuno activar la alerta temprana: avisar a todos los usuarios del riesgo cercano de una escasez, para que la población y las autoridades tengan oportunidad de tomar las precauciones necesarias. El principal indicador es cuando no se alcanza a cubrir el total de la demanda, y se presenta un déficit no mayor del 10% de la demanda media. Si esto ocurre, las dependencias e instituciones relacionadas con el problema deben hacer público tal hecho, además de que los representantes de cada sector usuario también lo hagan en sus respectivas áreas de influencia, todo ello con el fin de poner sobre aviso a los usuarios de la posibilidad de en un futuro cercano el déficit se incremente. Es la fase apropiada para revisar las estrategias disponibles, actualizarlas y ponerlas en condición de operar de inmediato. Los usos no prioritarios ni esenciales se limitan y se activa la campaña de ahorro.

En la fase moderada, análisis mensuales son suficientes para tomar las medidas pertinentes que permitan tener bajo control la situación. Aunque aún la situación no es tan difícil, pues el déficit no pasa del 20%, sí se debe tener presente el riesgo de incremento en la escasez y los consecuente problemas. Por ello, las restricciones que se establecen deben atenderse puntualmente por todos los usuarios, e inician las sanciones por su no observancia. El racionamiento que inicia en esta etapa debe servir para estimular el ahorro, y los usos no prioritarios deben suspenderse totalmente.

Si la sequía es severa, la situación de alarma generalizada obliga a hacer análisis semanales e incluso más frecuentes del desarrollo de la emergencia, ya que es preciso mayor detalle del comportamiento de la situación en general, tanto de demanda como de abasto, y la necesidad de conocer cómo evolucionan las condiciones ambientales es imprescindible para que las decisiones sean las más adecuadas. En esta fase, las condiciones de baja disponibilidad y el pronóstico poco favorable hacen que las restricciones se observen minuciosamente, y que las faltas se sancionen indefectiblemente. Los métodos y mecanismos para ahorro de agua están en su totalidad activados, y sólo los usos esenciales están permitidos. La difusión y vigilancia de las disposiciones y la participación de los usuarios son cruciales para que las disposiciones oficiales tengan efecto y además son de carácter obligatorio.

En la fase crítica, las condiciones imponen que la recopilación de información, su análisis y las decisiones a realizar sean diarias. El déficit va del 35 al 50% y es tal la gravedad de la emergencia que requiere la coordinación más estrecha y oportuna entre las diversas partes, para que de manera conjunta se tomen y ejecuten las decisiones que impidan más deterioro y el eventual colapso. En estas condiciones la tensión por la insuficiencia de agua es tan tirante que el riesgo de conflictos aumenta sensiblemente hasta convertirse en un potencial detonador que conduzca al caos, sobre todo cuando no se satisfacen los requerimientos mínimos para consumo humano. Esta es una situación muy delicada, donde la imparcialidad, justicia y equidad adquieren su mayor dimensión, y son más que indispensables para contener la inestabilidad social. Sin excepción, sólo los usos más prioritarios tienen asignación limitada, y es precisa una vigilancia estricta de su cumplimiento. La difusión informativa y de orientación tiene un valor clave en las respuestas de la población a las estrategias

implementadas por el organismo rector de atención del fenómeno.

Aunque no siempre es admisible, porque no debiera llegarse a estos niveles de déficit, es posible alcanzar una fase catastrófica, cuando el déficit es mayor del 50% de la demanda. En estos casos, lo más importante es proteger el consumo humano, y tener un cuidado extremo para que la situación no avance. Ello impone un seguimiento de la situación continuo y constante, con registros horarios y con la mayor expectativa en cuanto al pronóstico y evolución de las condiciones. En consecuencia, la difusión, vigilancia y control de los volúmenes que se usen y cómo se usen alcanzan su máxima expresión.

Quién debe realizar estas tareas también está en función de la fase de la emergencia. Aunque la administración del recurso está reglamentada y es responsabilidad de CNA, bajo la figura organizativa del Consejo de Cuenca, tal y como se establece en la Ley, en condiciones de emergencia por sequía, es preciso que toda la sociedad se involucre, y más en especial los sectores usuarios. La participación social es un elemento clave en que las decisiones tengan éxito: si la población se mantiene al margen del problema, como simple espectador y no hay una participación decidida y efectiva en cuidar un recurso común, no hay seguridad en el éxito de las medidas a tomar.

Como se argumentará en seguida (Capítulo 10), para afrontar exitosamente la sequía debe haber una figura organizativa orientada exclusivamente hacia ese fin. Ello sería el Grupo Técnico Directivo. En este esquema deben intervenir tanto las autoridades del agua (CNA) como de otras dependencias e instituciones, así como representantes de los sectores usuarios. Cada persona integrante de este grupo debe tener asignadas determinadas responsabilidades, adecuadas a su perfil, experiencia, capacidad y origen, y todos en conjunto deben aportar, integrar y analizar la información, de tal suerte que el resultado sea congruente, oportuno y útil para atender y afrontar los problemas que el fenómeno trae consigo.

Así, la respuesta a *quién* debe realizar estas tareas es todos los integrantes del grupo, y, en última instancia, toda la sociedad; todos se deben volver vigilantes, ejecutores, recopiladores e informadores de todas los aspectos de un fenómeno que afecta a todos.

10 FASES DE LA FORMACIÓN DEL PLAN PARA AFRONTAR LA SEQUÍA

Dadas las características de la sequía: inevitable, impredecible y de carácter progresivo, la mejor opción para afrontarla es la prevención. De esto deriva el hecho de que sea necesario un *plan de preparación*: conjunto de estrategias y acciones que diseñadas de antemano bajo análisis objetivos y fundamentados, constituyen una herramienta cuya ejecución conduce a mitigar el impacto del fenómeno.

Como todo proceso de esta naturaleza, un plan para afrontar sequías debe tener una secuencia estructurada y congruente de fases, específicas para cada lugar (cuenca, región, estado, etc.) que, independientemente de los cambios administrativos y de personal, sea actual y confiable en su diseño y ejecución; además, requiere ser dinámico y flexible para adaptarse a las circunstancias que continuamente evolucionan, particularmente la relación oferta/demanda.

Así, un plan genérico debe contener una secuencia metodológica de su formación, ejecución y evaluación, y también obedecer a etapas y lineamientos específicos (NMDP, 1998).

Para los distritos de riego, y en especial para el DR 05, las componentes y características del plan propuesto son las siguientes:

1.- Formación de un Grupo Técnico Directivo (GTD), responsable de todo el proceso, y del que deben formar parte representantes de todos los sectores, dependencias, organismos e individuos que tienen relación con el déficit de agua. Es la instancia operativa responsable de todo el proceso. El GTD, identificado algunas veces como Comité para la Atención de la Sequía (CAS), debe ser una instancia específica para atender las emergencias por insuficiencia de agua, y estar enmarcardo como parte intrínseca del Consejo de Cuenca (CC) y del organigrama organizativo de la Gerencia Regional o Estatal de CNA, y debe tener tanta importancia como las demás áreas sustantivas del CC de primer nivel.

Este GTD bien puede ser el actual *Comité Hidráulico* (CH), aunque debe ampliar sus funciones y jurisdicción, así como abarcar más aspectos que los puramente hidráulicos. Debe ser algo semejante a los anteriores Comités Directivos de los DR, en donde había representantes de las instituciones de crédito, de INIFAP, de PRONASE, de las empresas almacenadoras y comercializadoras de agroproductos, etc. Dado que la sequía no hace distinciones, es entonces importante y conveniente que haya representantes de todos los sectores, incluso los que de primera instancia no parezcan adecuados o importantes, como son las cámaras industriales, de comercio, turísticas y de servicios.

Si el GTD se forma con elementos que representen a todos los sectores, y además tienen poder de decisión, será más probable lograr consensos oportunos en cuanto a las acciones requeridas ante determinada situación. Un aspecto importante es involucrar en el GTD a representantes del gobierno municipal, del gobierno del estado, de otras dependencias federales (CFE, SEMARNAT, SEGOB, SEDENA, SAGARPA, SS, etc), así como al menos un representante de los medios de comunicación, quien servirá de enlace para informar masivamente a la población de lo concerniente al GTD y al *Plan*.

El jefe máximo del GTD será el Gerente Estatal (o Regional, en su caso) de CNA, y sus más cercanos colaboradores el Subgerente de Operación y el Ingeniero en Jefe del Distrito de Riego, quienes en ausencia de aquél, podrán asumir sus funciones.

Las tareas y responsabilidades del equipo se asignarán entre todos los miembros del grupo, de acuerdo a su experiencia, importancia del sector que representen y a su capacidad de participación; todos deben tener alguna tarea asignada en las actividades mencionadas de pronóstico, monitoreo y seguimiento, y evaluación. La conducción del grupo será responsabilidad exclusiva del Gerente de CNA o de quien él designe.

Específicamente para Chihuahua, se ha propuesto la creación de una Coordinación Estatal para la Planeación de Manejo de las Sequías (CNA, 1997), que se encargue de integrar un grupo o grupos interdisciplinarios existentes en la estructura del Gobierno del Estado, para elaborar los planes de manejo de sequías en las regiones del propio estado, y vigilar su implementación en caso necesario, en estrecha colaboración con los Consejos de Cuenca.

De esta manera, la participación del gobierno estatal y de los gobiernos municipales, integrados en el GTD y bajo la coordinación y supervisión directa del CC, tendrá efectos decisivos en que el equipo humano sea adecuado para afrontar el problema.

Los actuales CC, tal como se han conformado, son un buen principio del GTD, es decir, entre las responsabilidades del CC podría incluirse la función de atender el problema de la sequía y el déficit de agua. Dado este esquema, en donde participan o están representados todos los sectores y la gran mayoría de las dependencias que tienen relación con el agua, para cumplir con el cometido sólo restaría formar los respectivos grupos de trabajo para atender las actividades de pronóstico, monitoreo y seguimiento, y evaluación, y asignar responsabilidades específicas a cada uno de los integrantes.

2.- Establecimiento de los objetivos del plan, acordes con la visión general del problema. Formado el GTD, la primera tarea es acotar los alcances del plan y los objetivos a alcanzar, en función de la oferta, demanda, vulnerabilidad y riesgo del sistema hidrológico, económico, ambiental y social; ello implica dar respuesta clara y viable a las interrogantes más apremiantes relativas al déficit.

Dadas las condiciones naturales de la zona, y como un principio lógico, viable y congruente, puede establecerse como objetivo básico lograr la continuidad y sustentabilidad del sistema productivo de riego, que, ante la persistencia y recurrencia de las sequías, son elementos de la naturaleza que inciden en la alteración de la oferta de agua. Este objetivo puede expresarse como la oportunidad y conveniencia de soportar varias sequías pequeñas (incipientes o moderadas) y continuas, a tener que sufrir una sola sequía de grandes proporciones, con efectos drásticos y amplificados de mayor tiempo y costo de recuperación.

De acuerdo con esto, entre las tareas primordiales del GTD para establecer los objetivos del plan figuran: evaluar los niveles de vulnerabilidad por sector ante escenarios progresivos de sequía; evaluar la tendencia y flexibilidad de la demanda y las posibilidades de oferta en condiciones de escasez; evaluar el posible impacto social y económico ante condiciones prolongadas de sequía; etc. Esto implica redimensionar las políticas operativas de las presas de

almacenamiento y la potencialidad del acuífero ante la demanda actual y su tendencia para los años inmediatos; en su caso, también la posibilidad de fuentes alternas de abastecimiento.

Así, destaca entre los objetivos del GTD cómo mitigar el impacto social y económico de la sequía, según sus diversas fases y su tiempo de duración, y en complemento, diseñar estrategias de cómo afrontar ese problema: los programas de empleo temporales, los programas emergentes de perforación de pozos, la ayuda vía despensas alimenticias a los estratos sociales más vulnerables, etc. Desde luego, ello lleva implícito el costo de cada una de estas opciones, el *alcance y beneficio social, y la forma de financiamiento y obtención de recursos económicos para* su implantación; además, parte importante del proceso, cómo definir y ejercer la declaratoria de área de emergencia o desastre, según los procedimientos vigentes (SHCP, 2000)

También debe incluir la evaluación de las posibilidades de aumentar la eficiencia en el *uso y manejo del agua, a través de la tecnología y la organización, en todos los niveles y para* todos los usos, de tal suerte que atender este aspecto sea uno de los más factores más promisorios y factibles de poner en marcha ante condiciones de emergencia; ello implica la actualización, revisión y registro de mecanismos medidores de gasto y de volumen, así como los métodos de administración, control y facturación por el servicio.

3.- Planteamiento y solución de los problemas y conflictos entre sectores y usuarios del agua. Sin perder su carácter de bien de propiedad de la nación, en condiciones de escasez, el agua deja de comportarse como un bien privado (usado a discresión), para convertirse en un bien social (Collado, 1998), cuya tirantez por usarlo ocasiona conflictos entre los usuarios y entre sectores por su apropiación; a mayor escasez mayores conflictos, por lo cual la solución de estos problemas es crucial para que el plan tenga éxito (Howe *et al.*, 1986).

Los conflictos por la apropiación del agua ante las restricciones son inevitables: cada usuario trata de obtener el agua necesaria para sus fines, y ello ocasiona divergencias, fricciones y problemas entre ellos. Estas situaciones no se pueden evitar, pero sí se deben prever y solucionar antes de que pasen a mayores. Si los conflictos se dejan crecer, pueden alcanzar niveles de tensión que podrían ir más allá del simple jaloneo por el agua, y desembocar en tragedias y hechos lamentables, cuya ocurrencia debe evitarse para mantener la armonía.

En un caso específico como el del DR 05, debe preverse y normarse la situación para que ambas unidades del DR (Conchos y San Pedro) tengan la misma oportunidad de acceso al agua, y sujetarse a los ordenamientos que emita el GTD, para que, con las premisas de igualdad, equidad y eficiencia, todos los usuarios con derecho puedan beneficiarse del recurso. El hecho de estar aguas arriba y más cerca de la fuente principal de abastecimiento no justifica por ningún concepto afectar a los que están aguas abajo, y sí es factor de riesgo en la generación de conflictos. Así, las Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL), concesionarias de las obras y el agua a nivel red mayor, deben buscar la armonía y justicia en la distribución de volúmenes, y en el cobro equilibrado y justo de los costos que el servicio origina.

Frecuentemente los usuarios de las zonas de riego están altamente politizados, y existen facciones ideológicas definidas y contrastantes entre los grupos de usuarios y sus líderes, que se hacen más patentes y eventualmente contribuyen a la formación y recrudecimiento de conflictos en épocas de escasez (El Heraldo de Chihuahua, 1994). Algo similar ocurre también a nivel

gubernamental, por ejemplo en las divergencias que surgen entre funcionarios estatales y federales en considerar o no al área como zona de desastre, y ello más en función de sus diferencias políticas, ideológicas y partidistas que en interés de la población (Proceso, 1994).

En este contexto, los hechos se desvirtúan: por un lado se minimizan para restarle importancia ante la opinión pública, cuyas consecuencias son más dramáticas entre los sectores de la población más desprotegidos y vulnerables, mientras que por otro se tiende a magnificarlos para presionar su atención, y en donde los pricipales beneficiados son los mejor relacionados. Particularmente, esto ha ocurrido cuando el gobierno estatal ha sido "de oposición".

Tales conflictos, en las etapas más desesperadas y agudas del fenómeno, han conducido al casi enfrentamiento físico tanto entre usuarios del agua como con los funcionarios responsables de la administración de las obras de cabeza y del recurso. La posición de CNA de no abrir las compuertas de La Boquilla frente a la desesperante situación de los agricultores "genera la discordia por un recurso que no existe: el agua de la presa La Boquilla" (Diario de Chihuahua,1995). Realmente es una situación de tensa calma, susceptible de romperse al menor indicio de violencia, y que puede conducir a resultados lamentables. Los administradores del recurso se ven en la angustiosa disyuntiva de proporcionar el agua para un grupo de usuarios o para otro, pero no se puede satisfacer todas las necesidades simultáneamente; para agravar más la situación, el pronóstico es igualmente negativo o con tendencias a empeorar.

De esta manera, un fenómeno de origen natural conduce a problemas sociales y económicos que frecuentemente se politizan y se exageran, alterando los ánimos y propiciando las condiciones conflictivas. El resultado final es que los más afectados son los sectores que dependen más directamente del agua, y los más vulnerables, como los jornaleros y pequeños productores. Esto es precisamente lo que debe evitarse, y gran parte de ello deriva de la planeación, evitando la postura más arriesgada de los usuarios al "jugársela" (la suerte) sembrando más de lo que las posibilidades reales aconsejan, y comprometiendo volúmenes ficticios. La práctica común de los usuarios de excederse en las superficies a sembrar, con la idea de obtener más agua por los cultivos en pie, es algo que debe penalizarse en especie, es decir, debe cobrarse en agua con cargo al siguiente periodo, y además, de ser el caso, aplicar las sanciones de otro tipo a que haya lugar. Es decir, se debe estimular la desaparición de estas prácticas, que tienen como resultado una severa desestabilización de la asignación del agua. La usual sanción económica por usar más agua de la asignada, vista desde la óptica de los infractores, resulta hasta atractiva, ya que los beneficios obtenidos de esa agua adicional superan con mucho los costos de las multas.

Aunque el acuífero existente en el área está aparentemente en equilibrio (CNA, 1997) o con una ligera sobre explotación, no es recomendable incrementar su explotación desproporcionada en épocas de escasez: su recuperación podría ser difícil y tardada, y por otro lado, es agua que debería reservarse, en cantidad y calidad para el consumo humano u otros usos más prioritarios o productivos. más aún, debieran implementarse programas que atendieran la recarga, tanto natural ocmo inducida, de tal suerte que el acuífero sí sea una alternativa viable en temporadas de emergencia.

Para el ciclo agrícola 1999-2000, el DR programa la extracción de 460 $m^3 \cdot 10^6$, mientras que la recarga media anual se estima en 418 (DR, 2000). Aunque la diferencia es baja, si se

sostiene o aumenta, además del deterioro del acuífero, también aumenta la posibilidad de conflictos, incluso más serios, ya que estaría en juego el suministro para usos más importantes.

Por todo esto, anticiparse a los conflictos y establecer bases para su solución antes de que se conviertan en problemas mayúsculos es una parte importante de toda la estrategia del Plan. Su observancia y cuidado repercutirá en un mejor desarrollo e implementación del plan.

4.- Cuantificación y evaluación de los recursos naturales, biológicos y humanos, así como las restricciones legales y financieras. En este sentido, se trata de conocer los medios con los que se cuenta; además de ayudar a establecer los objetivos, también son determinantes en definir el alcance del plan.

El recurso más obvio e importante es el agua: dónde está, cómo traerla, cuánta existe, de qué calidad es, cuánto cuesta traerla. Los demás recursos complementarios e igualmente necesarios son, humanos: preparación, cantidad, disponibilidad, etc.;biológicos: pastizales, cabezas de ganado, bosques, etc.; legales y financieros: derechos de agua, compromisos establecidos, reglamentación, políticas oficiales, costos de transporte de agua y suministros, costos de recopilación y difusión de información, etc. El disponer de esta información es básica para plantear los requerimientos y la dinámica del *Plan*.

En síntesis, son dos los recursos básicos con los cuales se afronta una sequía: agua y dinero. Agua significa las alternativas de obtenerla de fuentes alternas como los acuíferos o las cuencas vecinas, o bien la recuperación de volúmenes vía ahorro por la aplicación de tecnologías más eficientes o de mejorar la organización de los usuarios. Pero todo esto tiene un costo económico, y para cubrirlo se requiere la disponibilidad de fondos. En las fases más avanzadas del fenómeno, disponer de dinero implica auxiliar a los sectores más desfavorecidos y realizar las acciones más urgentes para paliar los efectos: los programas emergentes de empleo, los programas emergentes de perforación de pozos, la dotación de despensas, etcétera.

La zona de riego de Delicias sólo cuenta con las dos presas y el acuífero; no hay más opciones viables de desarrollar fuentes alternas o externas para suplir el déficit. Entonces, una estadística confiable y oportuna de lo que sucede en cuanto a las aportaciones y extracciones de estas fuentes de suministro es indispensable e insustituible para realizar los diversos análisis y formular los escenarios que delimitarán las posibilidades en la disponibilidad de agua. El acuífero también es limitado, y su degradación por extracciones mayores a las convenientes tendría graves repercusiones en el suministro de agua para usos domésticos.

Las aguas residuales municipales de Ciudad Delicias, estimadas actualmente en alrededor de 750 lps, significan una fuente importante de agua residual cruda para riego en la parte baja del DR, principalmente, pero debe cuidarse que su uso sea limitado y orientado, por efectos de su carga contaminante, tanto en el ambiente como en los cultivos.

Los retornos agrícolas que confluyen en los drenes significan una importante alternativa para las tierras situadas aguas abajo, pues por la naturaleza del terreno, de texturas gruesas, pedregoso y con fuertes pendientes, los caudales son notables y de primordial utilidad cuando el agua en los canales es poca; habitualmente se requiere bombearla, pero el costo de bombeo en comparación con los beneficios lo justifica y con creces.

Los demás recursos, naturales o no, están en función del agua disponible, ya sea directamente por la lluvia o mediante el riego, y en la misma medida están afectados; por ejemplo, las praderas y pastizales en áreas no regadas disminuyen sensiblemente y para efectos prácticos desaparecen, por lo que el ganado que de ello depende tiene que alimentarse con lo producido bajo riego, lo cual es una carga adicional, en detrimento de otros cultivos o usos. No obstante, los cultivos que más prosperan en estas condiciones, por el alto valor y demanda que alcanzan, son precisamente los forrajes, en especial la alfalfa.

Un aspecto de carácter legal que es muy importante y aún no se ha definido del todo es el *reglamento* operativo del distrito: las bases, condiciones, derechos y responsabilidades que competen a cada parte, tanto para la operación en condiciones normales como, sobre todo, en condiciones de escasez. Este es probablemente el factor más importante del que es necesario disponer, y en el que deben asentarse con determinada precisión los valores de oferta y demanda que definan si existe déficit y cómo afrontarlo. De hecho, el *plan* debiera ser parte del *reglamento*, referido explícitamente a condiciones particulares de escasez de agua, y en el que deberían especificarse, por ejemplo, las políticas de operación, los criterios de asignación del agua (la "dotación") en esas condiciones, y las estrategias y acciones que cada parte debería atender para mitigar el impacto.

Una de las razones que se estiman ha ocasionado el retardo del análisis y aprobación del reglamento, es que al especificar las condiciones y límites al uso del agua en condiciones de escasez, y oficializarlas como algo de observación obligatoria, hay usuarios que tienen como hábito excederse en las superficies para pedir volúmenes adicionales, así como otros que tienen posibilidades económicas e influencia política, que verían afectados sus privilegios. Actualmente, al no haber reglas escritas, o al haber usuarios que tienen como hábito (nocivo para los demás) ejercer presión para obtener más agua, aún habiendo restricciones, son los que menos pierden; en otras palabras, están violando y pasando por alto el principio de equidad, y son los más interesados en que no haya reglamento de operación.

Así, éste es un aspecto legal que se convierte en restricción al no estar formalizado, porque propicia los desórdenes y la anarquía, siendo, una vez más, los sectores más desprotegidos los que resultan más afectados.

5.- Desarrollo del plan. La estructura organizativa del GTD y del plan, a través de comités o subgrupos específicos, debe cumplir con las actividades de seguimiento y alerta temprana, evaluación del impacto, pronóstico y respuesta a las condiciones. Esas acciones son distintas pero no independientes, por lo cual deben estar adecuadamente ligadas y coordinadas entre sí y con la suficiente fluidez, de tal suerte que todo el esquema se beneficie oportunamente de la información y resultados que se generen.

Las tareas del GTD deben repartirse entre todos sus miembros, organizados en subgrupos, para atender los rubros básicos de pronóstico, seguimiento y evaluación. La conjunción de estos elementos y su análisis global permitirá proponer respuestas viables al ataque del fenómeno.

Las acciones de pronóstico debe dirigirlas y coordinarlas el personal de la Subgerencia Técnica de la Gerencia Reginal o Estatal de CNA, ya que es esa área la que concentra y dispone

de la *información hidrométrica y climatológica*. Para ello podrá apoyarse en otros organismos como universidades e institutos de investigación.

El seguimiento es tarea que debe realizar la Subgerencia de Operación, estrechamente vinculada con el DR, y también con los gerentes de módulo y de las SRL, que en conjunto, además de operar las obras, deben controlar los caudales y volúmenes manejados.

La evaluación técnica corresponde hacerla al DR , a los gerentes de módulo y de las SRL, y a los representantes de SAGARPA, en base a toda la información generada por los diferentes grupos. La Gerencia de CNA revisará todo el trabajo de los equipos y generará las acciones de respuesta, las que propondrá al CH en pleno, en donde se analizarán y se adoptará su ejecución a través de los mismos grupos.

La difusión del proceso y su reforzamiento entre la sociedad civil será responsabilidad del representante de los medios, que se coordinará para la forma y contenido de los mensajes con la oficina de Comunicación Social de la Gerencia de CNA (cuyo titular también debe formar parte del GTD) y de las demás instituciones y dependencias. La información a difundir debe ser validada por el GTD, y debe reflejar las características y situación reales, sin subvaluarla para no crear falsas expectativas o exceso de confianza, ni sobrevaluarla para no crear condiciones de crisis mayores a las existentes. Es decir, la información al público debe ser veraz, concisa y oportuna.

En condiciones de no sequía, el GTD planteará las posibilidades, según el pronóstico, de que en el futuro inmediato pueda haber alguna escasez, y las respectivas estrategias en su caso, como es la alerta temprana; esto es, al menos una vez al año deben revisarse y actualizarse los procedimientos y políticas, como parte del reglamento, que permitan mantener vigentes los *conceptos, principios y opciones*.

6.- Identificación de las necesidades tecnológicas y de investigación, y de las brechas y diferencias institucionales. Dado que el plan es de interés común, las medidas prácticas deben estar ligadas a las premisas científicas, de tal manera que haya un soporte firme para todas las actividades del plan. Ello implica formar un equipo interdisciplinario de científicos e investigadores, que conjuntamente propongan y analicen objetivos, prioridades y medios de alcanzar los mejores resultados. Las inquietudes y propuestas de los usuarios para atender este aspecto deben ser bien consideradas, dado que son ellos los que más directamente viven el problema y tienen una visión más específica del mismo.

Las diversas fases del plan deben ser prácticas, pero deben tener un firme soporte teórico, el cual frecuentemente las instancias operativas no pueden suplir. Para ello es necesario y conveniente procurar la participación constante y comprometida de las instituciones que sí tienen posibilidades de hacer investigación y de aportar mejoras al plan. Así, la Universidad Autónoma de Chihuahua, el IMTA, y otros, inclusive del exterior, pueden y deben participar en el proceso. Instituciones como CFE, INIFAP, CEISS (Centro de Investigación sobre Sequías, ubicado en Aldama, Chih.) pueden aportar valiosas ideas e información que ayude a dar mayor consistencia al plan. También, considerar las opiniones y experiencias de personas que han vivido el problema y que de alguna manera han participado en su afrontamiento, conduce a mejorar los criterios y métodos con los cuales puedan mejorarse los procedimientos.

Para involucrar estas instituciones en el proceso debe convocárseles a formar parte del GTD, como la parte científica, que también debe participar en los subgrupos de trabajo, para ligar los aspectos prácticos del plan con las bases teóricas.

La figura del GTD y su esquema organizativo, teniendo a la CNA como cabeza, sirve precisamente para zanjar las diferencias institucionales en cuanto a la responsabilidad de atención en las tareas. De esta manera las brechas tienden a diluirse entre instituciones y dependencias, y sus miembros participantes ocupan un determinado espacio en la estructura del GTD, acorde con la experiencia, intereses y capacidades de cada uno.

Por otro lado, al disminuir las diferencias y brechas institucionales, se logra que los esfuerzos individuales se unan en un gran esfuerzo común que mejora las expectativas de actuación y éxito; también se evitan posturas antagónicas y a veces directamente contradictorias al trabajar cada quien por su lado.

7.- Síntesis de las medidas operativas y científicas, y de la normatividad del plan.

La conjunción de operadores, analistas, tomadores de decisiones, científicos, comunicadores y usuarios comunes del agua, conduce a una mejor perspectiva y análisis de la situación y de las alternativas y opciones de mitigación y recuperación ante la amenaza o presencia del fenómeno. Además, enriquece el proceso de planeación y da mayor sustento a las decisiones y a su aplicación.

Aunque cada subgrupo de trabajo tenga una responsabilidad específica, la coordinación entre ellos y su vinculación a través del GTD, tendrá como resultado un plan que considere la aportación de todas la áreas, y que satisfaga todas las expectativas en forma armoniosa. Cada participante debe sentir y contribuir a que su aportación sea importante y se refleje en el plan; de otra forma, las deficiencias de un grupo debilitan al todo el equipo y a todo el proceso.

No obstante, el plan debe tener la flexibilidad para adaptarse a los cambios según la evolución del fenómeno, y por ende, cada grupo también debe ser moldeable en sus conceptos y abierto a la crítica y al mejoramiento de ideas y procedimientos, así como a la intensidad y profundidad de su actuación, dependiendo de los requerimientos que imponga la situación.

También es esencial que cada grupo reporte oportunamente sus informes, de manera que el GTD tenga los elementos suficientes para emitir respuestas oportunas y adecuadas; en consecuencia, estas respuestas y estrategias deben llegar con oportunidad a la acción, a su aplicación directa. Los subgrupos de trabajo dirigidos por usuarios (como presidentes o gerentes de módulo o de SRL) deben ser imparciales en sus informes y actuación, para que el beneficio por la aplicación del plan sea equitativo y con justicia social, además de que con ello se logra la eficiencia tanto económica como operativa; es decir, su participación activa y congruente, sin favoritismos ni desviaciones, redundará en el beneficio común.

En particular, debe recalcarse que todo el plan debe estar de acuerdo con los preceptos reglamentarios constitucionales, de la Ley de Aguas Nacionales y de su Reglamento; es decir, no debe haber contraposiciones ni diferencias entre lo que se genere y aplique en el plan, y las normas legales vigentes; sobre todo, considerar los derechos de aguas vigentes, tal ty como están

registrados para no afectarlos, es una parte no trivial en la generación del plan. Por ende, no está por demás una revisión de los procedimientos por parte de algún especialista en temas legales, a fin de asegurarse en este sentido.

8.- Implementación del plan. Dadas las características tan particulares de cada cuenca y zona de riego, un plan para afrontar la sequía debe ser hecho a la medida; es decir, debe estar diseñado para las condiciones específicas del área. Llevar a la práctica el plan es la única manera de probar su eficacia y de evaluar las posibles fallas o partes que requieren refuerzo o modificación; además da credibilidad y transparencia al proceso y a los participantes. El ejercicio de las actividades y de las responsabilidades de quienes participan es esencial para alcanzar los objetivos; si el plan no se realiza y/o si quienes deben realizarlo no tienen un cabal entendimiento de cómo debe funcionar, difícilmente podrán esperarse resultados positivos.

El plan es un proceso plasmado en un documento que periódica y frecuentemente debe ser revisado para actualización; es decir, es un proceso mejorable, sujeto a todas las modificaciones que lo acerquen a las condiciones en que su aplicación alcance los objetivos buscados. En la medida en que se aplique se verán sus defectos y aciertos y ello permitirá mejorarlo continuamente. Las bases teóricas deben traducirse en aspectos prácticos viables económica y técnicamente, de tal suerte que a futuro, ante determinadas situaciones de escasez, se tenga un procedimiento confiable y probado de qué hacer.

Por otro lado, el plan debe ser independiente de los cambios naturales en la administración y en los funcionarios de las dependencias; por ello debe ser preciso en las tareas que debe atender cada quien. El cambio de responsables en las tareas asignadas debe llevar implícito que los nuevos funcionarios conozcan a detalle su participación en el plan y no tengan problemas en su entendimiento y aplicación. Aunque desde luego, no se llega sabiendo, los *cambios de personal no deben ser obstáculo en la evolución y mejoramiento del plan.*

Posiblemente, una forma de disminuir los vaivenes en la aplicación del plan por el cambio de funcionarios o representantes, sería que los cambios, para quienes no están sujetos a la incertidumbre del servicio público, que se cambiaran parcialmente y no todos a la vez; de esta manera se puede esperar una cierta continuidad en el desarrollo y funcionamiento.

9.- Desarrollo de programas educacionales y de entrenamiento preventivo. Estos aspectos son el complemento necesario del plan: el flujo de información hacia todo el público sobre qué puede esperar y cómo debe actuar en caso de emergencia es crucial para que se tenga éxito. Los medios de información tienen un papel preponderante para este cometido, y no únicamente durante el fenómeno o inmediatamente después: al igual que con otros sucesos naturales, el entrenamiento, la difusión de información veraz y oportuna, y los simulacros de actuación en la sequía son importantes para mantener en forma el plan y ejercutarlo sin problemas cuando sea requerido.

Uno de los aspectos básicos y decisivos del éxito del plan es que su puesta en práctica sea aceptada por los usuarios potencialmente afectados. Para ello, se requiere una amplia y constante campaña de concientización y educación en la "cultura del agua", que permita a los usuarios comunes entender el problema y la solución, sin que se sientan agredidos en sus derechos ni en sus ideas. La difusión a través de spots radiales o televisivos, carteles a pegar en las oficinas de

usuarios y en otros edificios públicos, folletos y pláticas en las escuelas, contribuyen en mucho a formar conciencia en el ciudadano común de la magnitud y alcance del fenómeno.

Dado el panorama que se avizora para los próximos años, en el sentido de la cada vez menor disponibilidad relativa de agua para cubrir las crecientes demandas, se antoja conveniente y necesario ir preparándose para ello. Esto implica que tanto los programas educacionales como de entrenamiento no sólo estén dirigidos a los usuarios, sea cual sea su tipo, sino a toda la población. En especial, es importante que las nuevas generaciones, desde los primeros años de escuela tengan acceso a esta información, de manera gradual; los planes de estudio deben incluir los aspectos ecológicos y de conservación y uso racional del agua, para ir formando conciencia del valor del agua y de los problemas que se generan cuando no existe o es insuficiente.

Es especialmente útil que todos los días, en los medios impresos locales, se difundan los niveles de las presas, su volumen almacenado, las entradas y salidas y, en complemento, gráficos o tablas que muestren la evolución actual y comparativa con otros periodos semejantes, para que los lectores interesados se formen una idea mejor de la situación y de lo que podría ocurrir en un futuro inmediato; esto puede enriquecerse con el pronóstico de las condiciones meteorológicas (lluvia y temperatura) a corto plazo, así como con comentarios relativos a las recomendaciones pertinentes.

Actualmente esto no es práctica común en Delicias ni en el estado de Chihuahua, y sólo se da en los casos en que la situación sí es noticia, como cuando los niveles están muy bajos (El Diario, 2000), y entonces aparece en primera plana como noticia principal. La eficacia de esta práctica se muestra en otros estados (Sinaloa, por ejemplo (El Debate, 2000)), donde los usuarios están pendientes de esta información, lo que les ayuda a mejorar sus planes, mientras que en Chihuahua, si alguien se interesa por saber el estado de las presas, necesita ir o llamar a las oficinas de CNA.

Las AU, además de los puntos de medición hidrométrica, deben establecer y operar sus propias estaciones meteorológicas, en puntos clave de los módulos, ya que esto les ayuda a mejorar los procesos de riego en tiempo real, como parece ser la tendencia, sobre todo para los cultivos más sensibles o productivos, y además, se contribuye a mejorar la base de datos que permitan caracterizar climatológicamente mejor el área.

Con estas premisas, el proceso de formulación de la demanda y de planeación en general se beneficiará, así como la distribución y uso del agua, y con ello mejorarán las expectativas de suplir los requerimientos, optimizando la extracción y entrega de los volúmenes disponibles.

Un aspecto de gran importancia es que tanto los programas educativos como el entrenamiento para afrontar la emergencia no tengan carácter catastrófico, es decir, que no sean alarmistas ni tampoco que subvalúen la realidad. Más bien, deben tender a crear conciencia de qué hacer ante una situación de escasez, para afrontarla con el menor impacto y con oportunidad, teniendo en cuenta su real dimensión. En este sentido, la actitud y criterio de los comunicadores es determinante. Exagerar en un sentido o en otro las condiciones reales puede acarrear efectos más negativos que aceptar las cosas como son.

10.- Desarrollo de los procedimientos de evaluación del déficit y del plan. Como todo fenómeno natural que invariablemente volverá a presentarse, es importante documentar lo que se hizo antes, durante y después de ocurrido, para que sirva de referencia y experiencia posterior. *La memoria institucional se desvanece prontamente ante cambios administrativos y de* personal, por lo que el registro y evaluación de todos los aspectos importantes, incluyendo aciertos y errores de lo hecho, debe formar parte del archivo histórico de la sequía, de tal forma que su antecedente tenga el efecto de servir como elemento de apoyo. Además, la evaluación debe incluir un análisis crítico de lo realizado y responder a la necesidad de información para eventos subsiguientes.

Paradójicamente, es una actitud generalizada que la gente piense que la sequía actual es la más grave que se ha presentado -más por deseo de que así sea que por las evidencias en que se apoya-, y que no volverá a ocurrir.... nada más engañoso. Al hacer la cuantificación de la sequía hidrológica, por ejemplo, se vio que los periodos de escasez extrema, en periodos de registro tan cortos como 50 años, son muy usuales (más del 30% de frecuencia); incluso, se vio que la sequía más reciente no es la más severa, sino la ocurrida en la década de los 50´s, aunque es probable que la más reciente haya tenido mayores impactos, ya que a demanda ha crecido sostenidamente, *pero no así las estrategias para afrontar el déficit. Ello muestra la vulnerabilidad creciente de las* actividades humanas que dependen del agua, y el frágil equilibrio entre oferta y demanda, cuyo desbalance puede tener severas consecuencias.

Tal vez porque la sequía no es tan espectacular como otros fenómenos naturales, se tiende a tener menos recuerdo de ella, y frecuentemente sólo se registran algunos aspectos parciales de la misma. No obstante, tal como proverbialmente se dice: si no se aprende de la historia, se está condenado a repetirla. Y este parece ser el caso de la sequía: la información existente de eventos anteriores, mientras más antiguos, más confusa e incompleta. Las reconstrucciones del pasado, sin dejar de ser buenas, en muchos casos sólo son supuestos débilmente fundamentados, por la escasez de evidencias. En muchas ocasiones, incluso de periodos no tan antiguos, los registros escritos de la presencia de la sequía y sus efectos es mínima, y los recuerdos tienden a ser subjetivos o indirectos, lo que aún siendo importante, les resta validez y credibilidad

Por esto es importante registrar objetivamente lo ocurrido: síntomas, acciones, resultados. El registro debe incluir tanto los aspectos positivos como los negativos, con el mayor detalle posible, y en forma cuantitativa, de manera que a futuro, quien revise esa información pueda formarse una idea apropiada de la magnitud del fenómeno, y sobre todo de lo que se hizo para afrontarlo y sus logros o fracasos. Ello enriquece sensiblemente el proceso de mejorar el plan, ya que permite evaluar cuáles acciones tuvieron resultados positivos y cuáles deben modificarse o desecharse. Con ello se orientan mejor las direcciones a seguir, cuáles acciones o estrategias deben reforzarse, qué etapas requieren mayor atención, cómo puede mejorarse la coordinación de acciones y flujo de información, de qué manera se incrementa la difusión de estrategias y las respuestas sociales, etcétera.

Así, por ejemplo, los registros hidrométricos del DR disponibles son la mejor información básica, pero también se requieren datos de superficies, cultivos, acciones y evaluación de lo que se hizo, sobre todo en épocas anteriores a la transferencia, antes de 1990, que son deficientes, incompletos o poco confiables, o bien que se han perdido. Eso no necesariamente quiere decir que no se hayan hecho registros, sino que probablemente no se conservaron o no se les ha dado la

importancia debida. No obstante, cuando se trata de diseñar un plan que se espera sea funcional, debe apoyarse en datos que sustenten los objetivos y alcances, y si esto es endeble, el plan será débil en ése sentido.

La sequía es un elemento natural cuya consecuencia, el déficit de agua, es una realidad con la que gran parte de la población en gran parte del territorio nacional debe convivir, y cada vez con mayor frecuencia. Esta es una razón más para preservarr la memoria institucional, colectiva e individual, en forma escrita, de tal manera que a futuro sea referencia útil para mejorar el proceso de afrontar con éxito la falta de agua.

El GTD es la instancia más indicada para formar un compendio que conjunte todas las experiencias, acciones y resultados, tanto de lo que se pueda rescatar del pasado, como de lo que se genere a partir de su formación y puesta en marcha. Ésa será la memoria institucional del fenómeno, y debe incluir toda la información pertinente relativa a lo que se hizo y se dejó de hacer. Su análisis posterior permitirá evaluar y mejorar la consistencia del plan y de cómo se afrontó el déficit, con sus logros, consecuencias y fallas. A mayor y mejor información, se tienen mejores elementos para progresivamente mejorar los procedimientos de atención al déficit.

Los llamados "Planes de Contingencia por Sequía", frecuentes en México, son sintomáticamente, los indicios de las deficiencias en la planeación, de la ausencia de ordenamientos, y de la improvisación de acciones y estrategias; es decir, son planes *a posteriori*. Todo ello converge en el manejo de la crisis, que usualmente tiene resultados costosos, inciertos, poco justos y que dejan frustraciones y sentimientos encontrados en cuanto a su efectividad; es decir, pocas veces se obtienen aciertos reales.

Estos planes, sin perder su objetivo, deben replantearse para ser planes en el sentido preventivo, *a priori*, de tal manera que cuando se pongan en práctica, no sean para atender los efectos, sino las causas de la crisis; deben buscar la mejor solución en el uso del agua *antes de que ocurra la emergencia*, de tal forma que cuando el fenómeno se presente, los impactos se mitiguen y se logre mantener la sustentabilidad del sistema de uso y la estabilidad social y económica de la población afectada. Ésto es el aspecto de manejo del riesgo, que sí tiene posibilidades de éxito.

Así, puede distinguirse entre las medidas *estratégicas, tácticas* y de *emergencia*: las primeras forman parte del plan y se contemplan a mediano-largo plazos; las segundas también forman parte del plan, para ejecutarse a mediano-corto plazos y atender los inconvenientes del fenómeno cuando éste ya está presente; son, figuradamente, medidas que eviten el pánico y las acciones contraproducentes. Las últimas debieran ser también planeadas, aunque no siempre lo son; permiten atender las condiciones urgentes del problema cuando éste está en su apogeo.

Esta secuencia del plan desde luego no es rigurosa; es más bien una guía, que podrá modificarse o adecuarse para casos y situaciones específicos; su objetivo no es agotar el tema, sino, en el mejor de los casos, servir como instrumento de orientación y apoyo para formular un plan lógico, confiable, flexible y práctico en la incierta tarea de afrontar la sequía y el déficit de agua.

11 ALGUNOS ASPECTOS ESPECÍFICOS DEL PLAN PARA AFRONTAR SEQUÍAS

Ninguna sociedad puede hipotecar el futuro de las venideras, y menos aún con el más preciado de los recursos naturales: el agua, recurso que sin duda, es un bien público. Captarla, almacenarla, transportarla, purificarla en su caso, distribuirla, depurarla y devolverla al medio natural en condiciones semejantes a las de origen, tiene costos tales que usualmente no los cubren los usuarios, o al menos no en su totalidad, por lo cual las facturas y tarifas del agua sólo reflejan una parte de ese costo.

Por esta razón, se dice que los costos actuales que los usuarios del agua pagan ni son democráticos, ni son eficientes, ni son justos (Cabrera, 2001): no son democráticos porque la responsabilidad del gestor es usurpada por los precios políticos; no son eficientes porque el actual modo de uso y manejo no estimula el ahorro; no son justos porque buena parte del costo real debe cubrirse vía subsidio y a cargo de otros sectores. De forma indirecta, la actual política de gestión del agua con palabras exhorta al ahorro, pero en los hechos invita al desperdicio.

Si se acepta la hipótesis de que para resolver los problemas de sequía son necesarios dos recursos: agua y dinero, es entonces claro que se requieren dos tipos de medidas para tal fin, las *estructurales* y las *no estructurales*. Las primeras se refieren a tener y mantener en buen estado de funcionamiento las obras y equipos para manejar el agua, como son los embalses, represas, canales, plantas de bombeo, pozos, regaderas, estructuras de medición y control, y terrenos nivelados, principalmente; es decir, contar con la infraestructura física en las condiciones adecuadas que permita manejar eficientemente el recurso: almacenarlo, transportarlo, distribuirlo, medirlo. Esta componente es importante, y aunque costosa, es técnicamente factible de lograr: disponer de dinero y recursos económicos hace más fácil y factible afrontar los costos que implica disponer del agua. Ésta es lo que podría llamarse la componente tecnológica del problema.

La segunda componente, la no estructural, es básicamente lo que se conoce como los aspectos de gestión, política de gestión, o gestión integral de manejo del agua. Esto en general se refiera a las acciones, estrategias, acuerdos y compromisos que las partes adquieren, promueven, planean, administran, ejecutan y supervisan, para lograr la eficiencia técnica en el uso y manejo del recurso, y la equidad y justicia social en el aspecto social, económico y ambiental.

Como se argumenta en el Capítulo 12, es ésta segunda componente la que frecuentemente adquiere mayor importancia, y la que está sujeta a la "voluntad política" de las partes, es decir, a la disposición de ser flexible, conciente, visionario, ético, justo y con disposición, en cuanto a saber y aceptar que no siempre se puede tener toda el agua que se requiere, y que en esos casos, sólo una asignación adecuada, tanto de la disponibilidad como del faltante, puede coadyuvar a mitigar el impacto.

Considerando que el acuífero de Delicias en general es de potencialidad limitada y susceptible de degradarse progresivamente, y que además, en caso de "escasez extrema" -como califica la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento a la insuficiencia severa de agua (LAN, 1992; RLAN, 1994)- esta fuente de aprovechamiento debe reservarse para los usos más prioritarios. No obstante, en los periodos de escasez más acusada, es el acuífero el que ha hecho menos crítica la situación; más aún, en algunos de estos casos, la explotación del agua subterránea ha sido la única opción. En algunas áreas dentro de la región, existen pequeñas zonas donde el riego está basado exclusivamente en el

agua extraída del subsuelo mediante pozos profundos.

El acuífero funciona en su mayor parte como libre, y se estima que existen en el área no menos de 976 aprovechamientos en operación (CNA, 1998), que en conjunto extraen un volumen anual de 418 millones de metros cúbicos. Durante 1995 y 1996, los años más críticos en la disponibilidad de agua superficial, con autorización de CNA se construyeron alrededor de 200 obras nuevas y 150 reactivaciones de pozos sin operar, para extraer 100 millones de metros cúbicos adicionales, con los cuales completar los 418, que se supone, según las estimaciones técnicas, que equivale a la recarga, con lo cual se estaría en equilibrio en la relación recarga/descarga; este volumen adicional estaría enfocado a paliar la sequía. Como consecuencia de ello, los niveles del acuífero bajaron más, por el efecto conjunto de disminución en la recarga natural.

De esta manera, los análisis principales relativos a la sequía deben ser en referencia al agua superficial almacenada en las presas, agua de mayor dinamismo y de características renovables a más corto plazo. Así, calificando cuantitativamente la sequía de acuerdo con la Tabla 9.1, y en relación con los almacenamientos útiles al 1 de octubre en las presas, tendríamos los siguientes valores de la Tabla 11.1, referidos a la extracción media anual de cada una.

Tabla 11.1 - Valores de volumen almacenado en presas al inicio del ciclo, en millones de m^3, y su relación con los niveles de sequía.

FASE	% DE REDUCCIÓN	VOLUMEN ÚTIL ALMACENADO EN PRESAS AL 1o. DE OCTUBRE, SUSCEPTIBLE DE ASIGNARSE		
		LA BOQUILLA	MADERO	TOTAL
Sin sequía	0	883 o más	245 o más	1,128 o más
Incipiente	5 a 10	de 795 a 839	de 220 a 233	de 1,015 a 1,072
Moderada	10 a 20	de 706 a 795	de 196 a 220	de 902 a 1,015
Severa	20 a 35	de 574 a 706	de 160 a 196	de 733 a 902
Crítica	35 a 50	de 441 a 574	de 122 a 160	de 564 a 733
Catastrófica	más de 50	menos de 441	menos de 122	menos de 564

Sin pretender ser autoritario en estas cantidades y en las que se mencionan más adelante, sino más bien con carácter normativo, ante panoramas como estos, algunas de las alternativas y criterios de actuación son los siguientes:

SEQUÍA INCIPIENTE: se da una ligera reducción en los cultivos de O-I, o bien, de preferencia se diminuyen los volúmenes a aplicar en este ciclo. El GTD por medio del grupo de pronóstico, prevé la posibilidad de que a un futuro inmediato, en el año en curso, haya menos volumen aportado de lo normal, por disminución de las lluvias. El volumen total almacenado entre ambas presas es superior a 1,000 millones de metros cúbicos, y La Boquilla no tiene menos de 795.

En general, esta fase no debiera tener efectos significativos en las actividades económicas y productivas, pero debe reforzarse el seguimiento de las condiciones, y si el pronóstico no es favorable, conviene iniciar el proceso de información a la comunidad. El GTD, a través de los gerentes de módulo y de SRL, debe poner sobre aviso a los usuarios para que moderen su uso del agua y eviten desperdicios. Debiera considerarse como una etapa de alerta adelantada por posible riesgo, e iniciar las acciones de difusión para prepararse a la probabilidad de mayor insuficiencia.

Las JMAS impulsarán la verificación de la existencia y buen funcionamiento de los medidores domésticos, así como el estado general de la red de distribución, y motivarán a los usuarios a mejorar sus instalaciones y moderar el uso del agua. Los usos secundarios y no esenciales deben disminuirse y tender a anularse, como el lavado de tierras, combate de malezas, sobre-riegos, etc.

Esta etapa debe considerarse como de preparación, y su importancia radica en avizorar que las condiciones subsecuentes sean más desfavorables. Si llega el periodo de lluvias y estas son escasas, desde entonces el GTD debe considerar este hecho como alarma temprana, e incrementar las medidas de control, ya que la posibilidad es mayor de que el siguiente periodo sea más severo.

El grupo de seguimiento y evaluación hará labor entre los usuarios de que empiecen a ahorrar más agua para el siguiente ciclo, y que los usuarios que tienen pozos preparen sus equipos por la eventual posibilidad de que en el invierno los tengan que utilizar para auxiliar a los cultivos perennes que requerirán riego.

No es una etapa de alto riesgo pero si de aviso, que bien puede servir de entrenamiento para prepararse y echar a andar los procedimientos de difusión, alerta y concientización. Esta fase debe considerarse como de alerta y activación de los mecanismos y estrategias para enfrentar la sequía en etapas más severas. Las reuniones mensuales del CH del distrito debieran ser foro para analizar la leve disminución de la disponibilidad y avizorar las condiciones a corto plazo, para que si estas son desfavorables, sean los propios miembros del CH quienes alerten a los usuarios. Estas acciones, desde luego deben llegar al GTD para hacer lo propio respecto a los demás usos, en reuniones a celebrar cada 3 meses.

SEQUÍA MODERADA: si los volúmenes almacenados en las presas al 1 de octubre no superan los 1,000 millones de m^3, y particularmente si en La Boquilla no hay más de 795 disponibles, la situación adquiere carácter de mayor gravedad y es necesario tomar medidas restrictivas adicionales.

El GTD, con base en los reportes de los grupos de trabajo, hará un planteamiento imparcial y amplio de la situación, recalcando las perspectivas, así como los problemas y conflictos posibles por la presencia de déficit. Entre las propuestas de administración del agua, los análisis deben partir de la política óptima de operación, y de ahí formular algunas alternativas que tengan en cuenta la posible evolución de las lluvias y escurrimientos durante el año, así como todos los compromisos de agua que se tengan, los que será factible suplir, y los que se restringirán parcial o totalmente.

El CH del DR en pleno, analizará las opciones más convenientes, y en conjunto se propondrán las restricciones en superficies y volúmenes, a aplicarse principalmente en O-I. Si el pronóstico es desfavorable, los cultivos de invierno se reducirán a no más de 500 ha de forrajes para el ganado estabulado, no más de 5,000 de trigo, y no más de 700 ha de hortalizas (principalmente cebolla); en total, entre 6,000 y 8,000 ha, y que se ubiquen en lotes tales que las pérdidas por conducción y distribución sean mínimas, es decir, que los recorridos sean cortos. Ello implica una posible compactación de áreas.

Los cultivos de P-V tendrán poca reducción, para un total aproximado de 20,000 ha, en los

que las hortalizas tendrán una afectación mínima en superficie, aunque sus láminas se disminuyan entre 5 y 10%; la mayor reducción se dará en cultivos de menor productividad, como el maíz y el frijol. Los segundos cultivos no se programarán, hasta que a mediados del año (marzo-abril) se haga la revisión detallada de lo realizado y de las expectativas hidrológicas a corto plazo.

Los cultivos perennes se mantendrán en superficies moderadas, y hasta nuevo aviso, no deben darse reposiciones, sino que sólo se sostendrán los que estén en etapa de producción: los que estén recién establecidos se reducirán al máximo, y los que ya hayan agotado su vida productiva también deben desecharse. En total, no más de 5,000 ha de alfalfa y 3,000 de nogal, y no más de 100 de vid.

Para todo el DR, la superficie no deberá rebasar las 36,000 ha, quizá 38,000 en el mejor de los casos, si se mejoran los métodos de riego y operación, y se debe tener cuidado en el control de la expedición de permisos de siembra, por parte de las AU, así como de que las superficies autorizadas sean efectivamente las que se siembren y rieguen, para evitar excedentes inconvenientes.

Los canaleros vigilarán más estrechamente que las estructuras y obras hidráulicas funcionen adecuadamente, que las tierras estén debidamente preparadas antes de recibir el agua, y se sujetarán en tiempo y gasto en la entrega a los usuarios. El tandeo entre usuarios debe ser riguroso, y los desperdicios, si los hay, deben contabilizarse para aplicar las sanciones que determine el GTD y avale el CH, y que dependiendo de la magnitud, podrán ir desde simples amonestaciones hasta reducción proporcional del volumen y multas económicas.

La contabilidad semanal de volúmenes extraídos, entregados y distribuidos será detallada y con apego al programa. Si la situación se agrava, por temperaturas, vientos, etc., los gastos y volúmenes no deberán variar en más de 10%, y sólo en cortos periodos.

Las JMAS harán mayor vigilancia en que los volúmenes de uso doméstico no se incrementen en más de 10%, y también estarán atentas a disminuir los usos no esenciales, como riego de jardines, lavado de banquetas y autos, etc.. Se atenderá el problema de las posibles tomas clandestinas y de las fugas, y se aplicarán rigurosamente las tarifas y las sanciones por uso indebido. El costo unitario del servicio deberá ser diferencial, y los incrementos de un rango de consumo al siguiente deben ser altamente significativos, de manera que se estimule el ahorro.

El GTD y el CH es conveniente que tengan reuniones en pleno frecuentes, al menos cada mes, por ejemplo el primer lunes de cada mes, para presentar avances, perspectivas y evaluaciones de la situación, de tal forma que se pueda dar un seguimiento continuo a la emergencia. Las decisiones sobre las acciones a realizar y la atención a los conflictos que van surgiendo, deben ejecutarse de manera expedita, y se requiere la participación activa de todos los miembros del GTD que tengan asignadas tareas específicas: los grupos de trabajo deben tener comunicación y coordinación semanal, y los titulares de caga grupo, junto con la cúpula del GTD, en reuniones ordinarias semanales de evaluación prepararán las opciones a presentar en la reunión mensual.

Será responsabilidad básica del representante de los medios que la población en general esté enterada de la gravedad de la situación, y de las acciones más adecuadas que se deben contemplar para disminuir el impacto: recalcar que las presas tienen poca agua y que se tiende a la baja en el almacenamiento, así como que las perspectivas no son favorables, lo que se debe traducir en ahorro

de agua. Sin carácter alarmista, sino con imparcialidad y veracidad, cada representante de sector debe informar a sus representados que se está atravesando por una etapa de cierto riesgo en la que la mejor estrategia es ser cautos en el uso del agua.

En esta etapa es conveniente alertar a las empresas aseguradoras del nivel de riesgo, y se deben avizorar el probable peligro de carestía y desempleo, de tal manera que tanto los gobiernos municipales como el estatal inicien la puesta en marcha de estrategias (previamente diseñadas como parte del plan), para paliar la situación sobre todo con los sectores de la población más vulnerables: jornaleros del campo, transportistas de productos del campo, agricultores y campesinos de autoconsumo, etc., a través, por ejemplo, de programas moderados de empleo temporal.

El GTD, el CH y las autoridades locales deben tener capacidad para soportar esta fase del fenómeno sin mayores problemas, pero se debe mantener informado a las instancias superiores de gobierno por la posible complicación del problema. Sobre todo, deben tener capacidad de aplicar las medidas y estrategias que conduzcan al ahorro de agua y de las sanciones por las faltas.

SEQUÍA SEVERA. Al llegar a esta etapa, significa que al menos los seis meses anteriores tuvieron una fase moderada, y que las condiciones meteorológicas continuaron siendo adversas. Además, la perspectiva de la situación futura a corto plazo no es favorable, y tiende a mantenerse o empeorar; es decir, las lluvias no se esperan en los siguientes meses.

De esta forma, ambas presas no tienen almacenado más de 900 millones de metros cúbicos útiles, y La Boquilla no más de 700. El GTD y el CH ponen en marcha acciones más drásticas para mantener el control y evitar que los cada vez menores volúmenes disponibles alcancen valores críticos. Los gerentes de módulo y de las SRL vigilan continuamente, junto con los técnicos que distribuyen el agua y los de CNA, que los usuarios se apeguen estrictamente al programa de riegos que semanalmente se debe elaborar y actualizar a diario.

En esta fase, los cultivos del ciclo O-I se restringen por completo, ya que el agua es insuficiente y se reserva para regar en el P-V, en el que los cultivos establecidos no superan las 20,000 ha, de las que no menos de la mitad son para los cultivos más remunerativos: algodonero, cacahuate, chile, cebolla y otras hortalizas, y el resto para los cultivos tradicionales de consumo local: maíz, frijol, sorgo y soya. Los cultivos perennes cubren aproximadamente 7,000 ha, entre alfalfa y nogal, sin reposición de cultivos viejos ni nuevas plantaciones. En total, el DR puede regar unas 27,000 ha, y los periodos de riego se desfasan para que cuando los cultivos anuales estén en pleno desarrollo, en la época de lluvias, puedan aliviarse en algo los requerimientos y disminuir las extracciones, tanto de las presas como del acuífero.

Se estimulará y buscarán facilidades (crédito, equipo, asesoría técnica, etc.) para que los usuarios de riego utilicen métodos más modernos y eficientes, a fin de no agotar su dotación antes de tiempo, y no verse precisados a solicitar agua que no existe o que ya está comprometida.

Los grupos de trabajo del GTD mantienen una actividad continua y se reúnen cada semana para intercambio de información, análisis de la situación, proponer y aprobar respuestas y acciones inmediatas, y evaluar los avances y pronósticos a corto plazo. Sus análisis y decisiones se coordinan y refuerzan con las del CH.

Las autoridades municipales están en comunicación constante con las estatales, y el gobierno del estado prepara e inicia el trámite ante las autoridades federales, para la autorización de recursos emergentes a aplicar en la zona, que sirvan para mitigar los impactos económicos. Esto es, la declaración de zona de desastre por sequía debe estar lista para hacerse, con la consiguiente ayuda para la población civil, de acuerdo con la normatividad vigente (SHCP, 2000).

Esta ayuda será en efectivo, y su ejercicio podrá ser a través del propio GTD, las AU, los ayuntamientos o la instancia que se considere pertinente, mediante la ocupación de la población local para realizar trabajos de mejoramiento y conservación de la infraestructura en caminos, canales, puentes, etc., así como en la repartición de despensas alimenticias a las familias que no tengan ingresos. En todos los casos, la distribución de agua potable por medio de camiones cisternas será una función básica del grupo de respuesta, que se coordinará con los ayuntamientos y las dependencias estatales para este fin. En este sentido, lo que se haga deberá estar apegado a los lineamientos del Fondo de Recursos para la Atención de Desastres Naturales (FONDEN).

Las JMAS incrementan el control y vigilancia de que los usuarios usen sólo lo indispensable, y establecen turnos en la entrega del agua, por horas en cada sector urbano. Aunque el agua para este uso es de origen subterráneo, los usuarios agrícolas incrementan su extracción con los pozos y los abatimientos en niveles son sensibles, por lo cual el uso doméstico también resiente los efectos en la calidad y profundidad de extracción. Cualquier desperdicio o uso excesivo es sancionado sin excepción. Las campañas de difusión y estímulo para ahorrar agua son continuas. De los 22 pozos para uso doméstico en Delicias, la ciudad más importante del área, es recomendable operar sólo una parte, por ejemplo 15 pozos, ya que están interconectados, y asignar turnos de 2 a 4 horas a cada sector de la ciudad, que para tal efecto podría dividirse en 5 a 8 sectores. Acciones similares deben realizarse en los demás centros urbanos.

Las AU y SRL mantienen un estrecho control en volúmenes y gastos en cada uno de los puntos de control, y el tandeo entre usuarios se hace de tal forma que el cambio del agua entre usuarios y entre lotes regados tenga el mínimo de pérdidas. Se vigila que los tirantes en los canales se mantengan constantes para evitar variaciones en el gasto. Los usuarios deben tener sus regaderas limpias, sus terrenos nivelados y los regadores disponibles para iniciar de inmediato y no parar hasta cubrir toda la superficie, agotar el tiempo de riego o el volumen asignado, lo que ocurra primero. El canalero coordinará a sus usuarios para que reciban y liberen el agua precisamente cuando les toque, y tendrá facultad para cortar el riego si considera que ya se cumplió cualquiera de las condiciones mencionadas. Esto deberá especificarse en el respectivo reglamento de operación, y los casos no previstos deberán analizarlos tanto el GTD como el CH, para dar la mejor solución sin afectar a terceros, y sobre todo, sin comprometer más agua de la asignada.

Igualmente, en caso necesario, el GTD, por medio de los gerentes de AU y con la anuencia del CH, deberá juzgar y decidir imparcialmente cuando se presenten conflictos, de tal forma que estos se solucionen donde surjan y antes de que se conviertan en grandes problemas cuya solución sea más difícil y sean un riesgo para la estabilidad social.

Las demás dependencias relacionadas con el uso del agua harán continuos monitoreos para evaluar los daños y proponer soluciones y respuestas en su ámbito de competencia: crediticios, de insumos, de transporte, laborales, sanitarios, legales, etc., y los harán llegar al GTD, en donde se

integrarán al esquema general para su análisis y se tomarán las decisiones finales.

También el grupo de seguimiento vigilará estrictamente que las extracciones al acuífero no rebasen las cantidades aprobadas por el CH y ratificadas por el GTD. Las desviaciones deben sancionarse en los términos que el mismo GTD proponga y se aprueben previamente por el CH. Si se estima que el acuífero está en equilibrio, con recargas anuales del orden de 420 millones de m^3, de los cuales en forma normal se destinan 22 al uso doméstico de Delicias, es recomendable que las extracciones no se incrementen en más de 10%; más bien, conviene no superar las extracciones normales y disminuirlas si es posible. Para ello, los mecanismos de medición de gasto y volumen en cada pozo serán obligatorios de instalar por la JMAS, así como el permitir la inspección y verificación de que las decisiones del CH y GTD en este aspecto se cumplan. En los pozos agrícolas, los propietarios también están obligados a instalar medidores de gasto y volumen en la descarga del agua, así como a permitir la verificación de los mismos cuando el CH, o el GTD o la propia CNA lo consideren pertinente.

Los esquemas de protección civil y de emergencia sanitaria, tanto del gobierno estatal como de los municipales, se mantendrán preparados y a la expectativa por la latencia de los problemas y conflictos, para actuar de inmediato auxiliando a la población, sobre todo en el medio rural, donde las condiciones puedan causar problemas de salud: deshidratación, intoxicaciones, enfermedades gastrointestinales, etc... Aunque sobre todo los aspectos sanitarios deben estar coordinados por las dependencias respectivas de los tres niveles de gobierno, el GTD deberá recibir la información relacionada con estos casos, a través del miembro representante de este sector.

SEQUÍA CRÍTICA. Es de esperarse que no antes de un año de iniciado el problema, eventualmente se llegará a esta fase. Para entonces, los volúmenes almacenados en las presas no superarán los 730 millones de metros cúbicos, y no más de 575 en La Boquilla.

Con esta perspectiva, la situación tiene todas las características de zona de desastre por sequía, y se ponen en acción las estrategias diseñadas para tal efecto: el auxilio por parte de las autoridades estatales y federales para la población del área, a través de los cuerpos de protección civil y con el auxilio de los cuerpos militares en la ejecución de las tareas. Hecha la declaratoria de zona de desastre, los recursos del FONDEN se canalizan para una ocupación mínima del personal cuya única fuente de ingresos es su mano de obra, para disminuir movilizaciones masivas y aumento del problema en otras partes, como las grandes ciudades o la migración hacia USA.

Para atender las necesidades mínimas de abasto de agua de los pequeños poblados, y en las plantaciones más urgidas, se realizarán programas de perforación emergente de pozos, con carácter temporal, en lugares que previo estudio y a solicitud del GTD apruebe la CNA, en los lugares más propicios, para disminuir costos de transporte y pérdidas del líquido. Los camiones cisterna trabajarán hasta 12 horas diarias, para suplir a todas las comunidades rurales con al menos una dotación de 20 litros por día por persona, sin costo, ya que estos serán cargados a FONDEN o al gobierno estatal. En las comunidades, si se considera conveniente, el abasto y distribución del agua podrá estar vigilado por elementos del ejército para evitar anomalías.

Los cultivos se reducirán al mínimo: sólo aquellos que además de una alta productividad y eficiencia económica, también tengan un alto significado social, es decir, sean fuente de muchos

empleos vía mano de obra. Esto implica que en un 80%, el agua se dedicará a los cultivos de ciclo corto y de alto valor en el ciclo P-V: cebolla, chile y hortalizas. Las superficies en este ciclo no superarán las 15,000 ha, para asegurarse que tendrán disponible el agua requerida, la cual se distribuirá y aplicará con base en un programa estricto que tendrá un seguimiento diario y detallado.

Los cultivos perennes se restringirán aún más, y no se podrán regar más de 6,000 ha, entre alfalfa y nogal, los cuales serán cultivos que estén en plena edad productiva, es decir, ni cultivos nuevos ni reposiciones; esto será responsabilidad del CH directamente a través de las AU y las SRL. Cualquier anomalía en este sentido tendrá como respuesta el no otorgar el servicio de riego. Estas acciones se apoyarán con la recomendación y supervisión de los cultivos que haga el personal técnico de INIFAP a SAGARPA, quienes dictaminarán cuáles plantaciones deben dejar de regarse, por su edad y sus condiciones fitosanitarias. También ellos apoyarán en decidir las láminas a aplicar en cada caso, atendiendo a los requerimientos mínimos del cultivo; en casos extremos, el riego será sólo para evitar que las plantas mueran.

Las restricciones en las superficies también tendrán como complemento que las superficies autorizadas se sitúen y compacten en predios lo más cercano a los canales principales y laterales, para evitar recorridos largos y las consiguientes pérdidas. Los gerentes de módulo y de SRL harán recorridos sistemáticos y frecuentes para vigilar que en los puntos de control se apliquen con rigor los acuerdos del CH y del GTD, en el sentido de respetar los tiempos de riego, volúmenes autorizados, y en el estricto turno que determinen los técnicos de CNA e INIFAP, de acuerdo con el estado de estrés de cada predio cultivado. En el campo, si así es requerido, podrán tomarse medidas adicionales emergentes que refuercen las decisiones del GTD, pero de ello deberá informarse al mismo, con la debida justificación.

En las áreas identificadas más propensas a conflictos entre los usuarios, sobre todo donde las aguas de La Boquilla se juntan con las de Madero, y la SRL Conchos el entrega a la SRL San Pedro, habrá constantemente personal de CNA para registrar niveles y gastos de los canales, y el acuerdo entre ambas SRL en la transferencia del agua. De ser necesario, a juicio y solicitud de CNA, el GTD solicitará y la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) debe autorizar que haya elementos del ejército, tanto para resguardar la seguridad de las obras como para evitar enfrentamientos posibles entre usuarios y técnicos de ambas unidades de riego, Conchos agua arriba y San Pedro aguas abajo.

Los pozos emergentes trabajarán a su máxima capacidad y la distribución del agua con cisternas estará controlada para evitar desviaciones y asegurar que toda la población reciba su dotación mínima. En las ciudades, las JMAS aumentarán el control y vigilancia para evitar desperdicios y usos indebidos. Las multas y sanciones por faltas comprobadas serán de acuerdo a la ley o a los acuerdos del GTD, insoslayables y de acuerdo con la gravedad del ilícito o falta. Los tiempos de entrega para cada sector de las ciudades se podrá disminuir, de acuerdo con la opinión de las JMAS, hasta llegar a 2 horas tres veces al día, y la contabilidad del agua en cada toma domiciliaria se registrará a detalle, para aplicar las tarifas que se acuerden con autorización de las autoridades correspondientes. Si se detectan medidores defectuosos o alterados se procederá en seguida a su reposición o reparación, y en su caso, con la aplicación de las sanciones que correspondan. Las tomas clandestinas se suprimirán de inmediato, e igualmente se aplicarán las penalizaciones a que haya lugar. Los usuarios domésticos indefectiblemente deberán contar con mecanismos, aparatos y muebles de bajo consumo.

Tanto para el medio rural como para el urbano, la campaña de difusión de las condiciones imperantes, sin ocultar su gravedad ni darle carácter catastrófico, serán continuas, bajo la supervisión y responsabilidad directa del representante de los medios, miembro del GTD.

El grupo de monitoreo y seguimiento hará llegar sus informes diariamente al GTD, así como el de pronóstico, con lo cual el pleno del GTD, que se reunirá al menos una vez por semana, podrá fundamentar las acciones de respuesta. Cualquier anomalía que se detecte, ya sea por los usuarios o por los empleados, deberá ser inmediatamente reportada para atenderla y corregirla.

El GTD, en coordinación con las autoridades estatales y con las dependencias federales, deberá mantenerse a la expectativa para que si las condiciones empeoran, se esté en posibilidades de obtener más recursos externos y aplicarlos a las áreas más críticas y a los grupos más vulnerables.

SEQUÍA CATASTRÓFICA. Esta condición se esperaría tras unos dos o tres años de sequía continua y progresiva. Implica la existencia de las condiciones más desfavorables respecto a la disponibilidad de agua, y el pronóstico a corto y mediano plazo sin expectativas de mejoramiento. La puesta en vigor del plan DN-III, en el que el ejército es una parte muy activa en el control de la situación, sujeto al GTD, implica las condiciones más extremas y, por ende, el máximo control y supervisión de todas las actividades.

En esta situación, los volúmenes en las presas al primero de octubre no serán superiores a 560 millones de metros cúbicos, ni de 440 en La Boquilla. Ambos embalses alcanzan sus valores mínimos y con ello los valores extremos de la emergencia. Cuando se llega a esta fase, cualquier esfuerzo por ahorrar agua y utilizarla con la máxima eficiencia es decisivo y crucial en la superación del problema; por ello, sólo los usos más prioritarios son los que deben contemplarse. Prácticamente, se podría calificar a esta fase como de sobrevivencia.

Este caso extremo implica que la agricultura se reduce a su mínima expresión, con no más de 10,000 ha de cultivos cíclicos en el P-V, en un 80% con cultivos de alta eficiencia económica y alta ocupación de mano de obra; básicamente, productos hortícolas. Los cultivos perennes se reducirán hasta unas 5,000 ha, entre nogal y alfalfa, limitados a los predios más productivos: Casi en su totalidad el auxilio con aguas subterráneas será la única fuente de agua para estos plantíos, pero con los pozos normales existentes, y sólo en contados casos, previamente dictaminados, se harán reposiciones o profundizaciones de pozos existentes normales, y aún en menos casos se harán perforaciones de emergencia de pozos nuevos: para ello será necesario un dictamen técnico detallado, justificado y avalado tanto por CNA como por INIFAP y SAGARPA, primeramente para verificar que no hay otra opción de suministro de agua, y en segundo lugar para justificar que el cultivo no se puede dejar secar, por las grandes inversiones hechas en él.

Los técnicos de CNA, INIFAP y SAGARPA, y los gerentes de módulo y SRL verificarán conjunta y continuamente que el agua se extraiga, se distribuya y se aplique bajo un estricto programa y con un seguimiento detallado para evitar anomalías y conflictos, y sólo para suplir las necesidades mínimas de los cultivos. Los tiempos de riego, volúmenes a aplicar y las superficies a regar deberán ser exclusivamente las autorizadas. Los excesos por parte de los usuarios se penalizarán en especie, en la misma cantidad excedida y en el próximo riego o ciclo. La vigilancia de tomas clandestinas de los canales, niveles del agua en puntos de control y estado de

funcionamiento de las obras será responsabilidad del personal de los módulos y SRL, verificada por técnicos de CNA y vigilada con el apoyo de elementos militares para salvaguardar el orden. Éstas medidas deben ser tan estrictamente cumplidas, que si un usuario no está preparado para recibir el agua cuando le toque, de acuerdo con un riguroso orden, perderá su turno y sólo podrá acceder al riego en el próximo tandeo.

Los conflictos entre usuarios deberán solucionarse con equidad y justicia en el momento y lugar que se originen. Se buscará la conciliación y negociar entre las partes en conflicto, basándose en los lineamientos del reglamento de operación, de la LAN, del RLAN, y de la normativa vigente y aplicable. Los casos no previstos o complejos, deberá analizarlos prontamente el GTD y emitir una decisión inapelable. De no ser así, el GTD aplicará los procedimientos que considere más expeditos, y las anomalías se castigarán con severidad.

Las autoridades de protección civil, en esta fase estrechamente coordinadas con el GTD, vigilarán que las diversas comunidades del área se ajusten a las acciones de respuesta del GTD, así como que las acciones de ayuda comunitaria que autoricen las dependencias federales se apliquen oportuna e imparcialmente, y todos los afectados se beneficien con equidad. Con recursos de FONDEN, se buscará que la población permanezca en sus lugares, asignando despensas alimenticias, salarios y otras ayudas disponibles (medicinas, becas, etc.) para actividades a realizar localmente que impliquen un mejoramiento de las comunidades: mantenimiento, conservación y mejora de la infraestructura en caminos, canales, escuelas, parques, etc., y que estimulen el arraigo y permanencia de los habitantes locales.

La distribución y asignación del agua en camiones estará controlada por elementos del ejército para asegurar su imparcialidad y beneficio, aunque las decisiones y el seguimiento serán funciones exclusivas del GTD. Se otorgará la dotación mínima, y las autoridades sanitarias vigilarán que se mantengan las condiciones mínimas de salud, o en su caso, deberán actuar con prontitud ante brotes de enfermedades. Para ello es esencial que las ayudas canalizadas por FONDEN sean suficientes para garantizar una alimentación de calidad y cantidad mínimas para satisfacer los requerimientos nutricionales básicos, especialmente en infantes y ancianos.

Las JMAS ejercen el control más estricto en la distribución del agua, con un tandeo riguroso entre sectores urbanos, de tal forma que la dotación por persona alcanza los valores más bajos, y sólo para los usos más esenciales. Los desperdicios y tiraderos se sancionan enérgicamente, y las penalizaciones, de acuerdo con la falta, son las máximas aprobadas por el GTD. Las extracciones del acuífero también se limitan a los volúmenes mínimos para satisfacer las necesidades más urgentes.

El GTD sesionará al menos dos veces por semana, y diario si es posible, llevando un detallado seguimiento de la situación, horario si se considera necesario, enfocando su atención a los puntos críticos, como pueden ser los puntos de control en canales y pozos. El grupo de pronóstico estará atento a cualquier señal que indique un cambio en las condiciones inmediatas, y las acciones y respuestas en conjunto tomarán en cuenta todos los elementos disponibles. La participación de la población civil en la vigilancia y reporte de anomalías es de gran importancia para que el GTD actúe, solucione y equilibre los conflictos que surjan para mantener la estabilidad de la situación.

Los recursos de FONDEN, con el concurso de las autoridades estatales y federales, deben

fluir oportunamente y en suficiencia, y su aplicación debe ser transparente y expedita, bajo la responsabilidad directa del GTD. La campaña de información tendrá su máxima intensidad y mantendrá al tanto a la sociedad de lo que ocurra y las acciones correspondientes, y motivará a la comunidad a mantenerse informada y a contribuir a hacer menos catastrófica la situación.

En esta fase, usualmente no contemplada en la planeación hidráulica, pero perfectamente posible y estadísticamente probable, con la coordinación estrecha y continua, y la cooperación ilimitada entre todos los elementos del GTD, de las autoridades civiles y militares, de los usuarios del agua y de la sociedad en general, es la única forma de superar los inconvenientes. Durante esta emergencia, más que en cualquier otra, es donde se pone de manifiesto la voluntad y solidaridad para afrontar el embate de la naturaleza y sobrevivir.

Los efectos y cicatrices que deja esta fase son los más profundos y difíciles de superar, por *su alto costo en tiempo y dinero, y ciertamente muchos de los afectados claudicarán*. es la gran prueba de fuego del fenómeno, y su costo en desempleo, migración, pobreza, enfermedad, carestía y muerte son los más altos, pero ante la impotencia de superarlos por otros medios, sólo el temple y la voluntad son capaces de infundir los suficientes ánimos que permitan resistir.

El papel que el agua subterránea tiene en este proceso de la sequía, adquiere mayor importancia y complejidad en la medida en que la escasez de agua se hace más crítica. Desde luego, no debe esperarse hasta que las condiciones de estrés aumenten para mejorar el uso del agua del subsuelo; ello debe ser una medida común, que se ve impulsada por lo costoso que es extraerla: perforación, equipamiento, energía, infraestructura, etc.

De aquí que el concepto "operación conjunta" de ambos recursos, superficial y subterráneo, adquiera prioridad como una medida de la eficiencia para mitigar el efecto de la escasez. Esto significa, por ejemplo, la interconexión de pozos, tanto entre sí como con la red de canales, de tal suerte que en la época de riegos, se puedan mantener tirantes y gastos constantes. Además, por lo valioso y costoso de este recurso, debe procurarse extraer sólo los volúmenes indispensables, y en todo caso no más allá de los permisibles, expresados en el permiso de explotación; ello para permitir que la recarga natural haga su parte y así evitar la degradación, en calidad y cantidad.

Por eso es importante llevar un riguroso control de las extracciones, tanto de cada aprovechamiento como de todo el conjunto, mediante la instalación de medidores de gastos y volúmenes, y el constante monitoreo en la evolución de los niveles del acuífero. Esta información permitirá mejorar la estimación del comportamiento hidráulico e hidrológico del agua subterránea, y también los programas de uso, en un correcto balance con las demás fuentes de abastecimiento, de tal suerte que se eviten o suavicen los vaivenes por disponibilidad, y así se fortalezca la sustentabilidad a futuro de un recurso cada vez más escaso y demandado.

Como un comentario final sobre estos aspectos, conviene mencionar que las normas operativas de FONDEN indican que los fondos que se canalicen por este medio, cuando se declare la zona de desastre por sequía, no podrán beneficiar a los usuarios de riego, a los poseedores de la tierra y concesionarios del agua (SHCP, 2000).

Aunque esto pareciera tener lógica, en el sentido de que los que tienen acceso al agua son privilegiados, lo cierto es que para los minifundistas con menos de 5 hectáreas, muchos de los cuales se dedican a los cultivos de menor valor o de autoconsumo, la falta de agua es tan impactante como para los que no tienen tierra, y por ende sus recursos para afrontar el efecto son muy menguados y están tan sujetos a ello como los jornaleros y demás trabajadores del campo. Situaciones como éstas son las que propician fenómenos como el rentismo de tierras y aguas con el consecuente acaparamiento por los rentistas, así como el abandono de la actividad y la migración en busca de mejores horizontes.

Buscar opciones mediante las estrategias adecuadas que impliquen esa justicia social en beneficio de los menos afortunados debe ser precisamente uno de los objetivos de los planes para afrontar las sequías. Se dice coloquialmente que sólo los necios no distinguen la diferencia entre el precio y el valor de las cosas; ésta apreciación del valor del agua debe ser la meta a alcanzar: sólo en la medida en que esto se logre, por todos los usuarios y la sociedad en general, se podrá sortear con éxito un fenómeno que es inevitable, impredecible y progresivo.

Al mundo del agua le pesa la historia, le falta la ética y le sobra la demagogia (Cabrera, 2001). Por ello es válido decir que, no obstante la incuestionable importancia de las obras y de los aspectos técnicos e ingenieriles en la gestión del agua, frecuentemente en muchas condiciones la escasez física del recurso no es la cuestión principal: por la tecnología y el triunfalismo tecnológico se piensa que la propia tecnología resuelve siempre y pronto los posibles problemas que ella misma crea.

Más bien, parece que prevalecen las condiciones de escasez económica: hay suficiente agua para satisfacer las necesidades de la sociedad, pero hay pocos incentivos para lograr un uso inteligente y ahorrador de los recursos o para efectuar una asignación eficiente entre demandas alternativas (Sumpsi *et al.*, 1998). Los problemas del agua son mucho más de gestión que de escasez, ya que administrar bien el agua no es sólo una cuestión económica, sino que también exige partir de un planteamiento ético.

Así, es cuestión de ética evitar el *hidrocidio*: a sabiendas, acabar en cantidad y calidad con un recurso que no es ni debe ser propiedad privada, comprometiendo el derecho que tienen las generaciones futuras.

12 CRITERIOS Y PRINCIPIOS METODOLÓGICOS A CONSIDERAR EN LA DISTRIBUCIÓN DEL DÉFICIT DE AGUA

La tarea de asignar volúmenes de agua a los diversos sectores de uso no es una tarea fácil en condiciones normales de disponibilidad, y esta complejidad aumenta considerablemente si existe escasez.

La política hidráulica, como tradicionalmente se ha entendido, trata de responder al problema de la escasez de agua en general, y particularmente en condiciones de escasez, con intentos de incrementar la disponibilidad del recurso para responder a la demanda. No obstante, el concepto puede resultar confuso, ya que usualmente sólo se asocia al proceso de incrementar la oferta de agua. En vez de esto, cada vez adquiere mayor significado y dimensión el concepto "política de gestión de aguas" (Sumpsi *et al.*, 1998), o bien "gestión integral de manejo del agua" (Martínez Austria, 2001), entendidos ambos como aquellas actuaciones y medidas que tienen por objeto corregir los desequilibrios entre la oferta y la demanda de los recursos hídricos, tanto en los aspectos cuantitativos como cualitativos.

Aunque aplicable a la escasez crónica y progresiva del agua, los siguientes principios fundamentales para una gestión moderna del agua son los siguientes (Donzier, 2000, citado por Martínez Austria, 2001):

- tener una visión global e integrada del recurso
- clarificar las responsabilidades
- organizar adecuadamente a escala de las grandes cuencas hidrográficas y de los acuíferos
- participación directa y activa de las diferentes administraciones y colectividades territoriales, a través de consejos y parlamentos del agua
- luchar contra el despilfarro y prevenir la contaminación permanente o accidental
- aplicar el principio "usuario contaminador - usuario pagador"
- crear nuevas capacidades de formación de recursos humanos
- mejorar el conocimiento sobre el problema.

Las tensiones y conflictos inherentes a la falta temporal de agua son inevitables. Por ello, el proceso de distribución del déficit hídrico es en general arduo y complicado, pues dadas las características de escasez, no es posible suministrar a todos los sectores toda el agua que requieren. Es necesario un persuasivo procedimiento, en el que los responsables institucionales y sectoriales del manejo del recurso actúen con toda cautela y con espíritu conciliador.

Evidentemente, el primer paso es saber con cuánta agua se cuenta y cuánta se necesita. El proceso básico de la asignación y distribución del agua disponible y del déficit debe ser regido por el principio de que es la demanda la que debe adaptarse a la oferta disponible, y no a la inversa. Bajo este enfoque, la planeación debiera hacerse con los valores mínimos de la oferta, ya sea en volúmenes almacenados o en aportaciones registradas y/o esperadas (Sumpsi *et al.*, 1998). Ello conlleva cierta garantía de que al menos esos volúmenes serán entregados.

Cuando no se tiene el agua suficiente para satisfacer todos los requerimientos de los diversos sectores usuarios, entonces la demanda no satisfecha, lo que es el déficit, tiene que distribuirse entre

los afectados, como se ha esbozado en el Capítulo 7 de este trabajo.

Dados los diversos niveles de administración, uso y planeación del agua, en consecuencia también debe haber varios niveles de asignación de volúmenes y déficit. El reparto sectorial del agua en una cuenca es tarea de la administración institucional que aplica criterios de carácter básicamente político; entre grupos de usuarios de un mismo sector, un eficiente mecanismo de asignación puede ser el mercado del agua. Así, visto a gran escala, a nivel de cuenca o región hidrológica, debe ser la CNA la instancia que defina la disponibilidad a corto y mediano plazo; razonablemente, la asignación del déficit debiera contemplar un periodo no mayor a un año, bajo el supuesto de que la insuficiencia es temporal, aunque simultáneamente debe tomar las previsiones de que la escasez se prolongue por varios periodos anuales consecutivos.

Con base en la información histórica disponible en CNA (en sus diferentes niveles: nacional, regional, estatal), así como en lo propio de que dispongan los gobiernos estatales y las Comisiones Estatales del Agua (cuando existan), se podrá formular un esquema de la demanda total por sector, tanto en tiempo como en espacio, cuyo contraste con la oferta dará las primeras pautas a seguir en la asignación, y permitirá dimensionar el déficit, con lo cual se puede hacer un primer balance de repartición del agua.

Desde luego, la prioridad sectorial debe mantenerse actualizada, y en ello debe considerarse la tendencia del desarrollo demográfico con sus respectivos aumentos en la demanda para usos urbanos municipales y doméstico en general, sector que, como se ha discutido, por Ley tiene la máxima prioridad. Para este uso, sí debe preverse que se disponga de volúmenes mínimos en los periodos subsecuentes, protegerlos y preservarlos para tal fin.

La planeación hidráulica de largo plazo, como es sabido, usualmente contempla horizontes de 10, 20 o más años, y está basada en tendencias en el consumo, usualmente crecientes, mientras que la disponibilidad en el mejor de los casos se mantiene y cada vez con mayor frecuencia, muestra una tendencia a disminuir ligeramente o a tener más variación, quizá debido a los cambios naturales y a la influencia del hombre (Velasco y Collado, 1998; Martínez Austria, 2001). La realidad de este hecho es que no se contemplan con detalle los casos extremos, inundaciones y sequías, y cuando se presentan, por ende no se dispone de lineamientos, reglamentos o normas sobre las cuales basar la actuación de autoridades o usuarios, o bien son insuficientes; no obstante, debe considerarse que estos eventos naturales no son raros y su persistencia constituye serios obstáculos que afectan sensiblemente a los planes basados en promedios y tendencias.

Esta planeación de largo plazo, aún hecha con las mejores herramientas e información, tiene un mayor grado de incertidumbre, porque los cambios esperados o previsibles pueden ser más drásticos, con lo que se alteran las expectativas; por esto sería más conveniente hacer planes de mediano plazo, por ejemplo a cinco años (Sumpsi *et al.*, 1998; Krinner, 1994), de manera tal que al fin de este periodo se puedan hacer revisiones y actualizaciones más acordes con la realidad y de mayor impacto.

Desde esta óptica, éste nivel de gestión y administración del recurso con responsabilidad de CNA básicamente es una *administración burocrática* (Palerm, 2001) en la cual también participan los gobiernos estatales. Corresponde entonces a estas instancias definir la distribución del déficit a

nivel sector, para lo cual deberá considerarse el entorno económico-social-ambiental de la cuenca o región. Esto implica conocer a detalle las demandas sectoriales, la vulnerabilidad de cada sector, la elasticidad de esa demanda, y las posibilidades alternas de que cada sector pueda sostener o superar el estado de insuficiencia de agua sin que los impactos negativos sean de severa crisis. La importancia o peso específico de cada sector dentro de la estabilidad social regional (vía empleos o jornales generados, por ejemplo) es un factor primordial que debe tenerse en cuenta al hacer las asignaciones.

Además, deberá tenerse en cuenta la resiliencia o capacidad de recuperación del sector ante situaciones de déficit: es importante balancear si los daños aunque sean moderados tienen un largo periodo de recuperación, o bien pueden ser más agudos pero de más corto tiempo de volver a las condiciones normales, y qué tan importantes son estos efectos en el entorno local y regional.

En el proceso de definir y enjuiciar una política de gestión del agua, algunos de los criterios básicos a tener presentes son (Sumpsi *et al.*, 1998):

- *flexibilidad*: capacidad de la política de gestión parta modificar el uso del agua con arreglo a los cambios climáticos, demográficos y económicos
- *seguridad de tenencia entre los titulares de derechos de uso*: cuanto mayor la solidez jurídica en el ejercicio y disfrute del derecho mayor será el cuidado con que se mantiene el equipamiento de su titular para almacenar, distribuir o aplicar el agua
- *repercusión a los titulares de derechos de tarifas iguales*, o al menos parecidas, al costo real de oportunidad del agua; esto induce a los usuarios a emplear el agua con mayor eficiencia al tener en cuenta su costo social
- *predictibilidad en los resultados de la política de gestión*: si una política es funcional, con resultados previsibles y cercanos a lo esperado, es conveniente mantenerla, aunque haya aparentes signos de obsolescencia
- *percepción de equidad*: la aceptación de una política de gestión está en razón directa a la percepción en términos de la justeza económica que sobre ella tengan los diversos agentes participantes
- *capacidad de reflejar los valores sociales o públicos*: los que cada sociedad o comunidad construye en torno a sus recursos hídricos, y que el ignorarlos o deformarlos puede provocar un rechazo a la política de gestión que se desee implantar

Como se ha recalcado, el sector doméstico-urbano es el de máxima prioridad. Los demás usos tendrán una prioridad acorde a su importancia relativa, en la que se reflejarán las condiciones socio-económicas, el impacto de corto, mediano y largo plazos, el daño ambiental y la fragilidad de los ecosistemas, y las posibilidades de resistir y superar la emergencia por falta de agua. En particular, debe tenerse presente que la sequía en muchos casos ocasiona la movilización de la población en busca de condiciones que les permita sostener o mejorar su nivel de vida. Frecuentemente, en México estos cambios se hacen hacia las grandes ciudades o hacia las fronteras con USA, lo cual no implica la solución del problema, sino su traslado hacia otros lugares, y en muchos casos con otros inconvenientes adicionales que requieren atención por parte de las autoridades y que tienen un elevado costo social y económico: vivienda, servicios, alimentación, educación, etc.

Por estas razones, un objetivo adicional de la asignación, quizá no siempre visto como tal o en toda su dimensión, debería ser propiciar que la población permanezca arraigada en su lugar de origen. Ello implica la necesidad de que el déficit sectorial sea tal que el agua disponible y asignada tenga la productividad mínima que permita mantener el empleo y la actividad económica de tal suerte que el agua tenga el valor social y económico para este fin.

De esta manera, es el nivel gubernamental el responsable de asignar tanto el agua disponible como el déficit a nivel de sector. En este proceso, además del carácter eminentemente técnico, también debe contemplarse al *carácter social* que el agua adquiere en estos casos, y que se reflejan en lograr la equidad, justicia social y eficiencia, vista ésta última como el conjunto de indicadores del buen uso del recurso (Collado, 1998).

Aunque CNA es la cabeza de sector, en la asignación debe tenerse presente la opinión y participación de otras dependencias, federales y estatales, y conciliar los intereses para encontrar el punto de equilibrio entre ellos, especialmente cuando la cuenca es compleja y existen múltiples usuarios ampliamente distribuidos espacialmente, como es el caso de la cuenca del río Conchos; más todavía, este aspecto adquiere especial importancia cuando la cuenca es o forma parte de un complejo fisiográfico internacional, como lo es la cuenca del río Bravo, que están sujetos a tratados internacionales.

El proceso de análisis y asignación debe presidirlo CNA, que también será la instancia que aporte la información hidrológica, hidrométrica, climatológica y de estadística sectorial necesaria para apoyar los análisis técnicos. Presumiblemente, con anticipación CNA debería elaborar simulaciones que condujeran a una gama de alternativas, en las que se refleje el *qué pasaría si*. Prever de esta manera las posibilidades lleva implícito el manejo del riesgo, y por ende también la base para el diseño y actuación de las medidas pertinentes en caso de que la situación empeore.

Algunas de las dependencias federales que deben participar en tal proceso, a través de sus representantes autorizados son SAGARPA, SEMARNAT, Secretaría de Economía, entre otras; por parte de los gobiernos estatales, las respectivas Secretarías de Desarrollo Agropecuario o similares serían las indicadas para este propósito. En caso de que la situación lo amerite por extrema escasez, la Secretaría de Gobernación (a través del FONDEN) también deberá intervenir.

Los representantes de los sectores usuarios deberán también participar en el proceso, aportando criterios y elementos que permitan encontrar la mejor solución al problema, con una plena conciencia de que existe un déficit que debe ser absorbido (Castillo Ríos, 2001). De esta manera, en cierta forma definir la distribución del déficit se convierte en una negociación entre la oferta y la demanda a nivel de fuentes de abastecimiento, de disponibilidad total, y lo que se busca es un punto de equilibrio en el que se minimicen los daños y se obtenga el máximo beneficio económico, técnico, ambiental y social del agua.

Un aspecto importante del proceso es que los representantes sectoriales del agua tengan en mente que en condiciones de escasez, una parte de la demanda no satisfecha les toca absorber a cada uno, y que por tanto deben tener ánimo para ceder volúmenes que en condiciones normales tendrían a su disposición sin restricciones mayores.

El conjunto de funcionarios de las diversas dependencias y los representantes de los sectores, además de algunos otros miembros forman lo que se ha denominado el GTD, el cual debe tener capacidad, autoridad y poder de decisión y ejecución para llevar adelante sus acuerdos.

Como es sabido, el sector agrícola es el que usualmente requiere mayores volúmenes de agua, y en el que también el recurso tiene su más bajo valor, a veces casi simbólico, y por ello con frecuencia usado con bajas eficiencias. Estos aspectos tienden a mejorar, pero el sector sigue siendo el menos eficiente, y no necesariamente porque sea malo, sino porque sus características así lo hacen, por el uso consuntivo del agua. Respecto a los sistemas tradicionales de riego superficial por gravedad, los modernos sistemas de riego mejoran en mucho la eficiencia técnica, pero son costosos tanto en su implantación como en su operación, y de todos modos siempre hay una pérdida de agua; no obstante, en estos casos el agua alcanza una mayor valoración como bien económico, lo que obliga a los usuarios a cuidarla más.

Por estas razones, cuando hay problemas de escasez, lo usual es que sea el sector agrícola el que primero sufre las consecuencias; diríase que es el primer sector al que se puede recortar su asignación. Esto lleva a restricciones que se traducen en disminución de superficies, de láminas o de ambos, a cambios de cultivos por los que requieran menor cantidad de agua o de menor ciclo vegetativo, o los que tengan mayor valor comercial, o los que tengan más beneficio social, como la generación de empleos directos e indirectos. El Comité Hidráulico de cada distrito de riego, como máximo órgano de gestión del sistema debe acatar la proporción de déficit que haya resultado de este balance y con ello proceder a sus programas de uso del agua.

De manera semejante, los demás sectores también tendrán una reducción en sus asignaciones de volúmenes, absorbiendo una parte del déficit, que como se ha argumentado, deberá estar de acuerdo a su vulnerabilidad, a la elasticidad en su demanda y a las opciones o alternativas que tenga para cumplir con sus metas.

Así, el sector industrial, quizá el menos afectado en estas condiciones, tendrá que buscar opciones novedosas que le permitan mantener sus estándares de producción y calidad. El reciclado, el reuso y alternativas semejantes que incrementen la eficiencia de uso del agua serán casi obligadas para resistir los embates del fenómeno de la sequía. En este sector, dependiendo de que haga un uso consuntivo del agua o sólo sea para procesos que no la consuman (enfriamiento, generación de energía, por ejemplo) , las opciones aumentan y con ello las posibilidades de mitigar el impacto también.

Una ventaja relativa de este sector es que, proporcionalmente, es el que usa menos agua y en gran parte por lo general proviene del subsuelo, de manera que tiene mayor garantía de su disponibilidad, aunque también es usual que su costo sea mayor. En este sentido, es posible que la industria incluso hasta se vea beneficiada, pues tiene capacidad para obtener más agua vía compra de derechos o por el mercado del agua, en forma temporal, ya que la inversión en instalaciones, maquinaria, equipo, y los compromisos de producción sirven como estímulo para hacer lo que sea necesario con tal de tener continuidad. Esto ha sucedido, por ejemplo, en la Región Lagunera, donde a pesar de la cada vez más frecuente falta de agua, que ha hecho mínima la agricultura, la industria ha prosperado significativamente, en especial la industria maquiladora, con altos índices de productividad y eficiencia.

La agroindustria, de lácteos, conservas, ganadería de alto rendimiento, también ha tenido fuertes repuntes aun en casos de escasez de agua, porque el alto valor agregado de sus productos permite hacerse de más volúmenes y usarlos con mayor eficiencia.

El sector ganadero, en especial la ganadería extensiva, también se ve fuertemente afectada por la falta de agua, ya que al disminuir las praderas naturales, surgen problemas de pérdida de peso de los animales, muerte por sed o deshidratación y en general se tienen fuertes mermas en cantidad y calidad; la afectación puede ser de tal magnitud, como ha ocurrido en Chihuahua y en el norte de México en general, que las pérdidas son cuantiosas y se requerirá de largo tiempo y grandes inversiones para lograr la recuperación (Castillo Ríos, 2001). Éste es un sector que debería tener más prioridad, digamos después del doméstico urbano, por el riesgo de pérdida que implica. Proveer al ganado del agua y alimento mínimo necesario para su supervivencia, por ejemplo en condiciones de estabulación o de concentración en áreas compactas significa que parte de los volúmenes castigados al sector agrícola se destinen a salvar al ganadero. Para que esto tenga efectos positivos, aún en condiciones normales de disponibilidad, la carga de ganado debe ser acorde a la capacidad de sostenimiento; es decir, el sector no puede crecer indiscriminadamente, para que en situaciones de crisis sobreviva a costa de otros sectores.

Otra opción de ayuda en estos casos es la exportación hacia áreas menos afectadas de los animales en pié, o bien directamente a los mercados consumidores, antes de que las pérdidas sean mayúsculas. En cualquier caso, el sector ganadero también debe absorber su parte del déficit y propiciar los cambios y estrategias para su continuidad.

Como se ha mencionado, el sector ambiental es probablemente y casi en la mayoría de los casos, el que resulta más afectado, ya que según aumente la gravedad de la insuficiencia, puede llegar a tener asignación nula y absorber el máximo déficit, antes que los demás sectores. Esto es comprensible pero no necesariamente aceptable, pues preservar las condiciones naturales de flora y fauna tiene su importancia en términos ecológicos y paisajísticos. Si estos factores se alteran más allá de cierto nivel, se corre el riesgo de la desaparición de especies y de cambios drásticos e irreversibles en el entorno natural. Para ello, la observancia y aplicación de las leyes vigentes será de especial importancia, y en ello los grupos ecológicos y las asociaciones no gubernamentales deben jugar un papel preponderante y hacer valer el derecho que asiste al sector ambiental como medio y sostén de todo el entorno.

Así, esta primera parte del proceso de distribución del déficit involucra la participación de instituciones y representantes sectoriales de primer nivel. Por tanto, la asignación de volúmenes se hace *en bloque*, es decir, en cantidades volumétricas tales que su distribución en el tiempo, de las fuentes de abastecimiento, esté plasmada en un programa de extracciones, tanto mejor en cuanto sean cantidades óptimas, y así se tendrá una política de operación del embalse o acuífero o ambos, según sea el caso. Como se ha mencionado, no debe perderse de vista al futuro de mediano plazo, ya que el riesgo de que la insuficiencia o carencia real se prolongue puede ser elevado.

Se insiste en que estas asignaciones de volúmenes disponibles y de déficit se hagan considerando las necesidades y disponibilidades de toda la cuenca, para obtener un balance más realista y con ello que las posibilidades de mitigación sean más factibles.

Esto es especialmente importante de tener presente, si, como indican ciertos estudios y autores (Martínez Austria, 2001, por ejemplo), las evidencias en las tendencias hidrológicas y ambientales más actuales, revelan que en un futuro cercano, México podría enfrentar un estrés hídrico muy alto en las cuencas de los ríos Colorado, Bravo y Lerma-Balsas, así como en la Península de Baja California, el Valle de México y en la Región Lagunera; tan alarmante es este pronóstico que se estima que las condiciones podrían ser semejantes a las imperantes últimamente en el norte de África y en el Medio Oriente. El estrés hídrico se estima como la relación entre las extracciones y la capacidad total de las fuentes renovables en una cuenca determinada, y es muy alto si se usa el 80% de los recursos disponibles, lo cual aumenta significativamente la vulnerabilidad del área y pone en serio riesgo de colapso la infraestructura física y la estabilidad social y económica.

Aún cuando es un hecho que en situaciones de estrés, disponer de agua subterránea significa un valioso alivio -"el agua subterránea continúa siendo la más efectiva respuesta unitaria contra la sequía" (Brumbaugh *et al.*, 1994, citado por Sumpsi *et al.*, 1998)-, no debe perderse de vista que los acuíferos son una fuente no renovable a corto plazo, y que su uso masivo conduce inexorablemente a situaciones de mayor riesgo. Con frecuencia, aunque momentáneamente esta agua es la solución al problema, una realidad dolorosamente triste a un futuro inmediato o medio, es que el uso de las aguas subterráneas sin la suficiente planeación sólo conduce a agravar los problemas de disponibilidad, tanto por cantidad como por costo y calidad. (Moore *et al.*, 1995). Las técnicas de recarga artificial, aunque bien estudiadas y perfectamente viables, en general se vuelven tan lejanas y poco factibles, que los acuíferos están sufriendo un progresivo deterioro al que no se avizoran remedios prácticos que les devuelvan sus características de origen, y parecen estar condenados a su degradación total.

Las experiencias y estudios en México en este tema muestran la capacidad técnica para lograr mitigar el deterioro del agua subterránea vía la recarga artificial (IMTA, 1997; Gutiérrez Ojeda, 1996), pero la realidad de los hechos es que poco se ha logrado en este sentido, principalmente en los acuíferos de las zonas áridas y semiáridas, donde los niveles muestran un franco y acelerado descenso, que la recarga artificial poco ha podido contener (IMTA, 2000; IMTA, 2000a).

Efectivamente, en zonas áridas y semiáridas, como el desierto chihuahuense, con una carestía crónica de agua (que es diferente a la sequía), los acuíferos se convierten en una importante fuente de agua, y a veces en la única. Por sus características, los acuíferos son una fuente de agua "segura", en el sentido de que, a corto plazo, están menos sujetos a las variaciones que sufren las aguas superficiales.

Estos acuíferos, como todos los de zonas similares, tienen un enorme tiempo de formación, usualmente de siglos, debido a la tasa de agua disponible para alimentarlos, proveniente de la lluvia que es escasa, y en gran medida, su formación no es *in situ*, sino que provienen del flujo subterráneo del agua que llovió y se infiltró en otras partes, generalmente en las zonas altas y montañosas. Las precipitaciones, en un ambiente tan "sediento" tienden a evaporarse y regresar a la atmósfera rápidamente, y lo que penetra en el suelo se somete a tales fuerzas de capilaridad en las capas superficiales que a fin de cuentas, es sólo una mínima proporción lo que queda disponible para llegar a las capas profundas donde está el acuífero (Gutiérrez Ojeda, 1996). Por otro lado, y dependiendo de las características del subsuelo, las distancias verticales a recorrer son tales (en acuíferos no explotados en los mejores casos no menores de 10 metros; en los más explotados, superiores a 100

metros) y las velocidades de movimiento del agua son tan lentas que toma mucho tiempo su flujo en distancias relativamente pequeñas; aún tratándose de flujo vertical hacia abajo, los intersticios entre partículas del suelo hacen que domine el flujo en medios porosos, de propiedades diferentes a aquel flujo sólo sujeto a la gravedad.

Más aún, cuando las lluvias llegan a ser superiores a lo normal, a pesar de la sequedad del suelo, éste es incapaz de retener el agua, y en las tormentas que se llegan a presentar, en cuestión de minutos e llegan a formar ríos y arroyos que fluyen rápidamente, sin dar tiempo a la filtración profunda; todavía más, se vuelven destructivas por la erosión que causan y el arrastre de sedimentos que perjudica las obras y asentamientos aguas abajo, amén de su peligrosidad por los elevados gastos instantáneos y la impreparación de la población para enfrentarlos, donde influyen tanto las medidas estructurales (puentes, alcantarillas, desagües, bordos, etcétera) como las no estructurales (planes de contingencia para actuar con oportunidad). Casos extremos y no raros son los que acaban de ocurrir con el huracán *Juliette* en Baja California Sur y Sonora, donde a pesar de la aridez de la región, las intensas lluvias ocasionan fuertes daños de todo tipo; obviamente también tienen su lado bueno, como es generar aportaciones a los embalses, pero lo más espectacular y momentáneo son los graves, cuantiosos y costosos daños.

Todo esto remarca la idea de que en esas zonas áridas y semiáridas, los llevados y traídos planes de recarga de acuíferos son poco menos que utopías: los volúmenes disponibles, el tiempo necesario para la filtración, la profundidad de los niveles subterráneos, factores necesarios para propiciar la recarga artificial, se contraponen a la apremiante necesidad de los volúmenes para fines más "prácticos", inmediatos y productivos (IMTA, 2000a).

En los casos como Delicias, de acuerdo con CNA (1997), el acuífero regional está "en equilibrio" aparente, es decir, lo que se extrae es aproximadamente lo mismo que ingresa; sin embargo, en los periodos altamente deficitarios en lluvias, como el presente, cuando las aportaciones superficiales son menores, la única fuente alterna es el acuífero, y se echa mano de él a pesar de todas las prohibiciones, reglamentos y planes en contra: la única limitante son los recursos de los *usuarios*, en cuanto a equipo disponible, costo de energía y presupuesto.

¿Cómo convencer y frenar a un usuario que teniendo los recursos para ello, ve disminuir o morir sus plantaciones o animales, de los cuales vive? ¿qué ley o reglamento será capaz de disuadirlo de no sobre explotar el acuífero con miras al futuro? Al usuario le interesa el HOY, y ya después se verá qué se hace y qué pasa.

En este sentido, en la generalidad de los casos y en las condiciones actuales, la recarga artificial de los acuíferos es un objetivo distante y difuso. Por ello, lo más conveniente para conservar, mantener o preservar un acuífero, es disminuir o impedir la extracción, y dejar que la naturaleza haga lo suyo, es decir, que se dé la recarga natural (Moore *et al.*, 1998; Gutiérrez Ojeda, 1996); después de todo, una formación natural que llevó siglos es poco probable que artificialmente se recupere en unos pocos años o meses. Además, frecuentemente sucede que si se ahorra 1 unidad de agua y se destina a la recarga, en poco tiempo después se extraen 2 o 3, argumentando que ya se había "guardado".

Indiscutiblemente, al formarse el cuerpo de agua que es un embalse, existe alguna componente o conexión del agua superficial retenida que eventualmente llegue al acuífero, pero ello se toma su tiempo; esta relación no es una dependencia, en el sentido estricto del término, ya que el acuífero tiene siglos de existencia, *ya formado*, mientras que los embalses son mucho más recientes (Moore *et al.*, 1995). Lo que sí ocurre es que las aguas de gravedad aplicadas en la zona de riego, tienen una componente más allá de lo que es estrictamente el uso consuntivo (UC) de las plantas, y que corresponde a la diferencia de la lámina neta con el UC; esta diferencia se pierde por evaporación, coleos, encharcamientos, y además, una porción importante que se filtra más allá de las capas superficiales.

Frecuentemente, a este fenómeno de asocian los problemas de salinidad y drenaje, lo cual es un indicador de que, antes de llegar al acuífero, se manifiesta de esta forma. Eventualmente, una parte llegará al acuífero, pero es tan lento el avance, que en términos reales no se manifiesta; por eso, los niveles estáticos y dinámicos del acuífero no disminuyen o lo hacen muy someramente, aunque de acuerdo con las investigaciones disponibles (IMTA, 1997), estas variaciones se deben más al flujo lateral, a las aportaciones del propio acuífero en zonas vecinas al bombeo, que a las aportaciones verticales en la zona de riego.

Por otro lado, estas aparentes recargas inducidas al acuífero van tan cargadas de desechos contaminantes, principalmente por agroquímicos, que su calidad deja mucho que desear; por tanto, cabe preguntarse qué tan conveniente es tener un acuífero con abundante agua si ésta no cumple las normas de uso. Esto conduce a afirmar que la contaminación también es una forma de escasez. Por cualquier tipo de contaminación, el agua se vuelve o se puede volver inutilizable, dependiendo del uso a que se destine. Desde luego, la contaminación es relativa, porque así como las aguas de retorno y drenaje agrícola y urbano producen una excelente maleza y que muchas plantas cultivadas alcancen notables desarrollos fisiológicos, también es bien sabido el riesgo de consumir esas aguas por los humanos.

¿Cuándo se pueden hacer recargas artificiales al acuífero? La respuesta lógica es: cuando haya agua disponible, pero como esto rara vez sucede en las zonas áridas y semiáridas, la situación se vuelve un auténtico círculo vicioso, cuya ruptura es más probable cuando ya no haya agua disponible en términos económicos o de calidad que la hagan utilizable (Moore *et al.*, 1998).

En México, algunos de los estudios serios que se han hecho en este tema concluyen que la recarga artificial dista mucho de devolver a los acuíferos sus condiciones originales, y que, por tanto, no es la solución; quizá, en el mejor de los casos, sólo parte mínima de la solución (IMTA, 2000; IMTA, 2000a). De acuerdo con esta argumentación, es comprensible que la mejor manera de lograr la sustentabilidad de los acuíferos, particularmente en las zonas más vulnerables, es restringir su explotación a tasas menores a la recarga natural, y para ello se requieren estudios detallados, costosos y tardados; por otra parte, el carácter "invisible" de esta agua dificulta el proceso, lo que frecuentemente lleva a sobre evaluaciones de la potencialidad del recurso.

La segunda parte en el proceso de asignación de volúmenes disponibles corresponde a cada uso o sector, hacia sus propios usuarios. Probablemente esta es la parte más conflictiva y difícil, ya que es en la que se asigna a cada usuario, qué parte de la demanda regular dejará de suministrarse,

y en consecuencia los efectos que ello tendrá en la economía directa de los usuarios, es decir, en sus ingresos derivados de la actividad que tiene al agua como insumo.

Los sectores de bajo consumo relativo, al menos en las primeras etapas de la sequía, en general tienen pocas restricciones, y hasta es posible que el fenómeno no tenga consecuencias importantes en ellos, pues disponen de las cantidades que suplen sus necesidades. En este sentido, para estos sectores la sequía es muy relativa, y frecuentemente no hay una percepción real de la dimensión del problema. Sólo en las fases avanzadas de la insuficiencia es cuando se presentan los problemas e inicia la fase de preocupación, pero, generalmente por los bajos volúmenes y un mayor poder de adquisición de derechos o de otras alternativas para disponer del recurso, los impactos disminuyen o son relativamente benignos.

En esto cada vez adquiere mayor certeza el principio de considerar al agua como un bien económico, lo que exige poder evaluar la demanda económica para los distintos usos: no se debe continuar realizando estimaciones de las necesidades futuras de agua sobre la base de determinados escenarios de crecimiento, sin tener en cuenta el valor económico del agua en los distintos sectores (Sumpsi *et al.*, 1998). Por desgracia, la atribución de un valor monetario al agua es un tópico muy complejo, ya que dicho valor depende de las características y situación del recurso: volumen, calidad, potencial energético, posibilidades de control y regulación, etc., que son elementos que varían en tiempo y espacio.

Como se ha mencionado, el sector agrícola es el que más agua demanda y usa, y el que en condiciones de insuficiencia, primero sufre el castigo. Se argumenta que este sector es quizá el menos eficiente en el uso del agua, y en ello hay cierta razón, pero debe tenerse presente que para este sector el agua sí es un recurso de consumo, es decir, sí es consuntivo. Por otro lado, aún cuando la actividad agrícola es primaria y define en gran medida el grado de desarrollo de una región o país, su alta vulnerabilidad si se asocia a falta de otras opciones de uso más eficiente del agua, conduce inexorablemente a problemas e inestabilidad cuyo impacto y costo pueden ser muy altos.

La gestión de los sistemas de riego está evolucionando rápidamente, y la participación directa y activa de los propios usuarios le está confiriendo al agua características de bien social que antes no eran comunes: su valor económico y de mercado, las opciones de transferirla y utilizarla en los usos que se consideren más eficientes o utilitarios, y todas las demás variantes que están tomando auge para conferir el verdadero costo de oportunidad que adquiere mayor valor en la medida en que es más escaso; de esta forma, mientras más restricciones y más déficit existe, el valor del agua se incrementa, y no sólo económico (Palerm Viqueira, 2001). A su vez, esto propicia que la gestión mejore y evolucionen las formas y criterios de uso y manejo, incluidas las opciones de mejora tecnológica.

En otras palabras, ante una condición de insuficiencia, si no se hacen cambios profundos en la gestión del agua, la viabilidad de desarrollo sustentable estará seriamente comprometida. Tanto para lograr una visión global del agua, como a nivel regional o de cuenca hidrológica y, por supuesto también a nivel sectorial, son necesarias cinco condiciones mínimas y básicas por cumplir (Martínez Austria, 2001):

- involucrar a todos los actores interesados en la toma de decisiones
- avanzar hacia el pago del costo total de los servicios

- incrementar el gasto en ciencia e innovación para el agua
- cooperación en cuencas internacionales o compartidas
- incremento masivo de la inversión en agua.

Estos principios deben conducir hacia el *pensamiento sistémico*, en el que la gestión integral del agua no sólo se entienda como el aprovechamiento del recurso, sino que considere los demás factores que inciden en el proceso, como son los ambientales, sociales, legales, de medio ambiente, etc., y aún más importante, que se produzca el cambio de la aceptación teórica a la adopción en la práctica. Las actuales tendencias en este sentido conducen al concepto de actualidad "conservación del agua", referido a las actividades que tienden a reducir la demanda de agua y mejorar la eficiencia en su uso.

La asignación del déficit en el sector agrícola es clara y justificable en apariencia al considerar las inversiones y subsidios al sector, y que la eficiencia técnica de uso del recurso es frecuentemente muy baja, ya que en muchas veces no supera el 50%. En estos casos, la solución a los problemas de escasez no consisten en incrementar los volúmenes suministrados a los usuarios -de agua que no se tiene-, sino en facilitar la mejora tecnológica del riego. Cuando esto se consigue, en la medida en que se pueda ahorrar agua destinada al riego -mediante un consumo más racional o a través de la adecuación de los cultivos, por ejemplo-, los impactos de la insuficiencia serán menores y además, no necesariamente se reducirán las superficies cultivadas.

No obstante, mejorar tecnológicamente el uso del agua en el riego tiene un costo económico frecuentemente alto, que cuando los usuarios no pueden sufragar, el agua no adquiere su valor de oportunidad. Por ello, una de las estrategias más viables, quizá la más efectiva para inducir la conservación del agua, es la actualización periódica tarifaria a niveles de valor real, y en complemento con esto, la dotación a los usuarios finales mediante un esquema de volumen por año, en lugar de los todavía tradicionales cobros por superficie independiente del cultivo y del volumen. La facturación del agua por volumen consumido tiende a reflejar no sólo el costo real del agua por suministro, sino también los adicionales como el costo de depuración de los efluentes, y el resultado es obvio y lógico: el ahorro del agua se traduce en una reducción de los costos a pagar. Dicho en otros términos, la necesidad (escasez) ha sido el principal motor del desarrollo de técnicas ahorradoras.

En México, la administración transferida de los distritos de riego (DR) a los usuarios bajo determinados esquemas de organización, contempla que los DR reciban el agua también en bloque: volúmenes definidos en un periodo definido -usualmente por ciclo agrícola-, y en lugares estratégicos, los llamados *puntos de control*. Aquí, el más alto nivel de organización de los usuarios -la SRL cuando existe, o bien la AU, en DR pequeños- recibe los volúmenes y gastos programados que corresponden a su dotación en ese periodo.

Un aspecto que debe tenerse presente tanto en la planeación como en el proceso de asignación y desde luego en la operación de los sistemas de riego, es que la función de demanda, además de inestable en el tiempo, es estacional, y la intensidad de esta estacionalidad depende en mucho de factores aleatorios, entre ellos los meteorológicos. (Sumpsi *et al.*, 1998).

Los volúmenes asignados a los DR dentro de una cuenca o sistema hidrológico, en periodos de escasez llevan implícita la demanda no suministrada, es decir el déficit. A su vez, estos volúmenes disponibles en las fuentes de abastecimiento (embalses y/o acuíferos), deben asignarse y distribuirse a los usuarios organizados. Usualmente, la distribución global del agua disponible es en base a la superficie a beneficiar, considerando láminas históricas promedio: volumen disponible entre lámina bruta media da una superficie global, que es una primera aproximación de cuánta superficie se puede beneficiar.

Desde luego, es preciso tener presente que el trayecto del agua desde la fuente de abastecimiento -el embalse-, hasta los puntos de control donde recibe la SRL existen pérdidas, y una proporción de las mismas son intrínsecas e inevitables, lo que disminuye los volúmenes que la SRL tendrá disponibles para distribuir en el siguiente nivel operativo.

El control y manejo de las pérdidas en este nivel contribuye a que las láminas brutas disminuyan, y con ello a que la superficie pueda aumentar. Tal y como se esboza en al apartado 7.2 de este trabajo, en condiciones de escasez no es fácil suplir las láminas (brutas o netas) promedio registradas, sino que, a fin de que la superficie no resulte tan reducida, lo que más comúnmente se hace es reducir las láminas.

En el último nivel administrativo de la asignación y distribución del agua y del déficit, las AU o módulos reciben el agua también en bloque de la SRL y lo distribuyen a los usuarios. En esta fase también hay las correspondientes pérdidas, conocidas como de "red menor", que inciden en los volúmenes que finalmente llegan al usuario.

Un aspecto importante a considerar en el nivel del agricultor común de riego es que, en la manera tradicional de regar, es usual encontrar la idea -y la práctica- entre los usuarios de que un cultivo, cuando se riega por gravedad, no está bien regado hasta que el terreno está inundado. Desde el punto de vista de la moderna ingeniería de riego, esto es una exageración, pues lo que sucede es que se está aplicando agua en exceso, lo cual, frecuentemente no sólo no beneficia a las plantas, sino que disminuye sus rendimientos, y tiene efectos colaterales como problemas de drenaje y de salinidad en el suelo, y, en las mencionadas situaciones de escasez, ello simplemente significa agua desperdiciada.

Por ello, disminuir las láminas netas no necesariamente significa castigar al cultivo, ya que éste necesita una cantidad menor de agua, lo que es el *uso consuntivo de la planta*, que usualmente es significativamente menor que la lámina neta. Desde luego, en el riego por gravedad esto no es tarea fácil, pues el agua se aplica y moja más del área de raíces; además son frecuentes las condiciones de nivelación deficiente, pendientes excesivas o menores a las necesarias, y otras que implican que la eficiencia sea baja. Éstas láminas netas son menores y más cercanas a los usos consuntivos en la medida en que el riego es tecnológicamente mejor: aspersión, goteo, hidroponía. Pero, a la vez, esto requiere inversión, tanto estructural en equipo como no estructural en el cambio de mentalidad y en la visión del sentido económico de la actividad agrícola y el valor del agua. Por esto se dice con validez que la escasez, entre uno de los pocos aspectos positivos que tiene, es impulsar el cambio tecnológico.

Así entonces, del agua disponible y asignada al sector agrícola, desde que sale de la fuente de abastecimiento hasta que llega al usuario final sufre una serie de pérdidas que frecuentemente son muy significativas -entre 20 y 35%- y que se deben tomar en cuenta al calcular las láminas y superficies efectivas de riego. A nivel de parcela, las pérdidas por sobre riego, que dependen básicamente del nivel tecnológico del usuario, también pueden ser muy importantes, entre 20 y 40% del agua recibida, de manera que en el recuento total, es sólo una fracción, a veces menor que la mitad, el agua que realmente se aprovecha.

Estos son factores que deben tomarse en consideración, pues cualquier mejora en la eficiencia significa importantes volúmenes recuperables que, en la medida en que las condiciones se hacen más críticas, adquieren un mayor valor.

Mejorar la eficiencia en el uso del agua a nivel parcelario, además de las medidas estructurales a través de técnicas modernas como el riego a presión, también tiene una componente *científica*: mejorar la gestión interna buscando las opciones más convenientes para obtener el máximo beneficio, ya sea por implantar los cultivos más convenientes a las condiciones presentes, por aplicar sólo el agua necesaria, por reducir o combinar superficies, y, en fin por las diversas opciones que se puedan tener para maximizar el ingreso económico. En este sentido Aguilar y García (1995), y Krinner (1995), mencionan y proponen técnicas de optimización del uso del agua que permiten calcular las mejores opciones para tal propósito. No obstante, los bajos costos del agua explican porqué muchos usuarios no invierten en mejoras de la eficiencia del uso del agua.

Ya sea a nivel de DR o de módulos, la asignación final al usuario debe hacerse con los mencionados criterios de equidad, eficiencia y justicia social (Capítulo 7). Esto significa usar métodos como el de la curva de usuarios, que provee una base común, expresable en superficie o volumen, con la que todos los usuarios tengan al menos, la misma oportunidad del acceso al servicio en las mismas condiciones; con esto se cumple la equidad y la justicia social.

La actual tendencia a cobrar el servicio de riego en forma volumétrica es probablemente la mejor opción, y cuando a todos los usuarios de riego se aplica la misma dotación, entonces todos pagarán la misma cantidad por el mismo volumen; lo limitado de éste es lo que impele a los usuarios a hacer un mejor uso o a obtener el mayor beneficio. Ello puede traducirse en la mejora tecnológica y/o en las opciones económicas de mercado.

La eficiencia dependerá, como se ha dicho, del nivel tecnológico del usuario. En las ocasiones en que sobre esta base de dotación volumétrica los volúmenes son tan bajos que resultan poco atractivos para individualmente usarlos en el riego, es cuando, por el alto valor que adquiere el recurso, surge y toma auge la economía del agua, a través de diversas variantes (Sumpsi *et al.*, 1998):

- *mercados corrientes o de alquiler*: que implican una venta de agua, en caudal o volumen, por un tiempo determinado: meses, ciclo, año agrícola; son los llamados *mercados de aguas*.

- *mercado de derechos*: en los que la propiedad del agua se transfiere como si fueran propiedades sobre bienes raíces o acciones de sociedades limitadas.

- *mercados de opciones*: con los que se transfiere la opción de usar el agua durante determinado tiempo, y el que adquiere el derecho no está obligado a ejercerlo pero sí a cubrir el importe pactado al vendedor.

- *acuerdos de transferencia temporal de agua a cambio de inversiones en equipo y/o mejoras*: por el uso del agua, el adquiriente acepta invertir en el patrimonio del vendedor, a cambio de adquirir el derecho a apropiarse los volúmenes ahorrados debido a las mejoras.

No debe confundirse mercado de aguas con mercado de derechos: en el primero lo que se intercambia es el acceso temporal al recurso, mientras que en el segundo se transfiere la propiedad completa del agua.

En referencia a los mercados de agua desarrollados por efecto de la ley de oferta y demanda y con sustento legal, pueden identificarse cinco formas organizativas:

- *subastas de agua*, básicamente para negociar sobrantes de la dotación al mejor postor.
- *bancos de agua*, similares a los mercados de bienes raíces, en los que existen intermediarios o corredores que, mediante el pago de comisiones, hacen las operaciones de compra-venta los volúmenes de agua, en representación de vendedores y compradores.
- *pactos de compra-venta de volúmenes mediante redes digitales de comunicación*, en desarrollo en comunidades de regantes tecnológicamente avanzadas, que a través de internet hacen las transacciones mercantiles (Olmstead *et al.*, 1997, citado por Sumpsi *et al.*, 1998).
- *centros públicos de contratación o creados en el seno de los organismos públicos en materia de agua*. Usualmente en México esto tiende a ser más común dentro de las SRL y las AU, que actúan como organismos reguladores, de tal suerte que los volúmenes asignados a cada parte no se transfieran espacialmente a áreas ajenas o externas, para salvaguardar la dotación asignada y sostener la eficiencia con la que se maneja el sistema hidráulico.
- *transmisión de derechos sobre el agua a cambio* de la realización de obras hidráulicas o de mejora de las instalaciones por parte del adquiriente, y el vendedor acuerda con el adquiriente ceder temporal o permanentemente una parte de su volumen.

En los lugares donde funcionan o es factible que funcione el mercado de aguas, el sector agrícola es el usuario mayoritario; las cantidades demandadas por otros sectores son sólo una fracción del sector agrícola, y por ende las transacciones tienen un costo relativamente bajo para ambos actores, vendedor y comprador.

Los mercados de agua tienen ciertas ventajas, entre las cuales se pueden mencionar:

- son una eficiente alternativa para evitar la construcción de costosas obras hidráulicas cuyo uso sería sólo en temporadas de escasez
- pueden ser una buena alternativa estratégica para que, en base al ahorro de agua por su valor real, los organismos públicos responsables del manejo y administración de las cuencas obtengan recursos hídricos que se destinen a fines ecológicos y ambientales, a bajo costo, por ejemplo, para destinarlos a la recarga de los acuíferos.

- promueven el desarrollo de los cultivos más intensivos y productivos en detrimento de los extensivos y de baja rentabilidad, y contribuyen así al mayor valor de la producción y a la generación de empleos relacionados con la agricultura.
- impulsan la modernización de las zonas de riego, ya que los usuarios pueden financiar las inversiones en modernizar sus riegos con los ingresos de la venta de agua.
- permiten adaptar la gestión del agua a la evolución de las sociedades donde el peso del sector agrícola pierde fuerza en favor de los usos no agrícolas.

No obstante esto, existen algunas desventajas que es preciso tener en mente:

- autorizar sin restricciones que los usuarios transmitan y comercien con sus derechos de agua a otros usuarios o sectores, puede producir impactos negativos en las economías rurales de origen, y el riesgo de perder el control en la gestión.
- la idiosincrasia predominante puede enturbiar la imagen de los usuarios que trafican con sus derechos, y poner en tela de juicio la transparencia de la cesión interesada de recursos vitales para la comunidad.
- si la reglamentación y normas legales no son firmes, la seguridad y protección para los pequeños titulares de los derechos son laxas y hay el riesgo del monopolio, con la imposición de condiciones transaccionales poco equitativas para los usuarios de origen.
- las transacciones fuera del sector que no cumplan con el pago de las obligaciones económicas derivadas del empleo original del agua son un riesgo para la viabilidad técnica y económica de la AU cedente, incrementando los costos de gestión y alterando el equilibrio financiero.

La inseguridad en la lluvia y por ende en la garantía de suministro de volúmenes que satisfagan la demanda del uso agrícola principalmente y de los demás sectores en general, y las grandes variaciones físicas, demográficas, estructurales y socio-económicas de las diversas regiones y cuencas, hacen imposible formular un plan general de gestión de los recursos que contemple todos los casos. Por ello se dice que un plan para enfrentar la sequía es como un traje a la medida, y más aún puede agregarse que debe ser un traje a la medida y para cada ocasión, es decir, un solo plan es insuficiente para cubrir todas las fases de la escasez. Por ello, el plan debe ser lo suficientemente flexible para que sea adaptable a las diversas situaciones que progresivamente se pueden presentar en una misma cuenca o región.

Por esa razón, en este trabajo sólo se pretende dar lineamientos y criterios generales que deben considerarse en la concepción y elaboración del plan, pero los detalles, tiempos, cantidades y demás precisiones deben ser específicos para cada caso.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sequía es un fenómeno natural inevitable, impredecible, progresivo y frecuentemente catastrófico. Sus causas son complejas y no del todo definidas, que se manifiestan en la alteración de los patrones de circulación atmosférica, tanto por el propio comportamiento natural como probablemente por la influencia del hombre. Ocurre o puede ocurrir en cualquier lugar y en cualquier tiempo. La mejor forma de afrontar su ataque es mediante la previsión, y los principales elementos para lograrlo son dos: agua y dinero.

Un Plan de Preparación para Afrontar las Sequías es una estrategia integral de interacciones coordinadas, que tiene como objetivo mitigar el impacto a través de ejecutar los procedimientos adecuados que tiendan a mejorar el uso del agua. Para ello, es esencial establecer prioridades y asignar volumen y déficit de agua con base en criterios de igualdad, equidad y eficiencia, así como impulsar la participación de toda la sociedad en asumir la parte de responsabilidad que le compete. Asume y hace énfasis tanto en las medidas estructurales como las no estructurales, en una combinación apropiada para que con las segundas, en complemento con las primeras, se alcance el objetivo de lograr una apropiada gestión integral del agua, como la única medida exitosa para afrontar el fenómeno de la sequía.

La sequía meteorológica es convenientemente parametrizada a través del SPI, índice adimensional que, únicamente en función de la lluvia mensual, permite visualizar su comportamiento a diversas escalas de tiempo, y en el espacio como planos de isovalores.

La sequía hidrológica se analiza a través de los valores de escurrimiento, comparándolos con un nivel de referencia artificial, que en el caso de las presas, viene siendo la extracción media anual. Ello permite, para cada embalse, cuantificar los parámetros básicos de cada periodo de sequía: severidad, magnitud y duración. La extensión no se cuantifica en este estudio pero usualmente, el fenómeno abarca grandes regiones, cuencas completas.

En esta investigación se hace el análisis para la zona de riego del distrito de Delicias, que tiene como fuentes principales de suministro a los ríos Conchos y San Pedro, cuyos escurrimientos se captan en las presas La Boquilla y Madero, respectivamente. El acuífero local también contribuye en el suministro, pero por ser uno de los pocos que no están sobre explotados, su uso debe limitarse a complementar al agua superficial, así como de reserva para suplir necesidades futuras de usos más prioritarios. Para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles en la región, es recomendable formular y aplicar una operación conjunta de las aguas superficiales y subterráneas, restringiendo el agua del acuífero para garantizar su permanencia.

Para este distrito, se analizan los escurrimientos, las extracciones, los niveles de referencia, y se obtienen políticas de operación óptimas mediante programación lineal, con dos enfoques y criterios diferentes: uno considerando lo ya ocurrido en las aportaciones del último periodo, y otro considerando el pronóstico del comportamiento hidrológico para el periodo que inicia. Con ello se forma una gama de posibilidades de entre las cuales se puede eligir la más conveniente según los demás factores del principal uso del agua, que es la agricultura. Destaca en este aspecto, la distinción de los años hidrológicamente secos, medios y húmedos, por una parte, así como lo esperado en términos de un periodo sin sequía, con sequía incipiente a moderada, o bien con sequía severa a catastrófica. En la realidad, los tiempos y proporciones de la extracción del agua de las presas están

en función del agua disponible, que a su vez refleja las condiciones últimas de escurrimiento, y, por otro lado, también entra en juego el comportamiento natural esperado. Ello es parte del riesgo que se esté dispuesto a correr.

También se anotan criterios de prioridad en el uso del recurso, en la asignación de los volúmenes disponibles y del déficit, y de algunos aspectos específicos del Plan, referidos a los volúmenes en las presas al inicio del ciclo: qué es lo más conveniente según la fase de la sequía y sus correspondientes efectos en términos de las superficies a sembrar y tipo de cultivo. También se mencionan algunas acciones propuestas para la atención de la población en general y especialmente de los núcleos urbanos, a través de las Juntas Municipales de Agua y Saneamiento.

Se recomienda la conformación del Grupo Técnico Directivo, como máximo órgano del Plan, que debe reunir representantes de los diversos sectores, dependencias de los tres niveles de gobierno y grupos de usuarios del agua, con el fin de integrar un equipo humano con capacidad para dar respuesta viable, oportuna y adecuada a las diversas necesidades producto de la emergencia. En esto, las labores de seguimiento, evaluación y pronóstico son claves para que el análisis y la estrategia a seguir sean exitosas.

Es conveniente que haya al menos un representante de los medios de comunicación, y todos los integrantes del grupo deben tener asignadas responsabilidades definidas. El grupo, cuya presidencia debe ejercer el Gerente Regional de CNA, debe definir objetivos, alcances, medios requeridos y coordinación entre sus componentes, a fin de que los análisis, estrategias, acciones de respuesta y evaluación antes, durante y después de la presencia del fenómeno, se traduzcan en resultados efectivos para mitigar los impactos. Este grupo debe apoyar y proveer de elementos que, en su caso, permitan formular la declaratoria de zona de desastre, y con ello disponer oportunamente de los fondos necesarios que permitan auxiliar a la población y a los sectores más vulnerables.

La recurrencia y persistencia de la sequía en la región impulsa la recomendación y necesidad de contar con un *Plan* convenientemente estructurado y funcional, en donde la participación social sea relevante, y que al ponerse en práctica contribuya a mitigar los impactos del fenómeno, atendiendo los aspectos de pronóstico, seguimiento y evaluación, procesos parciales indispensables que debidamente coordinados permitan analizar la situación y tomar con oportunidad las medidas preventivas y correctivas más apropiadas.

Las nuevas estrategias y mecanismos de gestión que surgen en torno a la compleja problemática del agua, como son los *mercados del agua*, significan posibilidades dignas de explorarse por la potencialidad que tienen para aportar parte de las posibles soluciones requeridas. Aunque pueden ser factores decisivos en la gestión del agua, por lo mismo es necesario que estén adecuadamente regulados en términos de las leyes vigentes, y esta evolución legal debe ser, al menos, paralela al propio desarrollo del mercado, de tal suerte que se eviten anomalías, desequilibrios y complicaciones que no sólo no solucionan el problemas de la disponibilidad y valoración del agua, sino que lo hacen más complicado, estresante y de mayores impactos negativos.

Afrontar la sequía es una responsabilidad común y no solo de las dependencias oficiales. Aunque haya un organismo técnico que asuma la dirección, la participación social es crucial en lograr resultados aceptables, atendiendo los principios de igualdad, equidad y eficiencia. Prever y solucionar

los inevitables conflictos que surgen por la apropiación del agua es un factor de estabilidad social; también debe considerarse que con frecuencia, el efecto de la sequía se exagera y amplifica.

Conservar la memoria institucional de las acciones realizadas se convierte en un elemento de apoyo para mejorar la actuación futura. En este sentido, es conveniente y recomendable rescatar la filosofía, antecedentes y actuación del fugaz "Comité Agropecuario contra la Sequía" (Diario de Chihuahua, 1995), organismo integrado en agosto de 1995 para atender específicamente estas emergencias. Igualmente, el registro formal de las acciones y sus resultados para afrontar la sequía son elementos indispensables para mejorar los procedimientos que se apliquen en el futuro.

Se concluye finalmente que manejar el riesgo mediante planes y acciones previsoras siempre será mejor en costos, resultados y oportunidades, que manejar la crisis, de resultados usualmente pobres e ineficientes. En el caso del riego, siempre será mejor soportar una serie de sequías incipientes o moderadas, pero que permitan una continuidad sustentable de las actividades, a una sequía de grandes proporciones, cuyos efectos se amplifican y son más difíciles y costosos de superar.

La sequía no se puede evitar, pero sí es posible mitigar sus efectos nocivos si se hace una adecuada gestión integral del recurso, en donde la participación activa y positiva de todos los involucrados sea el común denominador. Mejorar la tecnología para un mejor uso del agua es importante, pero es insuficiente si no se tiene conciencia de su valor real. Los desperdicios de agua deben dejarse atrás, en el pasado, y la nueva cultura del agua, expresada como adecuar la demanda a la oferta y darle su justo valor y dimensión, son factores indispensables para lograr tal objetivo. En complemento, sólo si esa gestión integral se hace a nivel de cuenca hidrológica tendrá sentido real y práctico, en donde las medidas no estructurales basadas y complementadas por las estructurales, adquieren todo su significado.

14 REFERENCIAS

Acosta Godínez, A. 1988. **El Niño: sus Efectos sobre el Norte de México.** *Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. XXX, Núm. 100, I Época. enero-abril. Págs. 13-23.

Aguilar Chávez, A. y N. H. García Villanueva. 1995. **Modelo de optimización en granjas considerando cultivos de secano.** *Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. X, Núm. 2, mayo-agosto. México. pp 45-51.

Akinremi, O. O., S. M. McGinn, and A. G. Barr. 1996. **Evaluation of thePalmer Drought Index on the Canadian Prairies.** Journal of Climate, 9, 897-905.

Anis, A. A. 1979. **The Linear Reservoir With Markovian Inflows.** *WRR* 15(6):1623-1627.

Ávalos Gutiérrez, C. y J. Palerm Viqueira. 2001. **Organización social y problemática del agua en la cuenca del río Cuautla, Mor.** XI Congreso Nacional de Irrigación, artículo ANEI-S50112. Guanajuato, Gto. México.

Beran, M. A., and J. A. Rodier. 1985. ***Hydrological Aspects od Droughts. A Contribution to the International Hydrological Programme.*** FAO - UNESCO - WMO. France. 149 pp.

Biswas. A. K. 1996. **Agua para el mundo en desarrollo en el siglo XXI: temas e implicaciones.** *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. 1, Núm. 3. p. 5-11.

Cabrera, Enrique. 2001. **Temas de actualidad: El precio del agua.** Universidad Politécnica de Valencia. En *www levante-emv.com/levhoy01104/opinion/8Opinion.html*

Campos Aranda, Daniel. F. 1988. **Función de distribución de probabilidades Gamma Mixta: soluciones y aplicación.** X Congreso Nacional de Hidráulica. Morelia. Mich. Vol. 2, pp 141-151.

Campos Aranda, Daniel F. 1996. **Crecientes y sequías. Eventos hidrológicos extremos.** *Ciencia y Desarrollo* 127, CONACYT. Marzo-abril. 34-41 pp.

Castillo Ríos, D. 2001. **Sequía: guía para la elaboración de planes de contingencia y Acciones específicas para enfrentar sequías.** Tubos en Concreto, revista de difusión técnica. Año 7, números 72 y 73, julio y agosto. México., págs. 2-5 y 2-6, respectivamente.

CNA. 1997. ***Programa Hidráulico de gran visión del Estado de Chihuahua.1996-2020.*** Subdirección General de Programación, Gerencia Regional Norte, Gerencia estatal en Chihuahua. 3 tomos.

CNA. 1998. **Estudio de actualización de condiciones piezométricas de la zona Delicias-Meoqui, Chihuahua.** Gerencia Estatal Chihuahua, Subgerencia Técnica. Chihuahua, Chih. Documentación interna, pp 8.

Collado, J. 1998. **Uso eficiente del agua en cuencas.** *Ingeniería Hidráulica en México*, XIII(1):27-49, enero-abril.

Coronel, Héctor y José Llanos. 1996. **Sobre el ajuste de la distribución Gamma a datos de precipitación pluvial.** *Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. XI, Núm. 1, pp. 15-20, enero-abril de 1996

Diario de Chihuahua. 1995. **"Boquilla: foco de discordia".** Artículo publicado el 19 de febrero de 1995. Chihuahua, Chih.

DR. 1999. ***Estadísticas agrícolas e hidrométricas del Distrito de Riego 05: Delicias, Chih.*** CNA, Gerencia Estatal en Chihuahua. Documentación interna. Ciudad Delicias, Chih.

DR 2000. ***Plan de riegos del ciclo agrícola 1999-2000.*** CNA, Gerencia Estatal en Chihuahua, Distrito de Riego 05: Delicias. Documentación interna.

DR. 2000a. ***Proyecto de Reglamento del Distrito de Riego 05: Delicias, Chihuahua.*** Distrito de Riego 05: Delicias, Chihuahua. Documentación interna... 53 pp.

Dracup, John A; Kil Seong Lee; and Edwin G. Paulson, Jr. 1980. **On the Definitions of Drought.** *WRR* 16(2):297-302

Dziegielewsky, B., W. R. Mee, and K. A. Larson. 1992. **Developing a long-term Drought Plan for Phoenix.** *Management and Operations, AWRA*. Vol. 84, No. 10, p. 46-51.

Edwards, Daniel C., and Thomas B. McKee. 1997. ***Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales***. Climatology Report No. 97-2. Colorado State University. Department of Atmospheric Science, Paper No. 634. 155 pp.

Eagleson, P.S. 1994. **The Evolution of Modern Hydrology (from Watershed to Continent in 30 Years**. *Advances in Water Resources* 17(1994):3-18. Elsevier Science Limited.

El Debate. 2000. **Estado de las presas.** Periódico El Debate de Culiacán. 21 de junio de 2000, página 28-A. Culiacán, Sin.

El Diario. 2000. **Presas, en su más bajo nivel.** Periódico El Diario. Cd Delicias, Chih. 12 de septiembre de 2000, página1, noticia principal. Delicias, Chih.

El Heraldo de Chihuahua. 1994. **"Campesinos desesperados ante racionamiento de agua para cultivos amenazan tomar presa Boquilla. Culpan a titular de CONAGUA y a Bejarano de saquear reservas"**. Artículo escrito por Miroslava Breach Velducea en El Heraldo de Chihuahua, el 13 de febrero de 1994.

Escalante, Carlos, y Lilia Reyes. 1998. **Identificación y análisis de sequías en la Región Hidrológica Número 10, Sinaloa**. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XIII, Núm. 2, II Época, mayo-agosto, págs. 23-43.

Estrada-Lorenzo, Federico. 1994. ***Garantía en los sistemas de explotación de los recursos hidráulicos***. Centro de Estudios y Experimentación en Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, España.

Fisher, A, D. Fullerton, N. Hatch, and P. Reinelt. 1995. **Alternatives for Managing Droughts: a Comparative Cost Analysis**. *J. Environmental Economics and Management*. No. 29. p. 304-320.

Fullen, M. A., and D. C. Mitchell. 1994. **Desertification and Reclamation in North-Central China**. *AMBIO*, Vol. XXXIII, No. 11.

GDUR. 1999. ***Almacenamientos decenales en presas de los distritos de riego***. CNA- Gerencia de distritos y Unidades de Riego. Documentación interna. México.

Gibbs, W. J. 1975. ***Drought - Its Definition, Delineation and Effects***. In WMO: Drought. Special Environmental No. 5. Lectures presented at the Twenty-six session of the WMO Executive Committe. WMO No. 403: 1-40.

Gleick, P.H. 1996. **Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs**. IWRA, Water International, 21, 83-92.

Golden Software. 1995. ***Surfer for Windows***. V5.01. Golden Software, Inc. Golden, CO, USA.

Goldman, D. 1985. ***Stochastic Analysis of Drought Phenomena***. *The Hydrologic Engineering Center Corps of Engineers*. Training document No. 25. Davis, CA., USA.

González-Villarreal, Fernando, y Héctor Garduño-Velasco. **Water Resources Planning and Management in Mexico**. *Water Resources Development*. Vol. 10, No. 3, pp. 239-255.

Griffiths, J. F. 1985. ***Climatología Aplicada***. Publicaciones Cultural, S. A. de C. V. Primera edición en español. México. 158 pp.

Guerrero-Salazar P., and V. Yevjevich. 1975. ***Analysis of Drought Characteristics by the Theory of Runs***. Colorado State University. *Hydrology Papers*. Fort Collins, Co., USA. 44 pp.

Gutiérrez Ojeda, C. 1996. ***Metodologías para estimar la recarga de acuíferos***. IMTA. Documentación Interna, Coordinación de Tecnología Hidrológica. Jiutepec. Mor. pp. 129.

Harding, B. L., Sangoyomi, and E. A. Payton. 1995. **Impacts of a Severe Sustained Drought on Colorado River Water Resources**. *Water Resources Bulletin, AWRA*. Vol. 31, No. 5, p. 815-824.

Hardy, T. B. 1995. **Assesing Enviromental Effects of Severe Sustained Drought**. *Water Resources Bulletin*, AWRA 31(5):867-875.

Hayes, M. 2000. **Drought Indices**. En *http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/indices.htm*

Henderson-Sellers, A., y K. McGuffie. 1990. ***Introducción a los modelos climáticos***. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 231 pp.

Howe, C. W.; D. R. Schurmeier; and W. D. Shaw, Jr. 1986. **Innovative Approaches to Water Allocation: The Potential for Water Markets**. *WRR* 22(4): 439-445.

Hrezo, M. S., P. G. Bridgeman, and W. R. Walker. 1995. **Managing Droughts Through Triggering Mechanisms**. *Management and Operations*. AWWA. p. 46-51.

IMTA. 2000. ***Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera, Coahuila***. Informe del proyecto TH-9916. Coordinación de Tecnología hidrológica. Jiutepec. Mor., pp. 141.

IMTA. 2000a. ***Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera (segunda etapa)***. Documentación interna, Coordinación de Tecnología Hidrológica. Jiutepec, Mor. pp. 83.

IMTA. 1997. ***Metodología para estimar la recarga de acuíferos (2ª. Etapa)***. Informe del Proyecto TH-9719. Jiutepec, Mor., pp. 101.

INEGI, 1982. **Carta hidrológica, Aguas superficiales, Chihuahua, escala 1:1,000,000**. SPP-Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Segunda reimpresión, 1982

Khalidou, M., C. Díaz, J. Llamas y H. Ramos. 1995. **Zonas semi áridas y su modelación hidrológica**. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. X, Núm. 2, II Época, mayo-agosto.

Kiros, F. G. 1991. **Economic Consecuences of Drought, Crop Failure and Famine in Ethiopia, 1973-1986**. *AMBIO*, Vol. 20, No. 5, p. 183-185.

Klemeš, C. W. 1973. ***Applications of Hydrology to Water Resources Management***. WMO - No. 356. Operational Hydrology Report No. 4. Geneve, Switzerland.

Kottegoda, N. T. 1980. ***Stochastic Water Resources Technology***. John Wiley & Sons. New York, USA. 384 pp.

Krannich, R. S., S. P. Keenan, M. S. Walker, and D. L. Hardesty. 1995. **Social Implications of Severe Sustained Drought: Case Studies in California and Colorado**. *Water Resources Bulletin, AWRA*, Vol. 31, No. 5, p. 851-865.

Krinner, Wolfgang. 1995. ***Influencia de los aspectos de organización y gestión en la eficiencia de los sistemas de riego***. CEDEX: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid, España. pp. 251.

Jinno, K., X. Zongxue, A. Kawamura, and K. Tajiri. 1995. **Risk Assesment of a Water Supply System During Drought**. *Water Resources Development*. Vol. 11, No. 2, p. 185-204.

JMAS. 1999. ***Presupuesto de ingresos y egresos, y la nueva tarifa de derechos que entrarán en vigor a partir del primero de enero de 1999***. *Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Delicias*, Documentación interna. Cd. Delicias, Chih.

La falta de agua. 1991. **Los efectos de la sequía en California y el Norte de México**. *Agua Potable*, p. 6-10. México, enero de 1991.

LAN, 1992. ***Ley de Aguas Nacionales***. Poder Legislativo, Cámara de Diputados. Publicada en el DOF el 1 de diciembre de 1992.

Liaw, C. H., S. C. Chu, W. L. Huang, I. W. Horng. 1999 **Operating Rule for Reservoir During Drought Based on Economic Losses**. *ICID, 17th. Congress*. Granada, Spain. pp 85-96.

Linsley, R., M. Kholer, and J. Paulus. 1977. ***Hidrología para ingenieros***. E. McGraw-Hill Latinoamericana, S. A. México. 386 pp.

Lund, J. R., and R. U. Reed. 1995. **Drought Water Rationing and Transferable Rations**. *Water Resources Planning and Management*. p 429-437.

Maass, A., and R. Anderson 1986. ..... ***and the Desert Shall Rejoice. Conflict, Growth, and Justice in Arid Environments***. Robert E. Krieger Publishing Company, Inc. Malabar, Florida, USA. 427 pp.

Managing Risk. 1997. **Guide to Crop Insurance. Being Prepared.** National Crop Insurance Services. USA.

Martínez Austria, P. 2001. **Paradigmas emergentes para el manejo del agua en el siglo XXI**. *Ingeniería Hidráulica en México*, Conferencia Enzo Levi. Vol XVI, número 4, II Época. octubre -diciembre de 2001. pp. 127-143.

McKee, T., N. Doesken, and J. Kleist. 1993. **Drought Monitoring with Multiple Time Scales.** *American Meteorological Society*, 9th Conference on Applied Climatology. pp. 233-236.

McKee, T., N. Doesken, and J. Kleist. 1993a. **The Relationship of Drought Frecuency and Duration to Time Scales.** *American Meteorological Society*, 9th Conference on Applied Climatology. pp. 179-184.

Medina, A., y J. Espinoza. 1998. **Distribución de la sequía en México.** Tláloc, AMH, Año V, Núm. 12, mayo-agosto, pp. 23-26.

Meko, D., C. W. Stockton, and W. R. Boggess. 1995. **The Tree-ring Record of Severe Sustained Drought.** *Water Resources Bulletin, AWRA*. Vol. 31, No. 5, p. 789-801.

Moore, J., A. Zaporozec, and J. Mercer. 1995. ***Groundwater - A Primer***. AGI Environmental Awareness Series: 1. American Geological Institute, Alejandria, VA. USA. pp.53.

Moreau, D. H. 1990. **Water Supplies and National Drought of 1998.** *Water Resources Planning and Management*. Vol. 17, No. 1, p. 117-123.

Moreau, D. H. 1991. **A Risk-based Model for Drought Contingency Planning.** *Water Resources Bulletin, AWRA*. Vol. 17, No. 4, p. 117-123.

NDMC. 1998. **National Drought Mitigation Center.** Página web del NDMC www.unl.edu/ndmc Universidad de Nebraska.

NMDP. 1998. ***New Mexico Drought Plan***. State of New Mexico, Office of the State Engineer. Santa Fe, NM, USA.

ONU. 1996. **Convención de las Naciones Unidas contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África.** http://www.iisd.ca/

Palerm Viqueira, J. 2001. **Administración de sistemas de riego: tipos de autogestión (nuevas noticias).** XI Congreso Nacional de Irrigación, artículo ANEI-S70105. Guanajuato, Gto. México.

Palmer, W. C. 1965. ***Meteorological Drought***. U. S. Department of Commerce. Weather Bureau. Research Paper No. 45. Washington D. C. 58 pp.

Philander, S. G. 1990. ***El Niño, La Niña and the Southern Oscillation***. International Geophysics Series. Vol. 46. Academis Press, Inc. 293 pp.

Plate, E. J. 1993. **Sustainable Development of Water Resources: a Challenge to Science and Engineering.** *Water International*, Vol. 18, No. 2.

Postel, Sandra. 1991. ***Administración del agua en épocas de escasez***. IMTA. Colección Universo del Agua. Serie Agua y Ecología. Traducción de Virginia Ugalde. Jiutepec, Mor. Mexico. 71 pp.

Postel, Sandra. 1992. ***Last Oasis***. The Worldwatch Environment Alert Series. W. W. Norton ¬ Company. New York, USA.

Prat i Fornells, N. 1996. **La gestión ecosistémica del agua, necesidad de una visión integrada.** *Tecnología del Agua* No. 150, abril, pp. 63-70.

Proceso. 1994. **"Se negó el Gobierno a declarar zona de desastre a Chihuahua, pero (Carlos) Salinas acudió a entregar dinero".** Artículo escrito por Alejandro Gutiérrez. *Revista Proceso*. 31 de octubre de 1994. México.

RLAN. 1994. **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.** Poder Legislativo, Cámara de Diputados. Publicado en el DOF el 12 de enero de 1994.

Salas, J. D.; J. W. Delleur; V. Yevjevich; and W. L. Lane. 1980. ***Applied Modeling of Hydrologic Time Series***. Water Resources Publications. Litleton, Co. USA. pp. 484.

Sangoyomi, T. B. and B. L. Harding. 1995. **Mitigating Impacts of a Severe Drought on Colorado River Water Resources.** *Water Resources Bulletin, AWRA*. Vol. 31, No. 5, p. 925-938.

"Se espera otra visita de El Niño". 1994. *Agrosíntesis*, Vol. 25, Núm. 11, pp30-31.

SHCP. 2000. **Acuerdo que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN).** Publicado en el Diario Oficial de la Federación, 29 de febrero de 2000. México

SRH. 1973. ***Normas para la aplicación del Artículo 60 de la Ley Federal de Aguas***. Instructivo Técnico Núm. 30. Dirección General de distritos de Riego. México.

SRH. 1976. ***Atlas del Agua de la República Mexicana***. Edición conmemorativa del 50 Aniversario de la creación de la Comisión Nacional de Irrigación. México.

SumpsiViñas, J. M., A. Garrido Colmenero, M. Blanco Fonseca, C. Varela Ortega, y E. Iglesias Martínez. 1998. ***Economía y política de gestión del agua en la agricultura***. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 351.

Velasco-Molina, Hugo A. 1991. ***Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo***. Editorial Limusa, S.A. de C. V. México. 725 pp.

Velasco, Israel, y Jaime Collado. 1998. **Elementos de planeación para afrontar sequías**. XV congreso Nacional de Hidráulica. Oaxaca, Oax. México.

Velasco, Israel, y Jaime Collado. 1998a. **Causas, efectos y maneras de afrontar las sequías**. *Tlaloc*-AMH. Año V, Número 12, págs. 17-22. México.

Velasco, Israel, y Rubén Miranda. 1993. ***Diagnóstico operativo del distrito de Riego 05. Delicias, Chih***. Informe final, proyecto RD-9308. IMTA-CTRD.

Villalobos, A., J. Rivera y J. Collado. 2000. **Políticas de operación de presas basadas en El Niño-Oscilación del Sur**. ANEI - X Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 6: Avances en la Reglamentación de Sistemas de Riego. 16-18 de agosto de 2000. Chihuahua, Chih., México.

Vreke, J. 1994. **Optimal Allocation of Surface Water in Regional Water Management**. *Water Resources Management*, Vol. 8, pp. 137-153. Kluwer Academic Publishers.

Wagner, Ana I.; Jaime Rivera B; y Ángel Villalobos. 1996. **Políticas de Operación Óptimas de una Presa en Función del Escurrimiento**. XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Guayaquil, Ecuador. Vol. 3, pp 37-48.

Wilhite, D. A. 1991. **Drought Planning: a Process for State Government**. *Water Resources Bulletin*, AWRA27(1):29-38.

Wilhite, Donald A. 1993. ***Preparing for Drought: a Guidebook for Developing Countries***. EarthWatch Climate Unit. UNEP. Lincoln, NE., USA. pp 78.

Wilhite, Donald. 1997. ***Improving drought management in the West. The Role of Mitigation and Preparedness***. NDMC. Report to the Western Water Policy Review Advisory Commission. p. 46.

WMO. 1975. ***Drought and Agriculture***. Technical Note No. 138. WMO - No. 392. Geneva, Switzerland.

NOTA: Los artículos periodísticos están tomados de la "Hemeroteca Digital de la Sequía", del CEISS, en http://www.sequía.edu.mx/hemeroteca.

ANEXOS

ANEXO 1.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION CAMARGO LATITUD: 27°41'9 9'' LONGITUD: 105°10'15 2''

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.00	6.00	1.00	0.00	44.50	8.00	58.58	32.50	3.00	46.50	0.00	0.00	201.08
1958	24.00	2.00	0.00	0.00	20.50	17.00	46.00	34.20	176.50	109.00	55.00	35.00	519.20
1959	45.00	10.00	0.00	16.00	38.00	19.00	47.00	116.00	11.00	4.00	2.00	14.60	322.60
1960	14.00	3.00	0.00	0.00	0.00	9.00	105.00	117.00	23.00	27.00	20.00	16.00	334.00
1961	33.00	2.00	0.00	4.00	6.00	48.00	119.00	52.00	52.00	34.00	0.10	0.00	350.10
1962	3.00	0.00	0.10	0.00	0.10	3.00	149.00	32.00	64.00	46.00	0.50	0.00	297.70
1963	1.00	2.00	0.10	18.50	17.00	34.00	9.00	105.00	68.00	10.00	1.00	0.00	265.60
1964	0.10	0.10	1.50	0.10	34.30	98.60	31.30	52.00	70.20	3.00	0.10	13.50	304.80
1965	2.00	7.60	0.10	0.10	10.80	34.30	35.60	50.50	78.80	0.00	1.00	27.70	248.50
1966	0.10	1.30	0.10	14.40	29.80	55.00	20.60	95.60	156.00	16.30	16.40	0.00	405.60
1967	1.00	4.90	20.20	0.10	2.80	140.40	10.90	78.90	136.80	19.50	0.10	12.00	427.60
1968	11.90	28.00	30.00	33.00	5.00	11.10	238.80	106.80	67.30	28.20	0.10	14.00	574.20
1969	2.00	15.00	0.00	1.00	0.10	16.50	74.50	14.60	42.50	12.50	7.80	6.00	192.50
1970	3.00	25.60	5.00	0.10	0.10	33.00	28.80	49.00	144.00	1.00	0.10	0.10	289.80
1971	0.10	0.10	0.00	1.00	15.00	58.70	66.00	70.50	37.50	68.50	0.00	11.00	328.40
1972	14.50	0.10	0.10	0.00	15.50	64.50	57.40	81.00	78.50	11.50	47.00	1.00	371.10
1973	0.10	52.50	0.10	4.00	26.20	17.00	91.70	156.00	4.00	1.00	0.00	8.00	360.60
1974	0.10	0.00	10.50	4.00	1.00	1.00	88.60	140.50	116.70	0.10	16.00	16.00	394.50
1975	3.00	8.00	0.10	0.10	0.10	17.50	122.20	56.10	17.50	4.00	0.00	3.00	231.60
1976	0.10	0.00	0.00	1.00	32.00	36.00	173.00	16.50	130.00	37.00	25.00	10.00	460.60
1977	2.00	0.00	0.00	2.00	6.00	56.20	125.50	30.00	2.00	56.00	0.00	0.10	279.80
1978	5.00	0.10	0.10	1.00	9.00	42.00	71.00	152.00	257.00	44.50	0.10	3.00	584.80
1979	16.00	4.00	11.00	10.00	29.50	71.50	40.00	117.00	35.50	0.00	6.00	2.00	342.50
1980	0.10	0.10	1.00	0.10	2.00	2.00	36.00	112.00	264.50	32.00	25.50	3.00	478.30
1981	48.50	9.00	2.50	28.00	33.00	91.30	64.50	83.80	77.40	83.60	0.00	6.40	528.00
1982	21.50	1.40	0.10	8.00	0.10	23.00	114.50	29.30	19.90	0.10	15.30	17.90	251.10
1983	13.40	0.10	9.10	0.10	12.50	2.00	15.80	110.80	47.90	19.70	26.30	0.10	257.80
1984	47.20	0.10	0.10	0.00	10.40	112.20	103.60	73.90	32.50	21.00	3.00	33.00	437.00
1985	43.50	11.90	2.00	21.20	14.50	37.00	74.20	55.50	104.10	4.40	5.00	0.00	373.30
1986	6.50	7.00	2.00	2.50	15.00	63.40	76.00	89.50	32.50	40.50	7.00	28.50	370.40
1987	4.50	0.10	0.10	58.20	56.00	37.50	125.50	181.70	40.80	2.00	1.00	1.50	508.90
1988	0.10	0.10	0.10	6.50	0.10	59.00	100.00	96.90	46.80	27.50	0.00	3.00	340.10
1989	0.70	5.00	10.00	0.10	0.60	9.10	33.90	128.20	16.40	36.70	7.90	14.60	263.20
1990	0.40	2.50	2.30	0.40	5.20	17.90	130.40	120.10	119.80	32.80	5.60	5.50	442.90
1991	3.30	11.40	0.10	0.20	6.30	11.40	283.10	75.70	88.70	2.20	20.10	49.50	552.00
1992	62.00	7.40	2.40	4.50	63.20	9.00	41.50	70.00	45.60	2.10	6.70	1.00	315.40
1993	4.50	4.00	0.00	0.00	3.90	42.00	88.00	53.90	107.00	12.00	5.80	0.00	321.10
1994	0.00	0.00	15.50	1.50	6.00	33.00	24.50	18.00	31.50	18.00	2.00	33.00	183.00
1995	0.00	16.00	0.00	3.00	5.00	21.00	35.00	41.00	60.50	40.00	7.70	5.00	234.20
1996	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.00	42.60	72.00	40.70	8.00	15.50	0.00	275.80
1997	4.50	2.50	26.00	7.00	33.00	14.50	103.40	36.50	42.00	0.00	4.50	7.50	281.40
1998	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	3.50	44.00	42.50	23.20	47.50	29.50	0.00	190.30
MEDIA	**10.78**	**5.97**	**3.65**	**5.99**	**14.53**	**37.31**	**79.67**	**77.31**	**71.75**	**24.04**	**9.21**	**9.58**	**349.79**
D.E.	**16.27**	**9.89**	**7.21**	**11.43**	**16.26**	**32.72**	**57.73**	**41.57**	**61.30**	**24.65**	**12.84**	**11.97**	**109.04**
MAXIMO	**62.00**	**52.50**	**30.00**	**58.20**	**63.20**	**140.40**	**283.10**	**181.70**	**264.50**	**109.00**	**55.00**	**49.50**	**584.80**
MINIMO	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**1.00**	**9.00**	**14.60**	**2.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**183.00**
SESGO	**1.80**	**3.11**	**2.43**	**3.00**	**1.30**	**1.26**	**1.59**	**0.50**	**1.56**	**1.42**	**1.96**	**1.58**	**0.56**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 2.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION CHIHUAHUA - CD. DEPORTIVA LATITUD: 28°3' LONGITUD: 106°4'

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	11.60	5.00	1.00	0.10	0.10	27.50	122.50	190.50	0.10	20.00	0.30	20.00	398.70
1961	24.00	13.50	0.10	0.10	1.50	61.30	68.50	65.70	43.20	16.50	10.00	0.10	304.50
1962	2.50	0.10	0.00	0.00	0.10	14.00	119.00	11.10	72.80	35.70	1.00	26.50	282.80
1963	3.00	0.10	0.10	11.00	2.80	26.90	186.50	159.70	91.80	54.60	14.00	1.50	552.00
1964	0.10	0.10	0.10	3.00	16.50	18.50	40.50	64.00	83.00	1.50	0.00	18.00	245.30
1965	6.50	0.50	0.10	3.00	0.10	57.50	25.70	63.10	81.70	0.00	11.50	20.00	269.70
1966	0.00	2.00	0.00	33.80	46.90	154.30	14.80	192.70	45.90	10.30	0.10	0.10	500.90
1967	0.10	0.10	42.00	4.50	0.10	139.50	97.20	120.40	67.60	0.50	0.90	3.30	476.20
1968	1.50	22.70	23.10	32.20	9.00	0.50	189.60	117.00	33.50	12.00	12.00	4.50	457.60
1969	2.00	0.10	0.10	0.10	26.00	38.50	154.50	74.00	35.00	20.00	6.50	5.00	361.80
1970	6.00	10.00	7.00	1.00	7.00	34.30	64.30	60.70	91.00	23.50	0.00	0.10	304.90
1971	1.00	1.00	0.00	0.00	25.00	13.00	32.20	95.00	63.80	88.50	0.00	4.00	323.50
1972	2.00	1.00	0.10	0.00	53.80	74.50	72.50	193.10	53.60	23.50	24.80	0.10	499.00
1973	5.70	40.60	1.00	3.00	10.50	2.00	212.60	97.10	25.70	8.00	1.00	6.00	413.20
1974	0.10	0.00	0.10	0.70	5.00	4.50	45.50	34.20	248.60	17.90	37.50	12.00	406.10
1975	13.90	0.80	0.10	0.10	0.10	13.20	131.90	42.40	55.90	0.10	0.00	8.60	267.10
1976	2.50	0.00	0.10	4.00	96.50	47.00	55.40	64.20	166.40	9.70	29.30	31.80	506.90
1977	4.00	0.00	4.30	18.50	0.10	110.40	112.40	42.40	26.40	66.80	0.10	0.10	385.50
1978	1.40	0.10	0.10	0.11	13.20	26.30	20.00	223.90	254.00	62.70	1.00	13.60	616.41
1979	5.00	0.10	1.50	5.50	19.80	54.50	143.10	103.10	46.20	0.00	4.00	2.00	384.80
1980	0.10	3.00	1.50	0.10	0.10	10.00	27.70	237.30	194.20	13.10	16.20	1.50	504.80
1981	48.50	0.20	17.50	50.80	35.00	35.20	91.20	127.70	172.00	64.80	0.00	0.10	643.00
1982	32.50	1.00	0.10	10.00	5.70	0.90	69.40	43.30	21.80	1.00	11.90	75.60	273.20
1983	14.90	13.00	17.10	13.00	37.00	25.30	23.90	60.40	28.00	56.00	13.70	0.40	302.70
1984	20.80	1.00	0.10	0.00	39.50	65.90	51.00	86.20	44.70	21.70	14.20	30.30	375.40
1985	57.50	19.50	10.40	48.80	6.60	35.30	151.00	72.50	97.00	45.00	3.00	2.00	548.60
1986	10.60	1.50	6.90	2.70	57.20	107.80	83.70	184.50	129.60	65.00	17.90	46.80	714.20
1987	1.00	0.20	0.10	74.30	83.00	61.40	101.60	185.30	126.60	1.90	2.23	0.01	637.64
1988	0.80	0.10	0.10	0.10	0.10	24.00	56.00	141.50	32.50	33.00	0.00	6.50	294.70
1989	19.00	18.00	1.00	4.00	1.60	4.30	75.70	132.90	7.20	12.10	0.00	18.00	293.80
1990	0.50	10.50	3.80	9.50	6.50	15.10	248.60	140.10	168.80	36.90	2.60	4.10	647.00
1991	1.30	23.20	0.00	0.00	0.20	16.70	284.20	69.90	107.80	0.10	27.20	33.30	563.90
1992	88.50	44.70	1.30	16.00	35.20	16.70	100.20	109.70	21.40	44.10	19.70	15.00	512.50
1993	3.80	0.00	3.50	0.00	4.60	4.10	83.60	50.70	50.00	19.00	0.60	1.00	220.90
1994	2.60	2.70	0.30	5.40	4.80	10.40	71.60	17.10	15.00	8.70	0.00	32.60	171.20
1995	0.00	3.80	9.10	0.00	0.50	13.90	30.50	43.70	214.60	12.90	2.00	3.10	334.10
1996	3.20	0.00	0.00	0.80	1.70	77.10	59.50	184.30	153.60	2.30	13.60	0.00	496.10
1997	3.30	7.10	34.40	44.40	56.60	11.80	93.80	119.30	42.50	2.20	2.60	38.00	456.00
1998	0.00	0.50	0.50	0.00	3.30	17.50	114.10	91.70	33.00	41.30	13.00	2.60	317.50
1999	0.00	0.20											0.20
MEDIA	***10.30***	***6.35***	***4.84***	***10.27***	***18.29***	***37.73***	***95.54***	***105.45***	***83.24***	***24.43***	***8.06***	***12.52***	***417.03***
D.E.	***18.26***	***10.89***	***9.61***	***17.58***	***24.45***	***37.87***	***63.50***	***59.68***	***67.57***	***23.62***	***9.74***	***16.48***	***135.91***
MAXIM	***88.50***	***44.70***	***42.00***	***74.30***	***96.50***	***154.30***	***284.20***	***237.30***	***254.00***	***88.50***	***37.50***	***75.60***	***714.20***
MINIM	***0.00***	***0.00***	***0.00***	***0.00***	***0.10***	***0.50***	***14.80***	***11.10***	***0.10***	***0.00***	***0.00***	***0.00***	***171.20***
SESGO	***2.90***	***2.26***	***2.65***	***2.19***	***1.64***	***1.59***	***1.18***	***0.53***	***1.11***	***0.97***	***1.27***	***1.94***	***0.34***

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 3.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION DELICIAS LATITUD: 28°12´38.8´´ LONGITUD: 105°26´50.5´´

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.90	4.40	1.30	0.10	45.10	5.40	16.00	126.80	25.70	19.10	0.10	1.00	246.90
1958	33.00	8.60	0.10	0.10	9.00	11.70	65.80	44.10	227.50	64.80	0.10	9.00	473.80
1959	0.10	4.00	0.10	37.50	3.10	32.50	22.00	99.90	17.40	7.70	8.80	23.20	256.30
1960	17.90	7.50	0.00	0.10	0.10	4.70	102.00	70.70	4.70	6.30	34.10	20.40	268.50
1961	25.10	4.10	0.10	1.50	1.30	54.50	55.00	50.00	17.10	17.60	3.00	0.10	229.40
1962	1.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	91.60	51.00	62.50	67.50	1.60	8.80	284.30
1963	1.00	0.10	2.00	9.50	14.00	27.50	71.50	81.00	44.50	19.50	10.50	0.10	281.20
1964	2.00	0.10	0.10	0.50	27.20	29.50	12.00	44.00	57.50	13.50	0.10	39.30	225.80
1965	7.00	11.00	0.10	0.10	19.50	9.00	5.00	63.00	33.80	0.00	0.10	32.00	180.60
1966	0.10	0.10	0.50	21.50	26.50	100.50	61.50	56.80	32.70	16.80	0.00	0.00	317.00
1967	0.10	1.40	14.00	0.10	0.10	78.90	38.10	72.60	68.00	2.10	0.20	3.60	279.20
1968	13.50	15.30	18.60	34.90	1.80	6.00	239.93	119.20	122.50	3.70	5.20	8.00	588.63
1969	4.00	5.40	0.00	1.00	6.10	18.50	68.60	20.20	51.30	17.50	3.00	1.00	196.60
1970	0.10	27.50	28.00	12.00	1.20	39.30	15.50	23.00	151.10	7.00	0.00	6.00	310.70
1971	0.10	0.00	0.00	10.50	19.00	27.00	61.00	25.00	14.80	72.00	0.00	11.00	240.40
1972	5.00	0.00	0.10	0.00	36.00	17.50	52.50	116.50	129.50	5.00	25.50	0.10	387.70
1973	0.00	20.50	0.10	3.00	9.20	2.00	93.50	106.00	4.50	3.50	0.00	0.00	242.30
1974	0.10	0.00	1.00	4.50	2.00	0.10	100.50	92.00	113.00	9.00	13.70	16.10	352.00
1975	3.00	6.80	0.00	0.00	0.10	11.00	93.80	22.50	33.00	6.00	0.00	1.50	177.70
1976	2.50	0.00	0.00	0.10	30.00	32.50	102.80	35.40	68.50	15.00	14.00	11.50	312.30
1977	5.00	0.00	0.00	7.00	3.00	45.00	32.50	17.60	10.50	56.70	1.00	0.00	178.30
1978	0.00	0.10	0.30	0.00	12.00	29.50	39.50	64.50	171.00	53.00	0.00	3.00	372.90
1979	0.10	0.50	1.50	20.00	18.00	46.30	39.00	102.50	49.00	0.00	1.00	0.50	278.40
1980	0.10	0.30	0.50	3.00	0.10	24.30	18.00	87.00	189.50	30.00	26.50	1.00	380.30
1981	40.00	2.00	14.20	44.30	0.50	42.50	86.00	95.00	55.00	61.00	0.00	0.10	440.60
1982	17.00	0.10	0.00	17.00	0.20	8.00	35.00	72.00	31.00	0.10	2.00	38.00	220.40
1983	10.20	0.10	17.50	1.00	4.50	1.50	6.50	70.50	43.50	41.50	92.50	0.00	289.30
1984	25.50	1.00	0.00	0.00	17.70	88.00	108.00	69.00	60.50	16.00	9.50	31.00	426.20
1985	28.00	13.00	4.00	46.30	17.50	60.50	95.50	25.50	54.50	23.50	2.00	0.00	370.30
1986	3.00	7.00	2.50	0.10	33.00	25.00	74.00	46.00	98.70	22.00	17.50	33.50	362.30
1987	3.50	1.50	0.10	86.50	54.00	35.00	77.00	91.00	97.00	17.00	0.10	0.10	462.80
1988	1.00	0.10	0.10	9.50	2.00	97.50	87.30	111.50	26.00	20.00	0.00	4.00	359.00
1989	3.50	9.50	1.50	0.10	0.50	10.60	40.10	79.10	1.30	216.90	1.00	12.90	377.00
1990	0.20	5.20	0.20	1.40	7.30	1.10	141.20	144.60	209.20	79.50	4.70	0.80	595.40
1991	10.30	6.40	0.00	0.00	0.20	3.10	140.40	71.20	47.10	0.00	18.50	38.00	335.20
1992	75.90	22.90	2.60	9.40	64.90	8.70	15.20	57.60	32.00	3.50	8.30	5.90	306.90
1993	5.50	2.80	0.20	0.50	2.10	19.40	123.70	90.80	97.50	8.60	1.70	2.40	355.20
1994	0.00	1.50	12.00	2.00	2.50	2.00	8.50	4.50	24.50	9.00	0.00	32.00	98.50
1995	0.50	3.50	1.00	0.00	4.00	49.50	35.50	30.50	55.50	0.50	4.00	0.50	185.00
1996	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	123.50	33.50	95.00	41.00	5.50	18.00	0.00	325.00
1997	4.00	8.00	12.50	17.00	24.50	20.00	54.00	24.00	53.50	13.50	4.50	11.00	246.50
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	14.50	43.00	48.50	84.50	12.50	0.00	205.00
MEDIA	**8.55**	**4.82**	**3.26**	**9.58**	**12.38**	**29.79**	**63.66**	**66.95**	**66.09**	**27.05**	**8.22**	**9.70**	**310.04**
D.E.	**14.60**	**6.65**	**6.50**	**17.41**	**15.94**	**30.47**	**46.78**	**34.13**	**56.03**	**38.52**	**15.78**	**12.79**	**105.47**
MAXIMO	**75.90**	**27.50**	**28.00**	**86.50**	**64.90**	**123.50**	**239.93**	**144.60**	**227.50**	**216.90**	**92.50**	**39.30**	**595.40**
MINIMO	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**5.00**	**4.50**	**1.30**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**98.50**
SESGO	**2.95**	**1.88**	**2.32**	**2.76**	**1.63**	**1.44**	**1.38**	**0.18**	**1.41**	**3.24**	**4.04**	**1.27**	**0.75**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 4.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION PARRAL LATITUD: 26°53'32.7" LONGITUD: 105°45'10"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	3.00	13.50	4.50	10.00	54.00	18.00	84.50	42.00	18.50	6.50	0.10	1.50	256.10
1958	32.00	1.00	1.00	0.10	1.00	5.00	35.00	70.50	481.00	128.00	23.50	12.00	790.10
1959	14.50	4.00	0.10	7.00	2.50	85.50	50.50	108.00	26.50	7.00	4.00	10.00	319.60
1960	9.50	0.10	0.00	0.00	0.10	9.00	164.00	219.50	6.00	0.10	10.50	5.00	423.80
1961	41.00	2.00	0.10	4.00	34.50	175.50	62.50	109.50	119.00	9.50	3.50	0.10	561.20
1962	1.00	0.00	0.00	3.00	0.10	22.00	91.50	15.50	53.00	108.50	4.00	0.10	298.70
1963	0.00	0.00	0.00	0.10	26.00	22.50	101.00	171.80	106.00	24.00	0.10	0.10	451.60
1964	0.00	0.00	2.50	0.10	49.10	119.00	56.60	95.00	171.90	38.00	0.10	10.10	542.40
1965	6.00	4.00	0.00	2.00	0.00	16.00	81.00	137.00	127.00	0.00	0.10	3.50	376.60
1966	0.10	2.00	0.10	0.10	68.00	120.00	90.00	239.00	157.00	61.00	32.00	0.10	769.40
1967	10.00	0.10	1.00	0.00	0.10	141.00	135.00	127.00	147.00	7.00	0.10	4.50	572.80
1968	19.00	21.00	25.00	54.00	0.10	74.00	399.00	140.00	250.50	10.00	8.00	19.00	1,019.60
1969	2.00	0.10	0.00	0.00	3.00	8.00	148.00	38.00	24.00	7.00	3.00	27.00	260.10
1970	0.10	59.00	0.10	17.00	0.14	48.00	64.50	122.50	178.00	33.00	0.00	0.10	522.44
1971	0.10	3.00	0.00	0.10	5.00	44.00	75.00	221.00	14.00	75.00	0.00	13.00	450.20
1972	10.00	0.10	0.10	0.00	12.00	36.00	116.00	133.00	179.00	5.00	50.00	0.10	541.30
1973	0.10	33.00	0.00	3.00	14.00	47.00	166.00	191.00	24.00	5.00	0.00	7.50	490.60
1974	0.00	0.00	0.10	1.00	14.50	0.10	76.00	123.00	259.00	6.00	40.00	15.00	534.70
1975	0.10	14.00	0.00	0.00	0.10	37.50	123.00	25.00	90.50	4.00	0.00	14.00	308.20
1976	5.00	0.00	0.00	6.00	34.00	76.00	288.00	104.50	120.50	60.00	29.00	13.00	736.00
1977	6.00	0.10	0.00	1.00	1.00	50.40	57.50	74.50	14.00	15.30	0.10	0.10	220.00
1978	1.00	0.10	0.50	6.30	46.30	7.60	106.70	217.10	179.10	40.20	0.10	0.10	605.10
1979	4.10	0.10	5.00	10.00	45.00	71.10	83.30	181.50	150.00	0.00	3.00	1.00	554.10
1980	0.10	1.20	0.10	0.10	0.00	12.70	44.00	136.00	281.30	35.00	8.60	0.00	519.10
1981	24.50	4.20	17.30	13.80	17.90	79.90	166.40	203.10	102.60	160.80	0.10	0.10	790.70
1982	10.30	1.00	0.00	10.40	2.40	3.20	45.20	57.20	9.50	0.10	0.10	26.40	165.80
1983	12.40	0.10	10.70	0.00	26.40	29.70	13.80	161.80	139.50	50.80	0.00	0.00	445.20
1984	62.90	3.20	0.00	0.00	16.90	184.20	115.20	84.70	55.00	18.60	3.20	41.80	585.70
1985	28.00	7.70	4.00	29.10	33.30	77.90	170.60	70.40	144.90	37.20	13.90	0.00	617.00
1986	22.40	4.70	0.10	26.90	28.90	149.10	102.80	211.70	295.70	9.30	14.80	5.80	872.20
1987	12.40	0.10	0.10	49.40	46.20	140.30	268.30	133.40	86.00	8.60	2.00	0.10	746.90
1988	0.00	0.10	0.00	18.40	0.00	91.40	114.60	126.80	10.10	0.20	0.00	0.10	361.70
1989	1.00	3.00	2.00	0.10	1.30	12.00	59.80	138.40	57.10	3.60	17.80	16.10	312.20
1990	0.10	0.50	0.20	2.00	5.10	14.10	184.60	96.20	138.50	35.70	23.30	0.20	500.50
1991	1.10	6.40	0.00	0.00	0.20	16.00	282.70	125.80	130.50	1.10	15.10	38.40	617.30
1992	94.30	11.60	2.10	2.50	88.10	7.30	39.80	46.90	35.40	23.30	2.60	0.50	354.40
1993	7.40	0.10	1.00	0.10	12.60	44.10	111.50	49.90	119.90	7.10	2.40	2.90	359.00
1994	0.00	7.50	4.40	2.40	1.80	60.30	69.80	51.20	72.40	29.60	1.30	36.00	336.70
1995	3.70	13.90	6.80	0.00	1.70	86.60	98.20	35.40	116.10	10.70	0.70	11.10	384.90
1996	3.20	0.50	0.00	0.10	0.00	126.20	116.70	173.00	106.60	9.10	3.80	0.00	539.20
1997	7.00	15.50	24.20	13.70	7.10	60.20	113.00	74.60	30.50	1.10	0.00	6.40	353.30
1998	0.00	0.10	2.00	0.00	inap.	20.60	154.50	131.50	39.30	47.10	19.40	0.00	414.50
MEDIA	**10.84**	**5.68**	**2.74**	**7.00**	**16.68**	**58.31**	**117.29**	**119.38**	**115.87**	**27.12**	**8.10**	**8.16**	**497.17**
D.E.	**18.50**	**10.90**	**5.96**	**12.46**	**21.78**	**50.60**	**76.87**	**60.04**	**95.88**	**35.74**	**12.09**	**11.26**	**187.48**
MAXIM	**94.30**	**59.00**	**25.00**	**54.00**	**88.10**	**184.20**	**399.00**	**239.00**	**481.00**	**160.80**	**50.00**	**41.80**	**1,019.60**
MINIM	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**13.80**	**15.50**	**6.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**165.80**
SESG	**3.02**	**3.45**	**2.91**	**2.58**	**1.44**	**0.91**	**1.78**	**0.21**	**1.57**	**2.19**	**1.87**	**1.66**	**0.66**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 5.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION BURRAS LATITUD: 28°30´54´´ LONGITUD: 105°25´50´´

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	2.50	13.40	15.50	0.50	2.00	18.10	37.50	38.70	130.20	45.00	0.00	3.00	306.40
1971	0.00	0.00	0.00	8.10	12.90	20.00	58.90	69.10	48.30	133.20	0.00	8.10	358.60
1972	3.30	0.00	0.00	0.00	45.00	18.10	177.10	83.30	80.40	8.60	23.20	0.30	439.30
1973	5.40	40.10	1.30	2.80	14.20	5.60	122.00	118.20	3.60	4.80	0.00	0.00	318.00
1974	0.00	0.00	5.10	2.80	3.80	0.50	72.60	87.50	246.60	21.60	16.10	15.90	472.50
1975	5.70	6.30	0.40	0.00	1.70	7.10	82.30	36.00	67.50	1.40	0.00	4.50	212.90
1976	2.80	0.00	0.00	1.50	36.90	56.60	107.60	83.80	83.50	9.50	19.30	19.70	421.20
1977	4.70	0.00	0.00	2.20	5.70	66.20	114.80	33.60	8.40	54.00	0.50	0.00	290.10
1978	4.40	0.70	0.20	0.80	11.20	14.10	68.90	98.40	145.40	67.00	10.50	9.00	430.60
1979	6.00	3.50	2.60	4.10	47.40	62.50	58.10	61.50	38.30	0.00	3.80	3.90	291.70
1980	2.00	1.30	0.50	0.30	8.00	21.30	37.40	137.10	167.70	8.70	38.10	0.00	422.40
1981	*47.20*	*0.50*	*12.50*	*51.50*	*13.00*	*71.60*	*53.80*	*79.80*	*46.20*	*62.20*	*0.00*	*0.00*	*438.30*
1982	20.00	9.00	0.00	13.00	0.20	3.60	66.80	45.10	3.20	0.00	1.00	22.80	184.70
1983	7.90	4.30	6.40	3.10	7.10	24.10	15.80	100.20	50.40	23.50	21.90	0.00	264.70
1984	28.00	1.20	0.00	0.00	10.90	166.50	60.40	74.40	19.90	8.60	8.00	32.60	410.50
1985	35.60	19.00	4.00	18.40	10.50	45.50	56.20	26.40	60.30	11.00	2.00	0.00	288.90
1986	6.00	4.00	1.00	0.00	38.00	40.90	65.00	75.50	60.30	52.00	8.50	40.30	391.50
1987	0.00	0.00	0.00	105.30	42.00	27.40	127.90	45.50	95.70	17.10	0.00	0.00	460.90
1988	2.00	0.00	0.00	3.30	3.00	57.00	160.50	47.30	18.80	35.00	0.00	5.00	331.90
1989	5.00	7.00	3.00	0.00	2.00	12.00	63.00	83.00	0.00	25.00	0.00	6.20	206.20
1990	0.00	7.00	0.00	0.00	4.00	18.00	114.00	123.00	170.00	67.50	4.00	1.00	508.50
1991	22.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	214.00	75.20	56.50	1.00	17.00	17.50	414.20
1992	55.00	32.00	2.90	0.00	77.50	4.30	18.00	67.00	13.50	14.00	6.00	0.00	290.20
1993	0.10	0.10	0.00	1.00	9.80	27.00	79.60	61.00	121.30	0.90	1.00	1.00	302.80
1994	*4.00*	*0.00*	*13.10*	*1.00*	*0.00*	*20.10*	*14.50*	*18.00*	*41.60*	*9.40*	*0.00*	*29.50*	*151.20*
1995	0.00	3.00	0.00	0.00	4.30	33.20	25.30	36.00	27.20	2.50	5.30	2.70	139.50
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.50	23.00	80.00	58.00	0.20	18.00	0.00	219.70
1997	0.40	6.50	7.50	11.50	12.00	15.00	30.50	72.00	15.00	0.00	8.00	13.00	191.40
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	42.00	50.50	10.00	62.10	6.50	0.00	177.10
MEDIA	**9.31**	**5.86**	**2.62**	**7.97**	**14.59**	**31.13**	**74.74**	**69.21**	**65.10**	**25.72**	**7.54**	**8.14**	**321.93**
D.E.	**14.62**	**9.67**	**4.37**	**21.27**	**18.92**	**33.27**	**49.89**	**29.25**	**60.07**	**30.99**	**9.48**	**11.24**	**107.14**
MAXIM	**55.00**	**40.10**	**15.50**	**105.30**	**77.50**	**166.50**	**214.00**	**137.10**	**246.60**	**133.20**	**38.10**	**40.30**	**508.50**
MINIM	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**14.50**	**18.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**139.50**
SESG	**2.07**	**2.47**	**1.90**	**3.98**	**1.86**	**2.59**	**1.14**	**0.39**	**1.34**	**1.76**	**1.55**	**1.53**	**-0.07**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 6.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION F. I. MADERO LATITUD: 28°9'44.3'' LONGITUD: 105°37'31.6''

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1944								20.10	86.90	4.50	10.10	18.80	140.40
1945	4.00	0.00	0.00	4.10	0.00	7.50	95.90	14.00	0.30	47.10	0.00	0.20	173.10
1946	19.10	0.00	3.80	3.20	0.20	11.60	27.80	119.10	45.30	23.90	0.00	16.00	270.00
1947	18.00	0.00	0.00	0.00	1.40	13.70	84.60	184.60	33.30	12.00	10.50	22.20	380.30
1948	1.00	0.00	0.00	7.60	7.00	25.30	17.40	16.50	13.50	28.70	8.90	1.70	127.60
1949	14.30	0.50	0.00	3.10	1.00	3.00	93.50	47.70	73.30	34.90	0.00	15.40	286.70
1950	6.70	0.00	6.80	8.00	2.30	45.80	28.40	13.50	71.20	0.40	0.00	0.00	183.10
1951	0.00	0.30	4.40	0.00	1.30	16.00	41.70	6.20	3.50	0.30	0.00	5.50	79.20
1952	0.00	0.00	0.00	4.60	16.60	58.70	89.40	5.40	17.30	0.00	5.30	5.60	202.90
1953	0.00	0.00	0.00	0.20	5.70	14.10	46.90	30.90	58.60	17.00	0.00	1.10	174.50
1954	0.00	0.70	0.00	6.70	1.80	6.10	47.70	112.10	25.80	7.70	0.00	0.50	209.10
1955	7.30	0.00	0.00	0.00	3.10	39.40	52.10	92.90	10.20	18.60	2.10	0.00	225.70
1956	17.70	0.70	0.00	0.00	9.50	29.70	50.50	33.80	21.10	0.60	3.50	0.10	167.20
1957	1.60	5.70	2.00	2.50	31.40	1.00	57.40	75.90	13.00	14.80	0.50	0.20	206.00
1958	41.60	10.80	0.50	0.20	12.00	21.20	48.00	34.70	226.10	98.80	2.80	10.00	506.70
1959	0.00	0.40	0.00	32.70	7.50	21.50	39.90	72.90	18.10	5.00	24.50	21.00	243.50
1960	15.20	1.00	0.00	0.00	0.00	7.00	68.30	126.70	3.20	14.50	37.60	23.00	296.50
1961	19.80	5.00	0.00	2.50	12.00	71.80	51.50	39.80	18.40	27.00	2.10	0.00	249.90
1962	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	106.20	14.30	68.50	60.90	0.50	6.20	259.20
1963	0.50	0.00	0.00	8.80	11.70	26.60	74.60	69.50	39.50	21.50	16.00	0.00	268.70
1964	0.00	0.00	0.00	3.50	30.20	42.40	13.50	97.10	128.20	13.50	0.00	29.90	358.30
1965	4.00	14.50	0.50	0.00	9.70	16.20	4.90	42.50	54.50	0.50	0.50	27.70	175.50
1966	0.00	0.70	0.00	21.00	10.50	50.80	13.70	125.20	57.90	16.50	11.50	0.00	307.80
1967	0.40	1.00	2.00	0.00	0.00	94.70	28.30	51.20	76.90	5.90	1.70	4.90	267.00
1968	4.10	17.10	7.30	42.50	0.60	19.70	250.70	183.10	89.90	8.00	1.40	13.00	637.40
1969	1.50	3.30	0.00	0.00	1.50	7.30	75.80	43.80	38.80	38.20	1.20	5.20	216.60
1970	1.00	14.10	8.00	6.90	2.30	62.00	53.50	24.50	134.00	1.00	0.00	1.70	309.00
1971	0.00	0.00	0.00	3.00	24.00	19.70	31.50	93.20	30.70	97.50	0.00	8.40	308.00
1972	7.00	0.00	1.50	0.00	33.50	32.30	20.10	107.80	164.00	8.00	27.00	0.00	401.20
1973	3.00	28.00	0.00	0.90	9.00	0.00	172.00	137.90	5.70	5.00	0.00	0.00	361.50
1974	0.00	0.00	3.00	2.00	2.00	0.00	88.00	82.00	196.50	16.00	13.00	18.00	420.50
1975	2.70	7.00	0.00	0.00	0.00	5.50	135.20	23.30	39.50	6.00	0.00	3.00	222.20
1976	1.00	0.00	0.00	0.00	28.50	34.00	146.40	57.50	82.00	16.00	10.40	19.10	394.90
1977	6.00	0.00	0.00	4.00	3.00	88.10	88.00	27.50	35.50	67.20	0.00	0.00	319.30
1978	3.30	0.00	2.30	1.90	4.20	50.60	56.80	138.20	167.30	40.00	0.00	4.20	468.80
1979	13.00	1.00	4.00	10.00	28.00	37.70	24.80	115.20	36.30	0.00	0.80	2.90	273.70
1980	0.00	0.50	1.00	0.20	0.00	16.30	20.50	120.40	194.00	20.50	22.00	1.00	396.40
1981	39.00	5.30	17.80	62.20	5.50	53.40	47.00	79.80	87.90	89.00	0.00	0.00	486.90
1982	15.20	1.90	0.00	11.40	0.00	23.40	43.60	39.50	7.10	0.40	1.70	44.20	188.40
1983	3.80	0.00	30.00	1.30	8.00	26.50	9.70	74.40	64.00	30.00	31.00	0.00	278.70
1984	21.00	0.80	0.00	0.00	7.00	66.50	55.00	61.60	47.00	11.00	6.00	39.50	315.40
1985	28.50	9.30	5.00	8.20	0.70	54.50	123.80	29.50	68.50	14.00	1.50	0.00	343.50
1986	4.30	6.00	8.30	3.50	18.00	57.80	172.70	65.00	63.50	37.50	8.00	25.50	470.10
1987	0.00	1.00	0.00	62.50	50.00	30.00	114.50	76.50	62.30	6.00	0.00	0.00	402.80
1988	0.00	0.00	0.00	6.70	4.50	26.90	79.00	87.80	8.50	17.00	0.00	0.00	230.40
1989	6.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.50	74.00	5.00	7.00	0.00	10.00	154.50
1990	0.00	7.00	0.00	0.00	2.70	1.00	89.10	178.60	139.50	73.50	3.20	3.00	497.60
1991	10.50	4.00	0.00	0.00	0.00	6.50	111.50	41.50	54.50	0.00	21.50	33.70	283.70
1992	63.80	16.70	4.00	10.20	60.60	13.30	65.20	42.50	39.40	22.60	2.80	4.50	345.60
1993	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	42.90	31.50	37.40	7.70	7.00	1.50	179.50
1994	1.50	3.50	11.00	6.00	3.00	5.00	20.20	34.60	11.60	13.00	0.00	37.00	146.40
1995	0.00	9.80	2.00	0.00	0.00	44.10	16.40	17.70	75.20	1.50	3.00	0.00	169.70
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.80	53.50	82.60	57.30	7.80	19.50	0.00	309.50
1997	3.70	4.00	4.00	12.00	24.60	33.00	42.80	62.80	28.50	5.00	6.00	7.50	233.90
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	47.50	99.50	7.00	73.00	16.00	0.00	251.50
MEDIA	**7.84**	**3.49**	**2.39**	**6.74**	**9.19**	**29.23**	**65.29**	**68.73**	**58.96**	**22.07**	**6.20**	**8.96**	**286.85**
D.E.	**12.33**	**5.73**	**5.14**	**13.52**	**13.17**	**24.60**	**47.31**	**45.77**	**53.50**	**25.52**	**9.04**	**11.89**	**113.08**
MAXIM	**63.80**	**28.00**	**30.00**	**62.50**	**60.60**	**94.70**	**250.70**	**184.60**	**226.10**	**98.80**	**37.60**	**44.20**	**637.40**
MINIM	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**4.90**	**5.40**	**0.30**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**79.20**
SESGO	**2.61**	**2.28**	**3.69**	**3.19**	**2.09**	**0.91**	**1.62**	**0.79**	**1.43**	**1.70**	**1.76**	**1.40**	**0.77**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 7.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

ESTACION LA BOQUILLA LATITUD: 27°32'48.7'' LONGITUD: 105°24'36.6''

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	4.00	7.20	8.10	1.80	14.60	4.00	61.80	88.20	4.80	5.30	0.80	1.80	202.40
1958	20.70	5.40	0.80	0.10	2.00	17.20	58.80	58.00	216.60	77.20	7.70	9.40	473.90
1959	12.70	0.80	0.10	20.40	19.10	22.40	9.60	143.60	12.30	2.50	0.10	16.30	259.90
1960	9.10	5.10	0.00	0.00	0.00	15.70	123.10	125.80	2.10	7.10	15.00	11.20	314.20
1961	41.90	0.10	0.10	4.10	0.10	63.50	38.50	73.40	40.90	20.00	1.80	0.00	284.40
1962	0.10	0.00	0.00	0.10	3.00	7.50	116.80	17.00	61.40	85.50	0.10	3.30	294.80
1963	0.10	2.00	0.10	1.30	1.00	14.90	41.70	41.90	65.80	9.30	1.80	0.80	180.70
1964	0.10	0.10	0.80	0.50	17.70	46.90	29.80	36.80	106.60	1.50	0.10	13.10	254.00
1965	5.50	11.90	0.10	8.60	10.10	24.60	31.70	55.10	212.30	0.00	1.80	41.90	403.60
1966	1.30	4.60	0.10	0.30	34.80	82.60	55.70	146.30	115.90	28.10	0.10	0.10	469.90
1967	0.10	3.00	28.70	0.10	1.00	81.10	43.10	89.80	115.60	10.10	0.50	1.80	374.90
1968	10.20	25.30	21.40	38.10	11.20	11.40	175.80	91.50	71.10	6.30	1.10	3.80	467.20
1969	9.40	12.70	0.00	0.10	0.10	1.10	82.20	27.80	8.30	25.70	6.60	9.90	183.90
1970	2.30	23.70	4.30	0.10	0.10	68.50	22.90	21.80	150.50	2.80	0.00	0.10	297.10
1971	1.00	0.00	2.00	1.00	5.30	22.70	52.50	134.60	34.10	59.20	0.00	8.40	320.80
1972	12.10	0.00	0.00	0.00	18.50	78.20	74.90	76.60	127.40	23.20	44.50	0.30	455.70
1973	1.00	40.40	0.10	7.90	12.20	6.00	189.60	210.80	13.60	11.40	0.00	6.80	499.80
1974	0.00	0.00	1.80	0.60	30.20	0.80	66.30	61.70	174.90	2.00	15.00	12.40	365.70
1975	1.00	11.00	0.00	0.00	0.00	23.20	99.50	61.30	30.80	0.20	0.00	1.80	228.80
1976	1.00	0.00	0.00	2.00	60.20	59.90	117.40	34.40	115.00	25.10	22.60	17.20	454.80
1977	4.00	0.00	0.00	2.00	11.00	46.80	119.60	37.80	2.40	42.40	0.10	0.00	266.10
1978	4.00	0.40	0.00	3.00	15.00	55.00	100.00	110.00	20.00	50.00	3.00	2.00	362.40
1979	3.00	1.00	6.00	3.00	18.50	35.80	45.90	63.70	26.00	0.00	3.50	1.50	207.90
1980	0.10	0.10	0.50	0.10	0.10	7.50	16.50	103.50	252.50	24.00	15.00	0.00	419.90
1981	34.00	12.50	1.10	19.70	12.50	79.60	104.10	72.50	70.70	55.50	0.00	0.10	462.30
1982	6.40	0.70	0.10	1.30	0.80	8.50	31.10	43.00	11.30	0.00	17.00	11.20	131.40
1983	15.30	0.10	10.00	0.10	2.90	2.00	2.00	89.10	42.30	15.30	14.50	0.10	193.70
1984	35.50	0.70	0.00	0.00	31.00	106.50	68.60	77.10	46.40	20.40	2.60	26.00	414.80
1985	29.30	8.90	4.00	18.30	6.50	41.70	43.00	17.70	75.70	12.10	2.50	0.00	259.70
1986	7.80	8.00	0.10	2.00	21.00	39.00	80.00	79.50	66.00	13.00	6.00	21.00	343.40
1987	0.10	0.10	0.00	43.50	37.00	9.00	87.00	113.50	36.00	0.10	0.10	0.10	326.50
1988	0.00	0.10	0.10	33.00	5.00	67.00	41.20	137.50	12.00	10.00	0.00	3.00	308.90
1989	0.40	7.00	4.00	0.10	0.30	0.50	27.50	104.20	6.90	19.40	4.50	13.10	187.90
1990	0.40	2.40	4.00	0.10	15.70	13.30	150.20	70.00	91.60	25.60	6.50	3.40	383.20
1991	2.50	6.20	0.00	0.00	4.40	5.80	111.30	104.70	87.80	0.20	15.10	36.60	374.60
1992	59.20	15.20	1.70	6.00	88.30	7.30	30.90	53.20	33.80	0.30	3.50	0.60	300.00
1993	4.20	1.10	0.00	0.20	0.60	40.70	78.40	36.40	56.90	8.40	4.70	0.00	231.60
1994	0.00	0.00	6.00	4.00	4.00	7.10	13.80	7.00	13.50	21.50	1.00	34.50	112.40
1995	0.00	11.20	0.00	0.00	2.50	18.00	44.30	16.70	63.60	8.33	3.00	4.00	171.63
1996	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.40	58.70	117.90	26.90	9.40	13.50	0.00	264.80
1997	2.00	4.70	5.40	3.00	55.00	2.00	94.40	17.40	42.00	0.00	2.00	5.50	233.40
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	68.70	25.70	4.00	25.20	17.00	1.00	144.10
MEDIA	**8.28**	**5.56**	**2.65**	**5.39**	**13.65**	**30.48**	**69.26**	**73.68**	**65.91**	**18.18**	**6.06**	**7.72**	**306.84**
D.E.	**13.22**	**8.37**	**5.70**	**10.60**	**18.73**	**28.65**	**43.64**	**44.57**	**62.56**	**20.80**	**8.72**	**10.62**	**106.34**
MAXIM	**59.20**	**40.40**	**28.70**	**43.50**	**88.30**	**106.50**	**189.60**	**210.80**	**252.50**	**85.50**	**44.50**	**41.90**	**499.80**
MINIM	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.50**	**2.00**	**7.00**	**2.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**112.40**
SESGO	**2.31**	**2.40**	**3.38**	**2.50**	**2.26**	**0.91**	**0.86**	**0.74**	**1.37**	**1.73**	**2.48**	**1.84**	**0.11**

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 8.- PRECIPITACIÓN MENSUAL

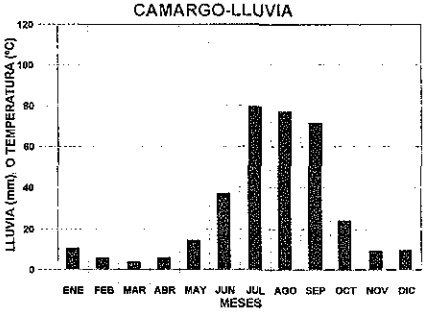
ESTACION VALLE DE ZARAGOZA LATITUD: 27°27´16.9´´ LONGITUD: 105°48´23.9´´

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957													
1958													
1959													
1960													
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969	13.00	11.50	0.00	0.00	0.00	17.50	63.00	36.30	29.00	20.00	5.80	3.80	199.90
1970	0.00	27.50	5.50	9.50	0.00	47.00	71.10	59.90	251.60	0.00	0.00	0.00	472.10
1971	0.00	0.00	0.00	2.50	9.00	15.00	79.00	178.30	17.80	90.80	0.00	4.50	396.90
1972	6.00	0.00	1.50	0.00	34.00	74.80	103.00	115.50	129.40	2.00	59.00	2.00	527.20
1973	3.00	42.50	0.00	9.80	10.50	2.00	225.30	143.60	88.70	0.00	0.00	5.50	530.90
1974	0.00	0.00	0.00	5.00	18.40	0.00	126.80	135.40	173.30	5.50	19.50	15.00	498.90
1975	2.50	7.00	0.00	0.00	0.00	9.50	197.70	28.00	101.40	0.00	0.00	7.70	353.80
1976	0.00	0.00	0.00	0.10	22.50	73.00	110.50	60.00	82.30	27.50	28.00	8.00	411.90
1977	5.00	0.00	0.00	2.50	2.00	96.00	118.30	65.00	28.50	32.50	0.00	0.10	349.90
1978	0.10	4.00	0.00	13.00	33.00	37.50	53.00	190.50	231.50	14.00	0.00	1.00	577.60
1979	11.50	1.00	8.50	6.00	26.00	56.00	111.00	150.50	41.00	0.00	4.00	1.00	416.50
1980	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	15.50	37.00	76.50	188.00	29.50	27.00	0.10	374.10
1981	53.50	4.50	3.50	35.50	19.50	74.00	104.50	143.50	99.50	113.50	0.10	1.00	652.60
1982	19.00	0.10	0.00	3.50	3.00	10.00	62.00	73.00	29.50	0.00	7.00	8.00	215.10
1983	16.30	2.00	20.00	0.10	30.50	13.50	21.00	117.00	176.50	56.50	19.00	0.50	472.90
1984	48.00	0.10	0.10	0.00	56.00	233.50	150.50	206.00	32.00	17.00	10.00	29.50	782.70
1985	44.00	38.00	1.00	20.50	11.00	69.00	77.00	48.50	91.00	14.50	5.50	0.00	420.00
1986	13.00	13.00	1.50	5.00	24.50	125.00	156.50	164.50	137.00	26.50	27.50	18.50	712.50
1987	3.00	1.00	0.10	46.50	51.00	22.50	203.00	102.00	57.50	2.50	0.10	1.00	490.20
1988	0.10	4.50	1.50	13.00	0.10	64.50	131.50	181.50	30.00	59.50	0.00	3.50	489.70
1989	3.00	14.50	0.10	0.10	0.20	0.50	33.10	125.90	9.20	9.20	5.50	15.20	216.50
1990	1.10	0.40	0.20	3.10	2.20	4.90	161.20	105.50	139.00	50.10	10.90	1.10	479.70
1991	5.10	10.50	0.10	0.10	0.20	1.70	316.00	219.60	129.50	7.50	16.60	43.40	750.30
1992	72.30	24.50	4.60	12.40	42.50	49.10	52.50	60.40	43.00	3.40	3.20	2.90	370.80
1993	5.40	0.20	0.10	0.10	5.80	18.90	71.20	51.70	126.80	12.00	3.70	0.60	296.50
1994	0.00	0.00	5.00	8.00	1.00	36.50	24.00	26.00	12.50	13.50	1.50	53.00	181.00
1995	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	84.50	76.50	82.50	74.00	14.50	5.00	4.00	349.00
1996	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.00	67.50	214.00	83.50	24.00	5.00	0.00	503.00
1997	8.50	4.50	3.00	17.00	82.50	1.00	112.30	92.00	32.50	0.00	5.00	3.50	361.80
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	81.00	129.50	19.50	39.50	31.00	0.00	308.50
MEDIA	**11.45**	**7.31**	**1.88**	**7.11**	**16.18**	**45.33**	**106.57**	**112.75**	**89.50**	**22.85**	**10.00**	**7.81**	**438.75**
D.E.	**18.40**	**11.48**	**4.03**	**10.95**	**20.79**	**50.03**	**65.79**	**57.49**	**66.86**	**27.58**	**13.40**	**12.92**	**154.24**
MAXIM	**72.30**	**42.50**	**20.00**	**46.50**	**82.50**	**233.50**	**316.00**	**219.60**	**251.60**	**113.50**	**59.00**	**53.00**	**782.70**
MINIM	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**21.00**	**26.00**	**9.20**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**181.00**
SESGO	**2.16**	**1.97**	**3.51**	**2.34**	**1.54**	**2.01**	**1.33**	**0.30**	**0.81**	**1.87**	**2.06**	**2.46**	**0.45**

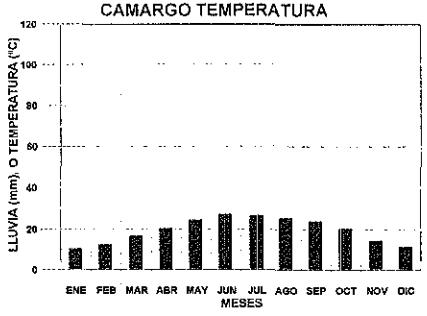
FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 9.- CLIMOGRAMAS

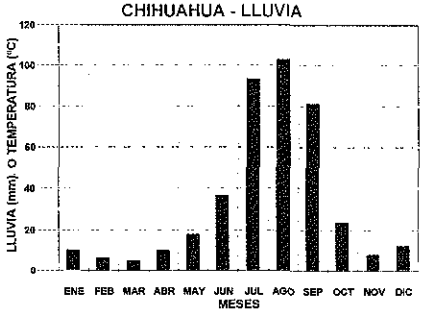
CAMARGO-LLUVIA



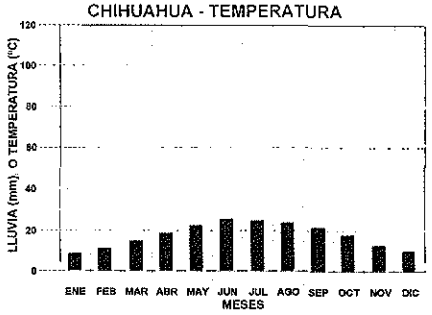
CAMARGO TEMPERATURA



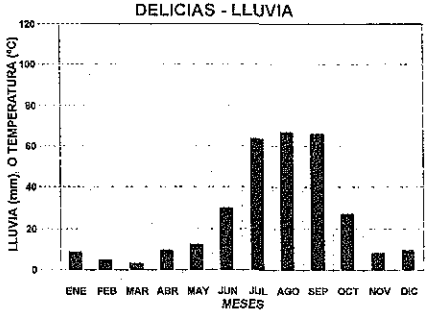
CHIHUAHUA - LLUVIA



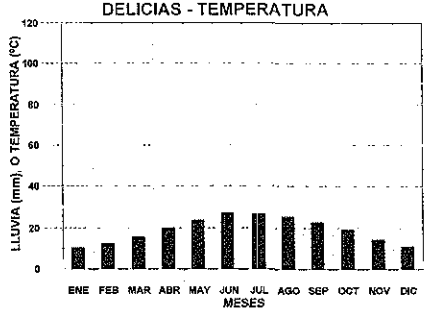
CHIHUAHUA - TEMPERATURA



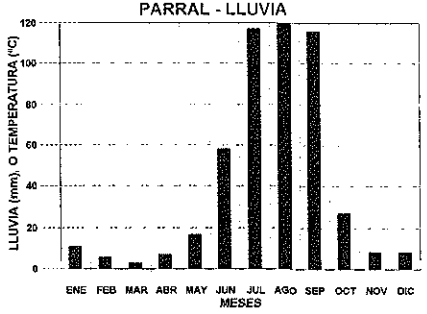
DELICIAS - LLUVIA



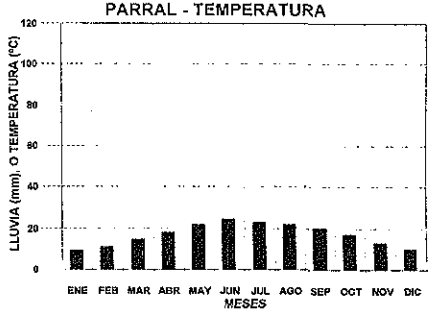
DELICIAS - TEMPERATURA



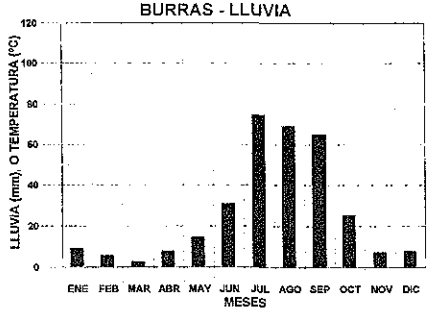
PARRAL - LLUVIA



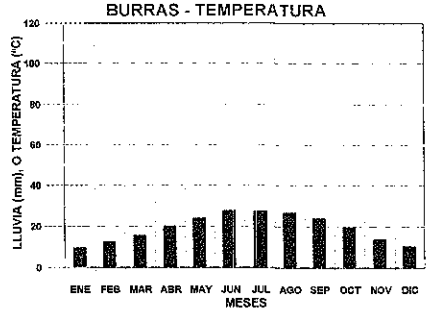
PARRAL - TEMPERATURA



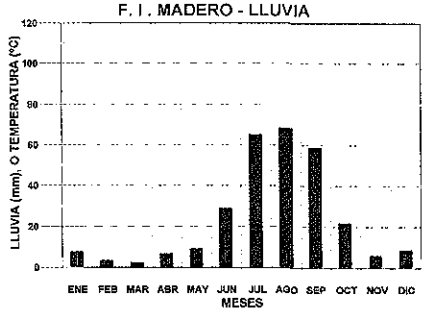
BURRAS - LLUVIA



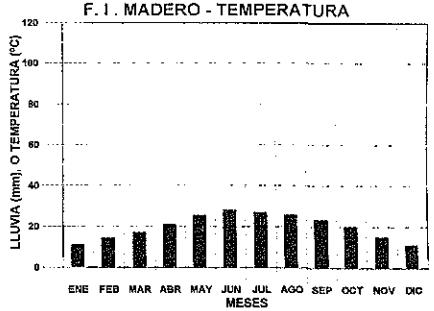
BURRAS - TEMPERATURA



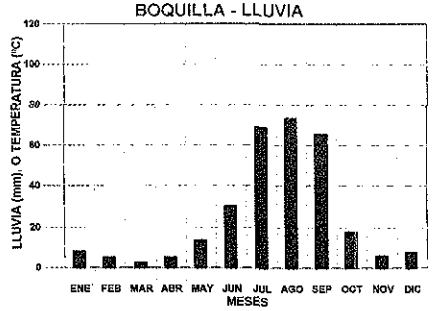
F. I. MADERO - LLUVIA



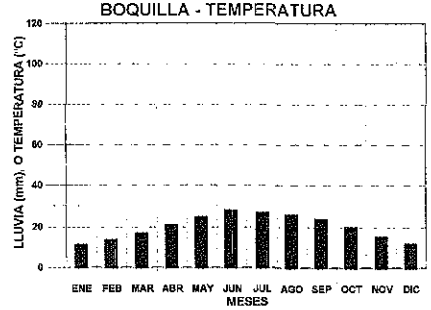
F. I. MADERO - TEMPERATURA



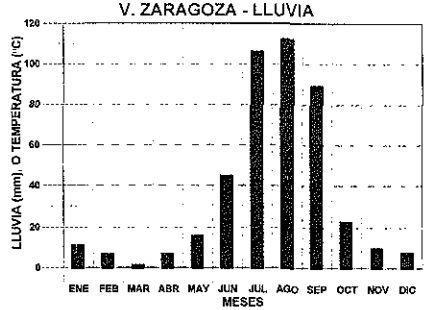
BOQUILLA - LLUVIA



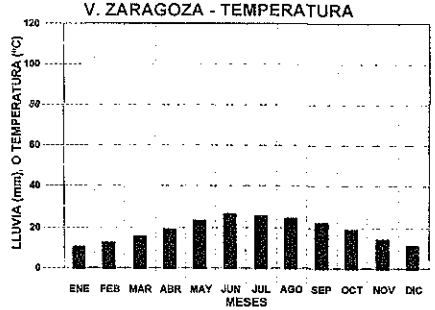
BOQUILLA - TEMPERATURA



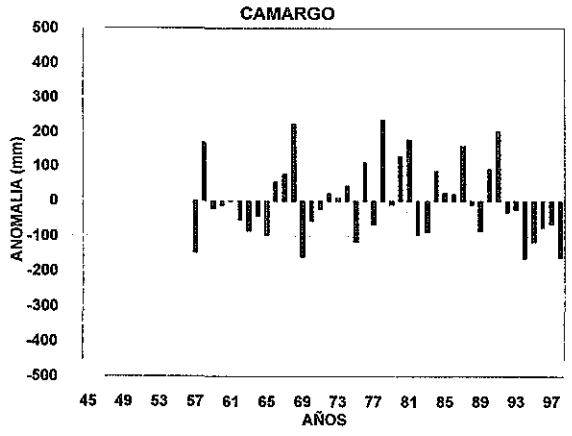
V. ZARAGOZA - LLUVIA

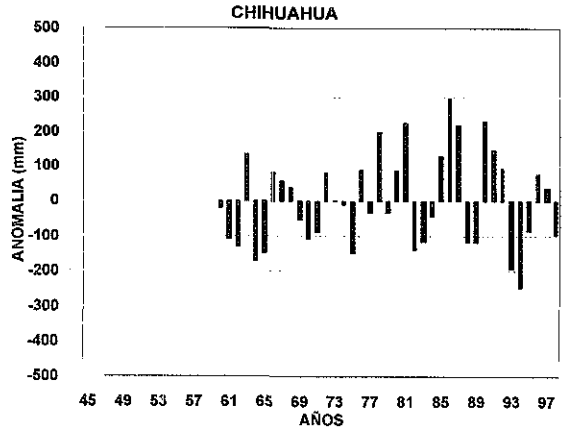


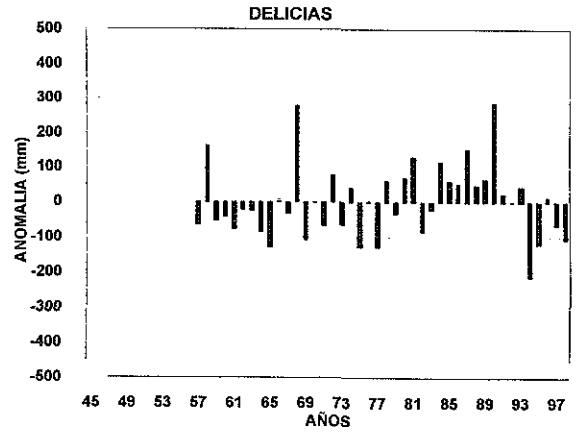
V. ZARAGOZA - TEMPERATURA

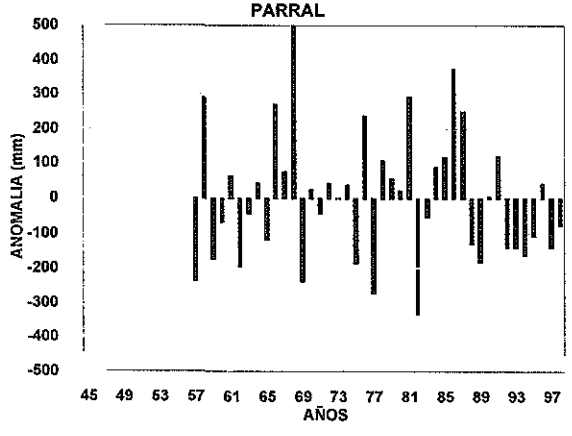


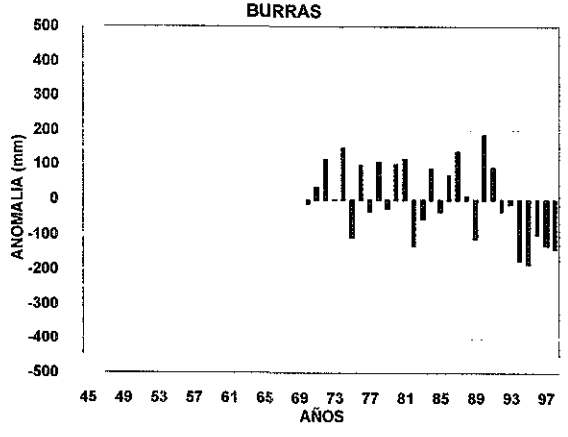
162

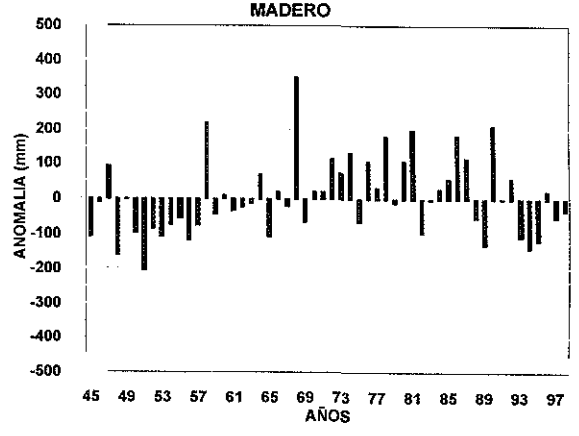


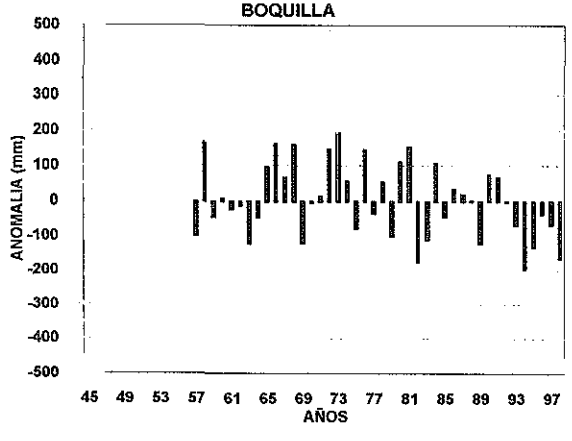


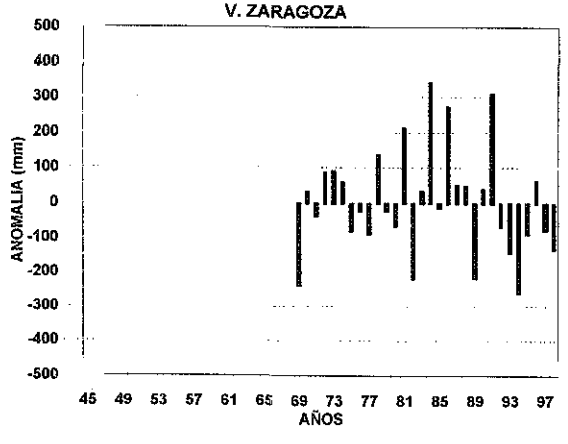






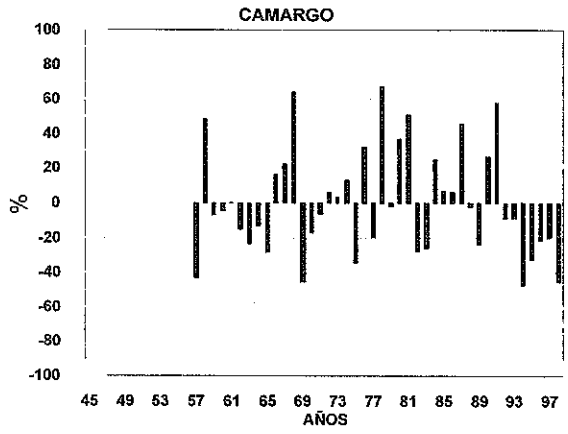


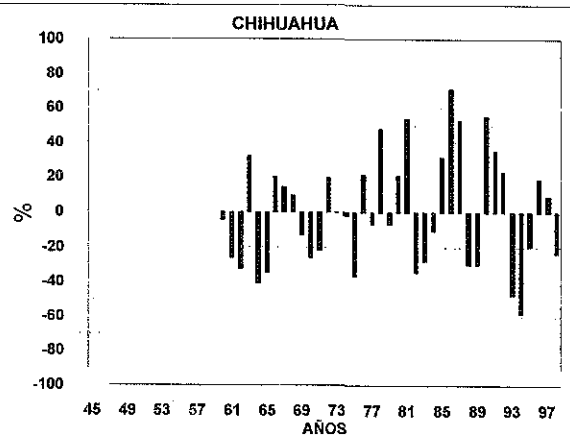


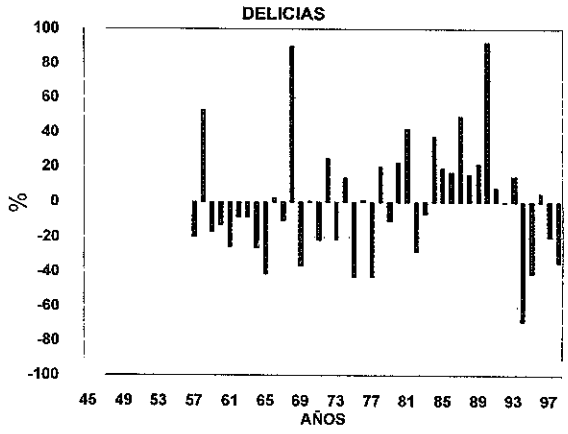


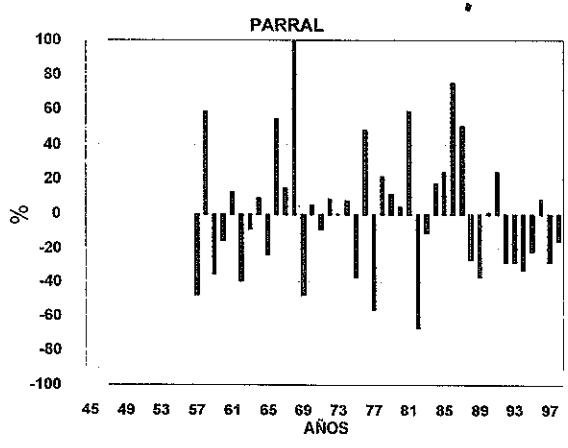
ANEXO 10.- ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN, EN mm/AÑO

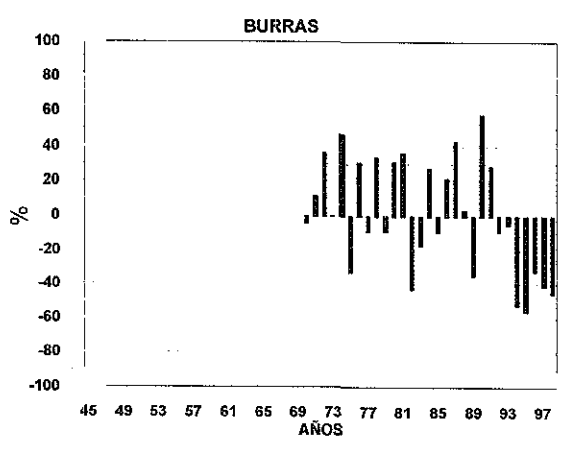
CLIMOGRAMAS.WB3 04-Abr-02

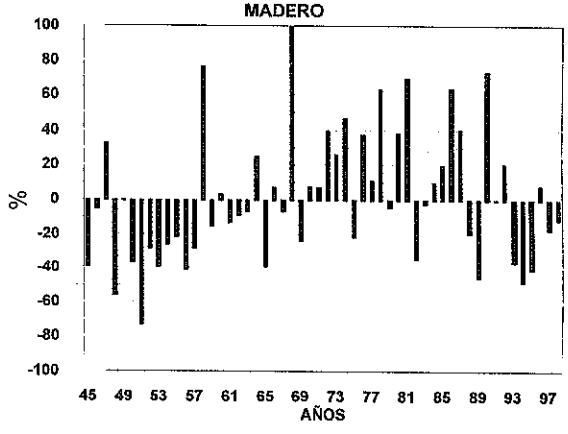


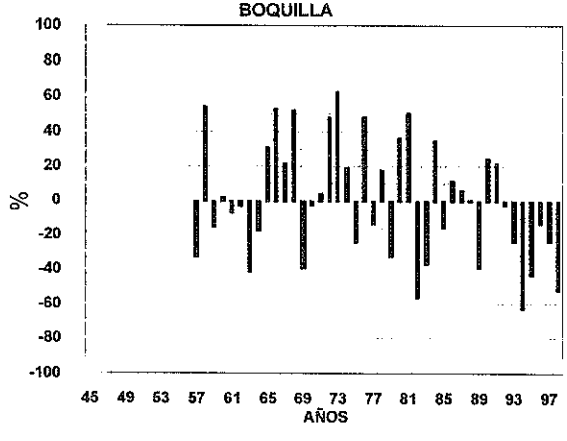


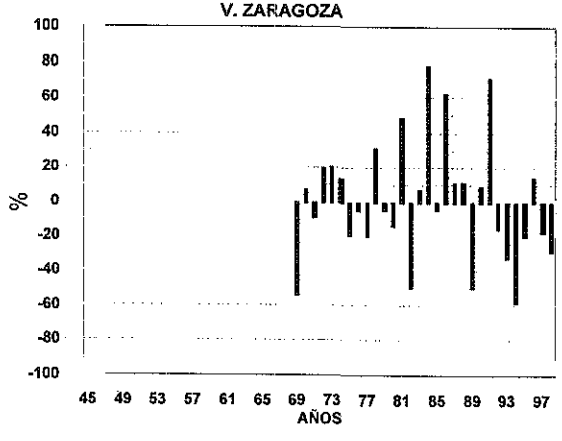












ANEXO 11.- ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN ANUAL, EN %

CLIMOGRAMAS.WB3 04-Abr-02

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ANEXO 12.- NIVELES PIEZOMÉTRICOS DEL ACUÍFERO DE DELICIAS, CHIH.
METROS DESDE LA SUPERFICIE NATURAL DEL SUELO

NUMERO	ELEVACION	IDENTIFICACION		LECTURAS				LAT. NORTE	LONG.OESTE
#DE POZO	DEL BROCAL	UBICACION	PROPIETARIO	OCT. 1995	NOV. 1996	NOV. 1997	NOV. 1998	GRAD.DECIM.	GRAD.DECIM.
3	1,222.900	Ejido Las Delicias Sector 8.	Ejido Las Delicias Sector 8.	79.85	N.D		N.D.	28.13	-105.41
4	1,219.000	Ejido Las Delicias Sector 8.	Ejido Las Delicias Sector 8.		N.D		N.D.	28.14	-105.41
7	1,224.050	Ejido Las Varas.	Ejido Las Varas Soc. Col.	53.68	59.20	62.40	62.83	28.12	-105.42
8	1,230.850	Ejido Las Varas.	Ejido Las Varas Soc. Col.	67.26	N.D	72.90	73.09	28.12	-105.42
9	1,221.900	Ejido Las Varas.	Ejido Las Varas Soc. Col.	132.86	131.24	123.15	123.85	28.12	-105.43
10	1,237.900	Ejido Las Varas.	Ejido Las Varas Soc. Col.	120.57	120.30	108.47	107.66	28.45	-105.44
13	1,222.000	Rancho El Hormiguero.	Carlos Sandoval.	96.44	97.04	95.30	96.85	28.13	-105.45
14	1,218.900	Barranco Blanco, R. La Soledad.	Dto. de Riego 005.		99.36		N.D.	28.12	-105.47
16	1,221.900	Rancho Las 3 M.	Miguel Madero.		100.67	102.85	N.D.	28.12	-105.47
18	1,218.900		Carlos Baeza.		101.76	103.15	104.62	28.12	-105.46
19	1,236.000				128.92	129.13	130.83	28.11	-105.45
20	1,230.900	Rancho San Andrés.	José Gómez.			129.18	130.95	28.11	-105.45
22	1,244.900	Rancho Las Rositas.	Eloy Pando.	142.87	140.06	142.68	144.48	28.10	-105.44
26	1,247.000			147.68	145.75	148.85	149.92	28.08	-105.45
28	1,247.200	Rancho San Isidro.	Jesús Guevara González.		N.D		156.32	28.07	-105.45
30	1,243.900	Felipe Angeles.	Dto. de Riego 005, No. 30.	144.64	142.37	142.90	140.56	28.06	-105.45
38	1,239.400	Rancho El Chaparral.	Ing. Zertuche.	138.16	136.20	139.05	140.38	28.08	-105.45
40	1,238.900	Rancho San José.	Jesús Maynez M.				N.D.	28.07	-105.46
43	1,233.800	Rancho Los Pinos.	José Prieto Chávez.	68.44	61.87	60.85	64.32	28.06	-105.47
45	1,228.380	Rancho Los Fresnos.	Arturo Griffel.	47.25	45.83	42.09	47.35	28.06	-105.48
48	1,231.700	Rancho García.	Jesús García.		118.90	120.42	122.30	28.10	-105.46
53	1,222.550	Rancho Las Palmeras.	Eddy Ginner de Falcón.		N.D	104.20	106.17	28.08	-105.47
56	1,237.900	Rancho La Varita.	Lidia Licón de Chávez.	124.32	122.54		125.03	28.07	-105.47
59	1,231.700						N.D.	28.08	-105.48
63	1,253.900	Rancho Escondida.	Benjamin Rodríguez.				CAND.	28.04	-105.48
64	1,284.000	Rancho La Negra.	Ramiro Calderón.	140.85	142.35		N.D.	28.01	-105.50
66	1,237.700	Rancho La Nueva Aurora.	Teodoro Venzor.	131.32			CAND.	28.05	-105.48
67	1,230.050	Rancho La Nueva Aurora.	Teodoro Venzor.			53.10	54.95	28.06	-105.50
68	1,230.050	Rancho La Nueva Aurora.	Teodoro Venzor.			115.19	118.85	28.06	-105.50
76	1,221.150	Rancho Los Tenejales.	Arturo Griffel.	54.17	52.78	54.40	55.30	28.06	-105.51
77	1,228.900	Rancho Los Tenejales.	Arturo Griffel.	116.11	N.P.S	N.P.S.	N.P.B.S.	28.07	-105.52
78	1,230.050	Rancho Los Tenejales.	Arturo Griffel.	112.82	N.D	113.10	114.30	28.07	-105.52
80	1,221.700	Rancho Los Tenejales.	Arturo Griffel.	39.87	42.32	45.97	46.77	28.07	-105.52
81	1,228.380	Rancho Los Tenejales.	Arturo Griffel.	40.77	33.82	33.03	33.88	28.08	-105.52
83	1,246.900	Rancho Los Guamis.	Jesús Romero.		122.00	123.15	125.32	28.05	-105.53
89	1,232.200	Rancho El Alejo.	M. Alonso y Juan Morales.	126.02	123.45	125.13	128.21	28.06	-105.55
90	1,230.000	Rancho Alegre.	Manuel Caklerón.	117.10	104.80	105.68	113.37	28.07	-105.53
91	1,225.000	Rancho El Viñedo.	Miller Donnar.	125.32	115.07	119.00	123.10	28.08	-105.54
96	1,229.150		Jesús Escobar.		N.D		35.25	28.07	-105.53
99	1,212.110	Rancho El Alejo.	M. Alonso y Juan Morales.		33.78	34.27		28.09	-105.53
101	1,221.020	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	118.52	107.66	108.49	110.78	28.09	-105.55
103	1,215.500	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	79.46	77.50	79.85	81.63	28.09	-105.54
104	1,242.000	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	114.17	112.10	112.45	114.81	28.10	-105.55
105	1,210.900	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	100.68	97.69	96.68	98.54	28.11	-105.56
106	1,220.130	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	95.32	98.80	108.49	110.66	28.12	-105.57
107	1,219.400	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	98.02	94.15	96.09	98.35	28.11	-105.58
108	1,122.700	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	101.44	98.38	101.14	103.20	28.12	-105.59
109	1,210.200	Ejido Las Delicias.	Ejido Las Delicias.	37.60	39.00	35.86	38.17	28.12	-105.58
112	1,191.680	Rancho Tinoco.	Cesar Tinoco Loya.		N.D	24.55	35.13	28.13	-105.56
114	1,204.400	Rancho Don Evaristo.	Juan José Berges.	48.98	N.D	46.39	52.21	28.12	-105.57
115	1,201.400	Rancho Del Frente.	Juan Francisco Singer.	20.38	18.18	20.05	28.10	28.12	-105.55
128	1,205.380	Rancho La Esmeralda.	Francisco V. Antillón.				DERR.	28.10	-105.51
129	1,198.650	Rancho San Juan.	Juan Carlos Berges.	9.36	10.00	6.68	7.50	28.10	-105.52
137	1,181.500	Granja El Fresno.	Heberto Villalobos.		10.82	7.62	8.55	28.21	-105.52
139	1,192.400	Rancho Chapultepec.	Víctor M. Carrasco.	55.60	NO	54.92	N.D.	28.15	-105.50
142	1,209.750	Rancho El Güero.	Ramón Horacio Prieto.	83.15	81.85	80.32	82.55	28.11	-105.49
147	1,202.750	Lote 2397, S.A.R.H. Delicias.	Federico Romero.		N.D	19.60	23.43	28.13	-105.44
148	1,211.000			31.46	35.82	35.44	38.73	28.12	-105.46
150	1,208.580	Rancho Terrazas.	Oscar Terrazas.		29.80	30.77	33.62	28.14	-105.43
151	1,221.400	Rancho Las Calaveras.	Irwin Kendell.		NO		SELL.	28.18	-105.45
155	1,206.400	Lechería Zaragoza.	Lechería Zaragoza.		N.D		N.D.	28.15	-105.50
161	1,216.400	Establo Del Norte.	Félix Delgado.	59.49	59.59		50.05	28.15	-105.39
163	1,204.450	Rancho El Mayordomo.	VICTOR ESPARZA	35.09	35.23		16.20	28.12	-105.38
167	1,191.050	Rancho El Tocayo.	EVERARDO LUJAN	28.68	26.80	19.25	18.27	0.00	0.00
169	1,201.000	Rancho Las Adelas.	ARQ. JORGE ORNELAS	25.36	20.57	15.62	15.18	28.17	-105.36
175	1,210.400	Rancho La Herradura.	HORACIO GONZALEZ	51.53	55.48	58.91	56.78	28.17	-105.38
178	1,221.250	Rancho La Herradura.	HORACIO GONZALEZ	37.46	40.52	34.04	33.05	28.17	-105.39
182	1,205.400	Rancho La Quemada.	DTO. DE RIEGO 005 No 102	51.15	52.30		n.d.	28.20	-105.39
191		Ex Hacienda Bachimba.	ING. ZERTUCHE		58.54		57.87	0.00	0.00
192	1,226.780	Rancho Abeles.	ABEL SEDUJO	75.65	66.63	64.58	64.95	28.40	-105.65
202	1,200.250	Rancho Los Nogales.	ARMANDO MUÑIZ	33.42	34.72	39.08	41.33	28.38	-105.62
203	1,216.050	Rancho El Gato.	JORGE CANO	39.16	40.04	39.73	41.94	28.37	-105.63
205	1,165.760	El Consuelo.	DTO. DE RIEGO 005 No 79	7.55	N.D	7.08	5.38	28.30	-105.57
206	1,159.400	La Garita.	AGUA POTABLE	10.42	7.18	6.68	5.91	28.30	-105.56
207	1,150.250	El Consuelo.	DTO. DE RIEGO 005 No 70	7.55	5.45	5.40	4.13	28.29	-105.55
208	1,149.330	El Consuelo.	DTO. DE RIEGO 005 No 80	5.80	4.08	3.82	2.67	28.29	-105.54
211	1,183.980	Rancho Santa Teresa.	ANDRES FIERRO	Azolvado	AZOLV	36.17	38.48	28.15	-105.53
215	1,200.430	Granja Hilda.	HILDA GUTIERREZ	33.14	32.80	26.81	31.87	28.15	-105.60
219	1,164.000	Congregación Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 (SIN PLACA)	22.24	11.55	9.73	8.30	28.23	-105.54

163

ANEXO 12.- NIVELES PIEZOMÉTRICOS DEL ACUÍFERO DE DELICIAS, CHIH.
METROS DESDE LA SUPERFICIE NATURAL DEL SUELO

NUMERO	ELEVACION	IDENTIFICACION		LECTURAS				LAT. NORTE	LONG.OESTE
#DE POZO	DEL BROCAL	UBICACIÓN	PROPIETARIO	OCT. 1995	NOV. 1996	NOV. 1997	NOV. 1998	GRAD.DECIM.	GRAD.DECIM.
220	1,162.750	Congregación Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 12	21.54	14.85	12.14	9.10	28.23	-105.53
221	1,159.950	Congregación Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 10	19.57	12.00	9.28	10.40	28.24	-105.53
222	1,170.050	Rancho S. Isidro, Car. Ortiz-Rosales.	D.A.S. PDO. 12	29.50	10.45	9.83	10.15	28.25	-105.52
224	1,156.850	Carretera Ortiz - Rosales.	D.A.S. PDO.12-A	16.46	9.95	8.29	9.02	28.25	-105.52
226	*1,154.850*	*Carretera Meoqui - Ortiz.*	*DTO. DE RIEGO 005 No 9*	*15.85*	*6.38*	*5.00*	*4.54*	28.25	*-105.51*
227	1,158.000	Carretera Meoqui - Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 7	18.14	7.33	6.37	6.05	28.25	-105.51
228	1,154.000	Carretera Meoqui - Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 4		8.21	6.55	6.31	28.21	-105.51
230	1,151.750	Carretera Meoqui - Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 19		7.05	7.18	6.88	28.27	-105.49
231	1,151.050	Carretera Meoqui - Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 2		12.23	12.78	11.03	28.27	-105.50
232	1,150.250	Carretera Meoqui - Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 1		N.D		n.d.	28.28	-105.48
235	1,188.550	RANCHO LOS PINOS, ROSALES	EUBACIO LICON	12.45	11.38	9.76	9.94	28.20	-105.06
236	1,189.900	Rancho Las Novias.	HUMBERTO LICON	9.58	7.43	6.48	6.38	28.20	-105.58
244	1,225.400	Congregación Ortiz.	DTO. DE RIEGO 005 No 35	13.40	8.84	7.65	7.54	0.00	0.00
245	*1,158.000*	*Congregación Ortiz.*	*DTO. DE RIEGO 005 No 40*	*11.79*	*8.30*	*7.87*	*5.49*	*0.00*	*0.00*
246	1,148.000	Ciénega de Meoqui.	DTO. DE RIEGO 005 No 20		15.65	13.51	13.68	28.28	-105.50
247	1,148.000	Ciénega de Meoqui.	DTO. DE RIEGO 005 No 22	5.80	3.41	1.68	1.54	28.28	-105.51
248	1,148.000	Ciénega de Meoqui.	DTO. DE RIEGO 005 No 47	6.35	5.39	4.42	4.72	28.28	-105.52
251	1,147.000	Ciénega de Meoqui.	DTO. DE RIEGO 005 No 31	6.85	5.36	4.51	4.83	28.30	-105.52
256	1,161.650	El Consuelo	DTO. DE RIEGO 005 No 81	5.68	6.42	3.72	2.86	28.31	-105.57
258	1,149.250	El Consuelo	DTO. DE RIEGO 005 No 71	10.12	5.70	3.85	3.11	28.31	-105.59
261	1,158.730	El Consuelo	DTO. DE RIEGO 005 No 65	13.38	10.47	10.91	9.15	28.33	-105.56
263	1,152.050	CIENEGA DE MEOQUI	DTO. DE RIEGO 005 No 87	14.87	10.68	10.88	9.52	28.33	-105.55
269	*1,159.400*	*CIENEGA DE MEOQUI*	*DTO. DE RIEGO 005 No 88*	3.81	3.05	3.47	3.20	28.34	-105.57
272	1,159.900	LA ESCUADRA, L. CARDENAS	DTO. DE RIEGO 005 No 42	12.60	17.81	13.55	13.87	28.39	-105.59
273	1,179.700	LA ESCUADRA, L. CARDENAS	DTO. DE RIEGO 005 No 11	11.52	9.85	8.37	8.78	28.39	-105.58
274	1,169.030	LA ESCUADRA, L. CARDENAS	DTO. DE RIEGO 005 No 3		18.15	17.65	17.94	28.39	-105.50
277	1,162.750	LA ESCUADRA, L. CARDENAS	DTO. DE RIEGO 005 No 8	20.68	18.53	13.90	15.50	28.39	-105.55
278	1,160.520	LA ESCUADRA, L. CARDENAS	DTO. DE RIEGO 005 No 39	39.33	36.92	27.72	28.63	28.39	-105.54
280	1,155.450	RANCHO EL GATO, ROSALES	RAMON CARRASCO	8.75	23.63		17.40	28.38	-105.52
285	1,149.520	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 90		AZOLV	AZOLV	azolv.	28.37	-105.52
290	1,162.200	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 91		19.00	22.91	n.d.	28.36	-105.57
292	1,162.200	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 92	5.49	5.06	5.81	4.05	28.32	-105.57
293	1,162.650	NUEVO SAN LUCAS	AGUA POTABLE		N.D		n.d.	28.36	-105.57
295	1,150.400	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 95	11.70	9.13	8.78	8.32	28.36	-105.54
296	1,148.000	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 99		10.73	10.58	9.85	28.35	-105.54
297	1,151.750	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 24	44.13	19.45	24.53	24.91	28.36	-105.54
298	1,151.550	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 86	15.52	8.00	7.53	7.68	28.34	-105.53
299	1,148.150	NUEVO SAN LUCAS	DTO. DE RIEGO 005 No 94	7.00	5.45	5.31	5.22	28.33	-105.53
301	1,146.700	CIENEGA DE MEOQUI	DTO. DE RIEGO 005 No 62	4.42	3.88	2.44	2.53	28.32	-105.53
303	1,145.750	CIENEGA DE MEOQUI	DTO. DE RIEGO 005 No 66	4.28	4.65	3.40	3.25	28.32	-105.52
307	1,145.900	CIENEGA DE MEOQUI	DTO. DE RIEGO 005 No 84	5.05	2.32	2.32	3.21	28.31	-105.52
313	1,141.750	LOMAS DEL CONSUELO	DTO. DE RIEGO 005 No 48	18.84	19.19	14.47	14.38	28.31	-105.47
314	1,141.400	AEROFUMIGADORA SANTO NIÑO	DTO. DE RIEGO 005 No 27	18.79	16.05	11.35	11.62	28.30	-105.46
315	1,146.400	UNIDAD LINDA VISTA	DTO. DE RIEGO 005 No 29	24.79	20.37	13.82	14.61	28.33	-105.48
317	1,140.750	GUADALUPE VICTORIA	DTO. DE RIEGO 005 No 52	12.88	12.97	11.56	12.62	28.34	-105.45
319	1,140.920	GUADALUPE VICTORIA	D.A.S. PDO-14	Azolvado	AZOLV	AZOLV	azolv.	28.35	-105.45
321	1,135.550	LOS GARCIA	DTO. DE RIEGO 005 No 59	10.64	N.D		n.d.	28.35	-105.42
332	1,148.240	MEOQUI	COCA-COLA	31.18	N.D		n.d.	28.28	-105.48
337	1,158.580	KM. 12 + 960, CANAL RUMBO JIM.	DTO. DE RIEGO 005 No 60		AZOLV.	AZOLV	31.90	28.42	-105.49
341	1,160.530	RANCHO CABALLERO	VICENTE ARTURO CABALLERO	Azolvado	AZOLV.	AZOLV	azolv.	28.41	-105.52
342	1,135.750	EJIDO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	23.17	DERR.		derr.	28.50	-105.52
345	1,140.950	EJIDO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	24.38	15.75	13.58	14.31	28.49	-105.52
347	1,146.550	EJIDO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	17.96	6.80	5.30	6.05	28.49	-105.54
348	1,149.150	EJIDO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005 No 25	24.15	10.82	7.34	8.28	28.49	-105.54
349	1,160.550	POTRERO DEL LLANO	DTO. DE RIEGO 005 No 54	45.94	N.D	34.23	37.17	28.46	-105.55
351	1,161.950			Azolvado	AZOLV.	AZOLV	AZOLV.	28.46	-105.54
364	1,181.650	RANCHO LAS HORMIGA	SANDRA RUIZ		21.07	21.83	23.44	28.43	-105.58
370	1,170.350	RANCHO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	36.35	34.00	35.13	36.18	28.49	-105.57
373	1,162.750	RANCHO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	23.78	15.35	16.44	14.07	28.47	-105.56
385	1,179.750	RANCHO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005	28.45	28.46	29.30	31.12	28.45	-105.59
391	1,192.050	RANCHO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005 No 6	25.73	26.95	28.15	30.78	28.44	-105.61
392		RANCHO BARRANCO BLANCO	DTO. DE RIEGO 005 No 7	62.72	61.30	62.20	64.90	0.00	0.00
393	1,200.250	RANCHO EL POZITO	MIGUEL BAEZA	27.03	90.25	92.10	94.89	28.44	-105.62
403	1,195.450	RANCHO LOS ALAZANES	GANERAL ANGUIANO		83.83	82.35	80.48	28.47	-105.64
404	1,195.150	RANCHO LOS ALAZANES	GENERAL ANGUANO		78.31	77.20	75.50	0.00	0.00
405		EJIDO PEDRO CONTRERAS	EJIDO PEDRO CONTRERAS		67.13	70.35	68.05	0.00	0.00
406		COL. TEOFILO BORUNDA	MARIO GARDEA Y SOCIOS	66.34	57.88	58.14	55.47	0.00	0.00
407		EJIDO NUEVO JULIMES	RAMON GONZALEZ Y SOCIOS		78.10	76.55	73.43	0.00	0.00
409		EJIDO NUEVO JULIMES	PABLO VIGIL Y SOCIOS		82.37	84.33	83.26	0.00	0.00
416		TEOFILO BORUNDA	SR. MATA Y SOCIOS	93.85	64.22	59.43	57.27	0.00	0.00
418		EJIDO TEOFILO BORUNDA	MIGUEL GUTIERREZ Y SOCIOS		68.05	66.76	63.28	0.00	0.00
419	*1,200.450*	*RANCHO EL GENERAL*	*GUILLERMO QUEVEDO*		*27.78*	*26.47*	*23.60*	*28.16*	-105.43
433		COL. PRADO RANCHO EL R-15	MARCELO CHAVEZ	44.78	39.65	38.90	40.54	0.00	0.00
451	1,192.900	LA QUEMADA	DTO. DE RIEGO 005 No 15		53.14	40.17	44.90	28.21	-105.41
454	1,160.900	EJIDO LA MERCED	EJIDO LA MERCED		11.76	12.45	14.83	28.24	-105.35
455	1,182.900	EL ALAMITO	AGUA POTABLE		29.32		N.D.	28.23	-105.37
463		EJIDO PEDRO CONTRERAS	EJIDO PEDRO CONTRERAS	15.73	6.95	18.27	21.83	0.00	0.00
464		EJIDO PEDRO CONTRERAS	EJIDO PEDRO CONTRERAS	18.02	17.60	15.73	18.20	0.00	0.00
471		RANCHO VIÑEDO ALAMO	CARLOS BOLIVAR	23.33	27.90	23.00	23.95	0.00	0.00

ANEXO 12.- NIVELES PIEZOMÉTRICOS DEL ACUÍFERO DE DELICIAS, CHIH.
METROS DESDE LA SUPERFICIE NATURAL DEL SUELO

NUMERO	ELEVACION	IDENTIFICACION		LECTURAS				LAT. NORTE	LONG.OESTE
#DE POZO	DEL BROCAL	UBICACION	PROPIETARIO	OCT. 1995	NOV. 1996	NOV. 1997	NOV. 1998	GRAD.DECIM.	GRAD.DECIM.
472		NUEVO LORETO	DTO. DE RIEGO 005 No 17	22.48	25.15	17.77	18.80	0.00	0.00
475		NUEVO LORETO	DTO. DE RIEGO 005 No 18	20.38	22.37	19.24	20.34	0.00	0.00
476		SAN DIEGO	AGUA POTABLE	4.88	4.73	4.51	4.85	0.00	0.00
494		RANCHO SAN MIGUEL	JACOBO HERNANDEZ	64.42	N.D	65.20	66.48	0.00	0.00
521		COL. NUEVO TERRAZAS	AGUA POTABLE		N.D		N.D.	0.00	0.00
534		CUATRO VIENTOS	AGUA POTABLE		47.50	40.72	43.06	0.00	0.00
545		JULIMES	GUILLERMO FRANCO	8.70	6.93	8.03	8.35	0.00	0.00
546		JULIMES	HECTOR MARTIN PANDO MUÑIZ	10.37	8.78	9.85	10.17	0.00	0.00
548		JULIMES	RAMON CARNERO	10.96	8.97	9.72	9.92	0.00	0.00
549		JULIMES, RANCHO LA ESPERANZA	JESUS M. CARDONA	8.54	7.03	8.48	8.73	0.00	0.00
553		EJIDO CONCHOS	S.A.R.H.	55.88	54.22	55.20	56.78	0.00	0.00
565		RANCHO SANTA OFELIA	MANUEL CHAVEZ	34.90	32.67	34.40	35.62	27.95	-105.26
574	1,200.000	GRANJA LOS OLIVOS	ESPERANZA GINER		AZOLV.	AZOLV	AZOLV.	0.00	0.00
576		EL ORRANTEÑO	AGUA POTABLE		N.D	12.90	N.D.	0.00	0.00
599		HDA. DELICIAS	AGUA POTABLE		N.D		N.D.	0.00	0.00
602		RANCHO EL MILAGRO	CRUZ ORTIZ		16.85		14.83	0.00	0.00
605	1,192.000	EJIDO EL MOLINO	DTO. DE RIEGO 005		35.70	19.07	28.66	0.00	0.00
759		EL MOLINO	AGUA POTABLE		N.D		N.D.	0.00	0.00
781		RANCHO LOS PINABETES	RAFAEL GALLEGOS Y ASOC.	48.90	44.43	42.56	44.10	0.00	0.00
782		RANCHO ROSA MARIA	LEOPOLDO HERNANDEZ	56.03	N.D	36.20	38.05	0.00	0.00
788		COL. PRADO, RANCHO VALLES	GUILLERMO VALLES		PEND.			0.00	0.00
801		LOS GARCIA	AGUA POTABLE		N.D		N.D.	0.00	0.00
812		BRECHA 47, MAR. DER. P. DEL LLANO	DTO. DE RIEGO 005 No 53		AZOLV.	AZOL	AZOLV.	0.00	0.00
815		BARRANCO BLANCO	AGUA POTABLE SANTA RITA	47.09	43.30		45.10	0.00	0.00
823		RANCHO LAS BERTAS	REYNALDO MATA		NO		N.L.	0.00	0.00
831		RANCHO EL UNO MAS UNO	BENITO VILLAREAL		NO		N.L.	0.00	0.00
101-A		Nuevo Loreto.	Dto. de Riego 005, No. 101.	21.38	24.91	20.10	21.32	0.00	0.00
103-A		Nuevo Loreto.	Ejido Las Delicias No. 103.					0.00	0.00
13-A		La Quemada.	Dto. de Riego 005, No. 13.	97.68	N.D	48.35	50.03	0.00	0.00
18-N		Sector Las Palmas.	Dto. de Riego 005.		16.86	15.10	13.53	0.00	0.00
412-A		LOMA LINDA	AGUA POTABLE		N.D		N.D.	0.00	0.00
47-N		Las Palmas.	Dto. de Riego 005.		30.80	29.13	27.38	0.00	0.00
494-A		RANCHO SAN MIGUEL	JACOBO HERNANDEZ	61.10	57.74	54.45	55.93	0.00	0.00
PCHJU-1		EJIDO NUEVO JULIMES	ANTONIO GOMEZ	65.68	63.75	60.72	65.66	0.00	0.00
PDO-11		LA GALERA (ALDAMA)	S.A.R.H.	13.80	PEND.		N.S.	0.00	0.00
PDO-16		EJIDO PEDRO CONTRERAS	AGUA POTABLE	24.83	22.95	22.35	25.10	0.00	0.00
PDO-6	1,156.144	LA ESCUADRA L. CARDENAS	D.A.S. 6	Azolvado		AZOLV		0.00	0.00
PDO-8	1,135.368	LAS PALMES	FRANCISCO GONZALEZ	20.15	18.72	17.87	16.06	0.00	0.00
PDO-9	1,135.870	SAN DIEGO	S.A.R.H.	10.00	9.77	9.60	10.18	0.00	0.00
Q		GRAL. J. AMARO, R. LOS GRALES.	PROPIEDAD DE LA NACION		N.D	126.45	130.46	0.00	0.00
S/N		RANCHO SANTA ISABEL					AZOLV.		
SARH		GRAL. JOAQUIN AMARO	S.A.R.H.	129.52	126.38	128.05	132.11		

FUENTE: CNA - GERENCIA ESTATAL EN CHIHUAHUA - SUBGERENCIA TECNICA

ANEXO 13.- TABLA DE APORTACIONES POR ESCURRIMIENTO A LA PRESA LA BOQUILLA

VOLUMEN EN MILLONES DE M3

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1935	18.40	25.40	16.80	14.50	11.20	9.10	53.10	188.60	494.40	62.60	6.70	10.50	911.30
1936	28.50	20.50	18.10	14.60	13.30	11.80	67.40	310.10	862.20	72.80	25.30	36.90	1,481.50
1937	17.60	13.90	17.60	21.90	11.40	14.20	60.90	80.50	558.20	46.90	9.50	15.20	867.80
1938	26.30	10.20	22.70	14.80	27.90	109.10	844.90	296.30	1,011.00	43.10	9.20	17.60	2,433.10
1939	19.50	12.00	24.40	27.50	17.20	27.20	116.10	564.80	45.40	54.90	21.20	128.10	1,058.30
1940	41.30	27.40	22.00	23.20	27.10	43.20	32.70	247.00	110.70	22.90	13.70	13.20	624.40
1941	15.90	19.20	10.70	25.50	31.60	40.40	292.50	670.00	840.10	388.70	23.40	61.30	2,419.30
1942	21.00	12.80	20.10	18.70	25.60	26.50	62.40	1,176.00	857.80	1,004.00	160.40	19.70	3,405.00
1943	19.50	15.00	19.90	20.10	26.30	39.10	151.40	166.70	363.20	197.10	17.90	198.70	1,234.90
1944	21.30	80.20	70.90	26.30	26.70	36.50	75.00	147.50	729.80	31.90	18.00	36.80	1,300.90
1945	24.50	16.60	18.30	20.20	34.40	33.10	363.10	194.90	27.50	176.90	14.00	13.40	936.90
1946	12.90	13.70	20.90	22.80	16.10	33.20	80.10	120.20	286.90	159.30	16.10	16.60	798.80
1947	16.90	18.40	25.80	20.70	17.60	19.70	71.50	633.80	303.90	25.50	12.60	23.90	1,190.30
1948	19.40	45.70	19.60	22.60	22.40	19.80	62.70	124.80	69.40	27.40	9.00	13.10	455.90
1949	451.80	56.60	23.30	15.40	15.70	20.50	330.40	407.60	415.00	90.70	15.70	21.90	1,864.60
1950	53.90	28.40	22.70	18.20	22.10	19.70	188.40	125.10	111.20	33.20	7.70	6.50	637.10
1951	8.20	9.20	16.20	9.70	6.50	7.70	20.50	21.10	15.70	5.90	4.30	12.70	137.70
1952	7.10	4.50	8.50	3.80	1.20	20.60	306.20	51.00	9.70	5.40	4.90	7.60	430.50
1953	10.20	7.10	7.00	2.10	6.90	6.50	141.90	202.40	138.10	12.20	9.80	4.50	548.70
1954	10.60	8.60	5.30	4.70	5.80	28.50	125.10	415.70	113.50	110.80	9.90	9.00	847.50
1955	40.20	13.90	11.70	13.10	9.70	13.10	138.40	583.30	342.00	249.10	14.30	9.00	1,437.80
1956	11.80	14.10	16.50	15.70	17.50	16.10	36.20	85.60	122.90	11.60	11.00	6.20	365.20
1957	12.80	13.60	12.20	17.00	15.90	16.60	64.30	157.50	87.20	16.40	9.40	11.00	433.90
1958	9.60	11.80	13.00	7.10	6.80	39.10	73.60	291.00	1,539.00	577.60	25.90	13.40	2,607.90
1959	17.00	27.00	14.20	16.00	29.40	17.70	57.30	457.90	74.10	14.80	7.30	33.90	766.60
1960	455.20	35.70	27.30	16.90	18.40	23.90	157.00	508.80	120.00	19.70	13.90	7.80	1,404.60
1961	18.80	20.20	17.00	21.10	18.90	45.70	185.70	191.80	226.00	37.10	17.00	10.80	810.10
1962	10.10	22.60	11.80	23.80	16.00	17.30	188.00	81.30	132.60	114.90	10.40	11.00	639.80
1963	9.60	13.90	11.40	16.80	15.00	23.00	72.70	254.60	270.80	49.50	14.10	106.00	857.40
1964	18.50	14.20	16.50	16.20	16.40	21.60	56.90	270.20	183.50	42.10	12.30	14.10	682.50
1965	10.60	9.20	11.30	12.10	12.20	10.80	59.20	139.60	264.30	18.60	10.60	30.00	588.50
1966	21.70	24.60	16.80	7.50	16.20	95.80	153.20	1,303.00	573.80	49.20	16.90	9.60	2,288.30
1967	16.10	20.60	25.50	20.90	27.90	53.60	215.70	295.90	333.80	59.90	16.10	34.90	1,120.90
1968	22.70	46.40	78.00	32.40	28.30	22.20	610.60	404.70	697.60	94.10	13.90	14.30	2,065.20
1969	16.10	23.90	21.10	24.00	21.90	29.10	192.20	54.50	42.70	12.80	5.70	7.30	451.30
1970	14.00	19.80	14.60	21.80	16.50	28.50	39.40	185.50	529.30	110.20	12.10	16.20	1,007.90
1971	13.50	15.90	21.40	13.40	18.40	17.70	107.90	520.00	93.40	264.80	40.90	15.00	1,142.30
1972	28.60	20.40	22.20	16.20	14.30	39.70	111.40	151.30	529.70	56.80	81.00	22.70	1,094.30
1973	40.90	134.50	41.40	26.80	19.70	13.40	111.80	691.60	239.90	24.70	11.40	10.00	1,366.10
1974	19.40	15.20	21.20	21.10	13.20	12.20	70.40	271.70	559.80	81.50	63.60	13.50	1,162.80
1975	20.30	21.50	17.70	17.10	12.50	12.10	351.90	364.10	268.60	26.90	8.60	6.40	1,127.70
1976	13.20	20.80	19.90	14.40	10.20	34.60	503.50	116.50	327.20	61.50	31.90	10.80	1,164.50
1977	17.70	17.60	20.90	18.70	12.20	61.90	175.10	125.30	124.10	73.70	11.10	13.00	671.30
1978	0.30	16.70	8.50	20.80	20.60	23.90	52.00	420.30	1,324.10	248.10	29.20	10.80	2,175.30
1979	93.10	99.40	51.30	43.70	52.00	45.60	109.20	361.90	90.70	34.20	8.30	5.70	995.10
1980	20.20	25.30	32.50	37.30	23.40	41.60	47.60	162.10	729.30	159.30	17.00	33.50	1,329.10
1981	60.30	43.80	84.40	46.30	51.70	57.50	120.00	511.70	639.10	593.70	23.80	13.30	2,245.60
1982	13.40	34.50	47.00	43.30	26.40	30.10	36.80	98.70	64.30	22.10	9.20	61.70	487.50
1983	69.80	101.70	232.10	39.50	42.90	31.40	39.70	280.80	132.20	33.70	39.50	44.30	1,087.60
1984	26.50	50.70	32.90	34.30	62.80	404.00	359.80	721.90	261.70	6.60	7.10	138.50	2,106.80
1985	157.90	65.40	24.10	40.50	33.20	18.20	81.60	125.10	235.80	99.30	11.70	6.50	899.30
1986	18.40	44.40	34.50	47.70	46.00	57.30	647.30	608.40	700.70	72.30	11.50	13.10	2,301.60
1987	19.90	40.30	43.20	51.40	54.30	51.60	193.40	401.90	178.20	49.50	0.50	5.20	1,089.40
1988	31.70	48.00	29.10	60.20	33.40	24.40	443.00	879.90	215.30	48.40	6.20	6.60	1,826.20
1989	52.30	74.80	51.60	54.70	33.30	124.40	38.10	530.90	666.00	38.80	9.90	19.40	1,694.20
1990	20.80	7.90	25.50	0.00	1.00	0.50	85.10	916.50	288.50	395.10	9.90	52.60	1,803.40
1991	277.30	40.70	15.20	24.40	12.50	0.60	123.30	1,181.20	1,454.50	279.00	29.40	91.10	3,529.20
1992	350.50	223.50	66.90	62.90	69.00	43.00	75.30	240.70	119.40	22.90	8.20	5.70	1,288.00
1993	15.40	5.20	48.20	34.10	40.00	45.10	180.20	213.60	666.30	69.60	69.30	1.00	1,388.00
1994	19.80	17.00	20.30	19.60	29.80	16.30	25.90	51.50	48.30	18.20	13.50	25.30	305.50
1995	24.20	14.90	9.50	3.40	4.40	8.20	40.30	36.50	121.90	16.40	5.70	4.60	290.00
1996	8.10	6.00	5.30	2.30	1.80	7.00	121.40	643.10	932.70	29.70	15.40	17.30	1,790.10
1997	13.00	19.70	16.90	33.80	40.50	25.70	90.40	356.10	75.90	30.70	14.50	35.40	752.60
1998	22.80	12.80	20.20	12.90	7.60	5.00	51.40	193.80	73.90	33.70	14.00	7.20	455.30
1999	8.60	7.80	5.80										
MAXIMO	455.20	223.50	232.10	62.90	69.00	404.00	844.90	1,303.00	1,539.00	1,004.00	160.40	198.70	3,529.20
MINIMO	0.30	4.50	5.30	0.00	1.00	0.50	20.50	21.10	9.70	5.40	0.50	1.00	137.70
MEDIO	47.17	31.49	28.03	22.98	22.52	35.84	158.45	352.91	376.01	108.45	19.10	26.45	1,229.39
DESV.EST.	92.44	34.95	30.90	14.05	14.68	52.16	162.14	288.25	357.32	168.23	23.09	35.33	733.19
SESGO	3.61	3.40	4.93	0.96	1.13	5.87	2.29	1.48	1.44	3.36	4.33	3.06	1.10
M. GEOM	22.64	22.23	21.46	ERR	17.43	22.94	109.10	252.35	228.72	53.80	13.59	16.04	1,025.37
M. ARM.	9.50	17.09	17.71	ERR	10.49	9.46	80.63	165.52	114.32	30.99	8.79	10.56	820.85
KURTOSIS	12.63	14.80	30.55	0.75	1.27	40.47	5.75	2.13	1.87	13.51	22.91	10.40	1.14

FUENTE: CNA-GECh-SGT-DEPTO AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA DE RÍOS.

ANEXO 14.- TABLA DE EXTRACCIONES TOTALES DE LA PRESA LA BOQUILLA

VOLUMEN EN Millones de M3

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1935	52.80	37.40	44.90	61.10	67.50	54.00	54.50	59.50	17.30	48.20	15.40	18.70	531.30
1936	52.90	52.50	47.80	54.10	69.30	64.30	67.70	58.00	36.60	39.60	57.10	58.00	657.90
1937	59.20	54.50	62.00	67.90	75.10	89.50	74.70	75.70	29.10	32.70	34.60	62.80	717.80
1938	66.00	63.90	64.60	80.20	81.40	70.70	49.50	87.70	82.90	91.20	80.60	63.90	882.60
1939	71.50	68.70	68.70	74.40	85.70	84.10	76.90	75.50	93.70	86.00	46.30	30.90	862.40
1940	45.90	41.20	65.20	90.00	77.20	89.80	118.20	83.90	65.60	50.90	24.00	25.40	777.30
1941	45.30	65.10	72.20	91.40	75.00	66.40	65.20	56.10	68.20	88.20	67.00	61.80	821.90
1942	48.50	44.40	69.80	89.80	100.60	103.20	108.10	85.50	94.10	92.80	93.80	77.60	1,008.20
1943	68.60	68.00	103.90	99.20	105.30	115.40	97.20	92.90	62.90	53.50	36.80	56.40	960.10
1944	49.20	48.30	94.10	93.70	104.00	98.80	98.30	85.30	66.00	73.80	34.00	49.60	895.10
1945	65.20	55.20	84.70	94.00	102.40	104.80	70.00	95.00	88.70	64.90	63.60	57.70	946.20
1946	38.10	56.40	96.40	88.90	110.70	103.80	105.20	91.80	63.60	63.80	60.70	49.20	928.60
1947	53.30	64.90	75.50	91.20	87.10	83.10	98.90	80.20	39.00	62.30	85.20	50.50	871.20
1948	55.70	64.60	96.20	102.00	103.60	94.90	94.30	88.30	68.30	57.70	51.60	36.50	913.70
1949	38.00	82.20	90.10	88.70	102.60	96.40	79.80	68.30	63.90	80.40	63.90	56.90	911.20
1950	61.00	64.00	99.10	99.60	103.10	98.10	100.60	92.70	61.60	51.60	62.90	43.80	938.10
1951	44.20	62.70	78.60	96.00	110.10	103.90	86.50	87.60	45.10	27.80	14.40	16.00	772.90
1952	12.00	13.80	17.20	58.40	46.90	5.30	34.50	85.10	54.60	13.10	8.00	12.20	361.10
1953	12.20	10.20	12.60	52.80	48.90	52.90	50.90	56.20	33.80	12.80	10.90	6.10	360.30
1954	10.00	8.80	18.20	66.50	58.40	57.10	53.30	44.10	42.30	13.40	13.80	13.20	399.10
1955	16.60	12.00	16.20	63.00	67.90	64.40	75.30	59.60	54.30	15.80	15.70	27.80	488.60
1956	21.30	24.30	30.60	91.50	101.80	90.50	101.00	97.60	59.20	33.90	26.80	11.50	690.00
1957	18.20	24.20	62.40	110.90	101.80	113.00	119.50	106.10	92.00	12.30	7.30	5.70	773.40
1958	4.30	5.50	13.40	101.40	81.40	90.30	100.40	92.70	20.50	8.30	5.50	23.40	547.10
1959	13.20	10.80	30.80	98.60	100.80	98.60	103.80	95.50	66.10	9.60	22.10	22.90	672.80
1960	62.30	94.00	100.80	97.10	100.90	98.90	99.20	82.00	58.50	20.80	42.90	44.50	901.90
1961	45.40	41.30	67.80	91.00	101.50	98.50	102.10	101.90	46.50	23.40	23.10	29.30	771.80
1962	34.30	25.60	75.30	101.40	128.40	123.30	112.70	108.40	84.60	27.50	26.00	28.80	876.30
1963	42.30	26.00	68.00	99.00	103.00	96.40	99.00	94.70	49.80	30.20	8.10	31.10	747.60
1964	50.60	71.90	79.00	95.80	93.00	80.20	95.80	74.30	56.80	36.20	19.00	33.30	785.90
1965	63.20	56.10	82.60	101.70	99.00	91.70	103.50	86.60	69.00	31.40	13.60	18.80	817.20
1966	36.80	44.00	62.80	101.10	82.80	59.70	59.90	36.30	23.90	27.30	8.90	16.90	560.40
1967	57.10	67.00	73.20	100.20	99.80	62.10	79.50	88.60	51.00	48.60	17.30	26.70	771.10
1968	66.00	72.90	96.80	98.50	104.00	101.00	50.00	144.60	138.30	97.70	24.90	24.80	1,019.50
1969	67.90	87.90	101.30	99.30	113.70	67.80	80.40	81.30	88.40	48.20	20.60	28.80	885.60
1970	64.50	78.80	103.00	125.20	125.70	108.60	94.80	116.50	67.30	31.10	16.80	17.10	949.40
1971	74.30	86.90	116.70	122.40	106.40	95.80	92.30	69.30	95.30	29.00	19.60	13.80	921.80
1972	73.40	90.70	104.30	118.20	99.10	60.70	95.90	83.80	45.50	46.30	19.30	11.60	848.80
1973	52.70	58.20	103.00	116.90	104.90	104.60	69.30	77.60	100.70	73.90	31.90	16.30	910.00
1974	64.50	81.40	98.30	121.60	124.60	120.90	83.40	105.60	62.60	39.20	18.00	4.80	924.90
1975	66.70	88.00	102.40	118.10	110.40	108.70	85.00	105.10	102.80	82.20	26.40	10.40	1,006.20
1976	80.40	111.00	125.50	0.40	102.50	92.70	58.80	121.20	48.70	69.10	18.50	7.50	836.30
1977	63.90	90.10	105.40	109.90	111.90	94.10	87.50	111.80	98.90	37.10	40.00	9.80	960.40
1978	25.80	61.30	80.00	102.90	109.70	116.50	114.80	49.00	16.90	12.70	14.30	4.60	708.50
1979	4.60	59.00	109.50	113.30	119.30	87.20	132.20	88.90	103.70	60.50	4.50	4.60	887.30
1980	49.60	92.20	106.80	123.20	148.50	128.10	154.90	75.30	58.30	7.60	0.60	0.60	945.70
1981	3.00	97.60	124.60	114.00	156.20	122.20	117.20	71.60	84.80	24.60	0.60	0.60	917.00
1982	18.50	108.00	121.10	148.30	143.40	134.20	142.80	139.50	138.20	53.30	0.60	2.70	1,150.60
1983	82.10	114.20	163.10	186.00	184.50	155.00	186.70	108.10	151.30	41.30	0.60	0.60	1,373.50
1984	63.80	109.10	165.40	191.60	187.20	72.30	79.30	79.90	58.20	29.80	0.60	0.60	1,037.80
1985	24.40	126.00	118.80	141.40	147.10	131.10	105.90	170.00	112.20	59.80	0.60	0.60	1,137.90
1986	60.90	150.50	163.80	197.40	171.50	153.40	14.50	15.60	18.90	37.60	0.60	0.60	985.30
1987	62.40	149.10	178.10	133.40	132.30	139.70	104.00	152.40	125.50	83.40	0.60	0.60	1,261.50
1988	75.60	167.60	198.60	195.70	187.60	146.70	108.30	125.60	174.70	100.70	15.80	4.30	1,501.20
1989	118.40	150.10	202.40	203.90	208.30	192.50	194.20	146.00	175.20	50.10	0.60	0.60	1,642.30
1990	81.20	112.60	117.60	166.70	155.20	136.00	142.70	0.80	68.20	0.00	0.00	0.00	981.00
1991	47.20	76.70	85.60	168.20	174.30	154.80	91.90	14.80	92.10	106.40	0.00	0.00	1,032.20
1992	0.00	0.00	169.50	178.40	170.40	161.90	202.20	172.10	172.20	93.00	12.60	0.00	1,332.30
1993	96.50	116.30	169.10	186.40	185.90	179.70	121.40	192.30	56.00	91.80	0.00	0.00	1,395.40
1994	102.40	117.00	148.10	187.30	173.10	143.00	160.30	102.20	78.70	35.90	0.00	0.00	1,248.00
1995	1.40	1.20	7.00	8.60	8.90	8.60	5.70	5.60	3.40	1.40	1.30	1.40	54.50
1996	1.40	1.30	13.80	25.20	25.50	24.70	27.00	23.80	12.80	9.70	4.80	6.70	176.70
1997	42.50	101.60	143.20	154.50	140.40	140.00	130.20	119.70	114.10	19.80	3.40	3.50	1,112.90
1998	3.50	3.10	90.40	109.90	129.10	121.50	151.80	129.90	107.00	3.50	3.40	3.50	856.60
	3.50	3.10	63.80										
MAXIMO	118.40	167.60	202.40	203.90	208.30	192.50	202.20	192.30	175.20	106.40	63.90	56.90	1,642.30
MINIMO	0.00	0.00	7.00	0.40	8.90	5.30	5.70	0.80	3.40	0.00	0.00	0.00	54.50
MEDIO	45.65	70.10	96.24	116.03	117.87	103.71	98.85	91.16	76.09	40.02	14.23	13.00	882.96
DESV.EST	29.73	45.21	50.34	47.04	42.52	39.54	41.36	41.72	41.78	28.76	14.86	13.69	312.59
SESGO	0.14	ERR	0.04	-0.06	-0.11	-0.29	0.27	-0.03	0.70	0.77	1.62	1.22	-0.21
M. GEOM	ERR	ERR	76.74	95.81	106.95	91.02	86.83	73.33	62.71	ERR	ERR	ERR	798.24
M. ARM.	ERR	ERR	49.62	16.23	84.79	61.13	62.94	23.70	41.87	ERR	ERR	ERR	606.44
KURTOSIS	-0.67	-0.80	-0.39	0.23	0.21	0.40	0.67	0.29	0.17	-0.33	3.23	1.14	0.85

FUENTE: CNA-GECh-SGT-DEPTO AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA DE RÍOS.

ANEXO 15.- TABLA DE APORTACIONES POR ESCURRIMIENTO A LA PRESA FRANCISCO I. MADERO

VOLUMEN EN Millones de M3

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1949	6 30	4.40	2.30	1.70	1.40	4.80	68.00	62.80	222.60	24.50	7.10	5.60	411 50
1950	5.60	3.90	4.10	4.40	3.00	12.00	67.00	34.40	55.90	21.10	5.20	6.40	223.00
1951	15.20	4.90	4.20	5.60	7.60	5.20	14.90	15.00	11.30	4.00	2.00	3.60	93.50
1952	4.60	2.60	2.70	6.50	4.50	30.50	235.40	17.70	16.90	3.90	2.30	3.70	331.30
1953	4.10	3.30	3.80	2.50	3.40	4.70	78.30	54.60	34.00	6.40	3.30	3.30	201.70
1954	4.30	3.30	3.10	4.40	2.10	15.10	41.70	175.70	50.80	61.80	5.80	4.40	372.50
1955	4.70	3.90	4.90	1.80	3.80	4.80	80.00	151.80	75.60	127.90	7.80	4.90	471.90
1956	5.20	6.10	6.20	5.60	4.10	14.20	5.20	15.00	37.60	3.20	3.80	4.20	110.40
1957	3.90	3.40	3.10	4.40	2.10	15.10	41.70	175.70	50.80	61.80	5.80	4.40	372.20
1958	5.50	4.30	3.70	2.80	1.90	4.10	28.40	76.20	448.30	245.40	17.30	10.50	848.40
1959	8.60	7 20	7.00	10.80	6.20	18.00	23.80	229.20	37.60	6.10	5.30	7.00	366.80
1960	12.50	5.60	6.10	5.60	5.70	2.80	149.50	254.00	53.60	9.50	8.30	6.00	519.20
1961	7.70	7 10	4.60	18.90	18.30	13.30	53.20	62.10	54.90	7.80	4.70	4.40	257.00
1962	5.00	4.80	4.30	8.70	2.50	2.50	48.60	17.20	78.00	37.70	6.00	4.70	220.00
1963	4.70	4.70	4.90	4.90	3.70	15.50	38.00	76.10	110.80	35.90	9.80	7.90	316.90
1964	5.40	4.70	7 60	11.70	14.90	12.20	18.70	41.00	40.00	6.10	3.10	5.60	171.00
1965	5.20	4.00	3.70	8.00	7.40	13.70	13.00	78.80	83.30	7.20	4.60	6.10	235.00
1966	5.00	4.30	5.10	7.20	14.00	192.40	62.80	352.70	216.20	19.50	14.30	12 30	905.80
1967	10.40	7.40	12 30	13.00	12.60	21.70	28.70	52.20	124.10	20.90	7.20	5.00	315.50
1968	10.30	7.80	10.30	17.40	9.60	5.60	324.60	175.30	309.40	18.60	15.10	12.30	916.30
1969	12.00	15.20	11.50	20.30	15.90	9 20	65.80	19.80	17.30	9.10	4.90	5.70	206.70
1970	4 70	5.80	6.70	6.40	2.60	9.30	47.40	69.60	104.40	52.80	7.20	6.90	323.80
1971	5.80	5.50	11.70	13.50	8.70	4.60	45.40	114.80	44.40	143.30	12.50	7.60	417.80
1972	10.10	8.40	11.50	12.90	6.70	38.80	54.20	225.00	186.30	18.00	11.90	11.30	595.10
1973	8 90	9.90	13.60	19.10	9.50	3.30	44.40	153.00	54.70	10.00	6.40	6.10	338.90
1974	9.00	5.00	8.90	8.80	7 30	3.90	35.20	88.60	596.80	39.30	14.10	9.20	826.10
1975	7.70	6.20	5.10	3.90	2.30	3.90	158.00	106.60	86.40	10.70	7.00	6.90	404.70
1976	6.10	4.20	3.90	3.00	3.60	6.90	41.40	41.20	203.60	15.10	9.10	12 90	351.00
1977	7 30	5.20	4.60	3.60	1.80	23.20	57 10	13.60	7 70	44.60	7.50	6.50	182.70
1978	6.10	4.90	5.00	1.80	2.30	30.00	20.50	235.90	540.70	60.00	18.90	13.50	939.60
1979	9.90	15.50	6.20	6.50	4.00	8.20	89 50	211.90	20.80	7.50	6.20	7 30	393.50
1980	5.50	6.20	3.90	2.70	1.80	1.60	2.80	84.60	320.50	33.80	3 50	8.80	475.70
1981	10.70	7.90	7.30	8.20	15.10	30.40	27.20	459.70	311.00	40.60	12.10	11.10	941.30
1982	10.80	8.30	6.30	4.40	3.20	2.30	5.70	17.30	7.90	3.40	4.60	10.50	84.70
1983	7.00	5.60	13.30	3.20	2.00	7.40	2.30	130.10	55.20	13.60	8.50	5.30	253.50
1984	5.90	6.10	3.40	1.60	6.40	125.00	106.70	264.20	27.90	10.40	6.80	8.50	572.90
1985	10.80	9.80	4.80	8.70	1.90	5.80	35.40	23.60	77.30	16 10	5.90	5.20	205.30
1986	5.50	4.20	4.60	1.80	5.30	35.80	308.10	231.80	209.20	21.80	13.20	9.90	851.20
1987	7.30	7 50	4.50	15.20	13.70	14.30	59.50	114.40	40.00	13.40	6.50	7.10	303.40
1988	6.90	4.80	3.90	3.50	5.50	44.80	53.50	130.70	57.20	14.70	9.60	7.60	342.70
1989	5.10	4.80	3.90	1.70	4.90	2.90	5.20	101.70	127 30	8.20	4.90	6.40	277.00
1990	5.80	4.60	3.80	4.00	3.40	3.30	32.80	452.70	127.80	21.30	1.60	2 30	663.40
1991	2.50	7.60	0.00	1.70	2.20	11.20	32.70	327.70	430 70	24.30	7.00	6.60	854.20
1992	14.50	28 20	13.90	9.90	6.60	3.80	11.20	55.60	16.40	14.00	6.30	8.10	188.50
1993	7.40	5.30	6.80	3.10	1.90	2.40	63.80	12.00	57.60	9.00	6.40	6.00	181.70
1994	5.70	4.50	4.10	2.20	1.00	0.70	3.30	2.10	3.50	3.10	2.60	3.90	36.70
1995	3.80	2 50	2.40	0.70	0.50	10.40	29.90	38.90	131.30	6.80	3.90	2 90	234.00
1996	3.70	4.30	3.60	4.50	3.50	19.40	45.40	281.10	216.90	8.50	5.50	3.30	599.70
1997	5.00	7.00	7.90	8.20	7.90	5.80	27.10	124.80	16.60	4.10	4.70	5.70	224.80
1998	6.90	4.40	4.40	4.50	4.30	1 60	6.70	35.30	19 90	12.10	5.40	4.70	110.20
1999	4.60	3.50	3.60										
MAXIMO	15.20	28.20	13.90	20.30	18.30	192.40	324.60	459.70	596.80	245.40	18.90	13.50	941.30
MINIMO	2.50	2.50	0.00	0.70	0.50	0.70	2.30	2.10	3.50	3.10	1 60	2.30	36.70
MEDIO	7.05	6.34	5.91	6.71	5.69	17.57	58.79	125.72	124.58	28.38	7.27	6.80	400.81
DESV.EST.	2.87	4.08	3.24	5.07	4.42	31.67	68.06	113.33	141 20	42.02	3.94	2.77	253 70
SESGO	1.05	3.66	1.12	1.21	1.29	4.39	2.69	1 27	1.83	3.62	1.17	0.76	0.93
M. GEOM.	6 55	5.65	ERR	5.08	4.28	8.78	34.83	77.13	68.26	15.95	6 33	6.28	324.91
M. ARM.	6.10	5.21	ERR	3.76	3.14	5.18	17 13	34 22	33.73	10.55	5.45	5.78	247.14
KURTOSIS	0.60	17.04	0.54	0.72	0.84	21 33	7.65	1 27	2.95	15.31	1.02	-0.09	-0.18

FUENTE: CNA-GECh-SGT-DEPTO AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA DE RÍOS.

ANEXO 16.- TABLA DE EXTRACCIONES TOTALES DE LA PRESA FRANCISCO I. MADERO

MILLONES DE METROS CÚBICOS

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1949	0.10	0.20	0.80	3.10	2.20	2.80	7.80	19.00	14.90	0.00	0.00	2.20	53.10
1950	1.10	1.20	11.10	22.40	17.80	20.60	30.80	33.50	13.40	4.00	1.70	7.30	164.90
1951	5.80	0.40	7.90	29.30	29.40	35.50	49.30	56.50	25.20	6.10	2.20	1.20	248.80
1952	0.40	0.00	0.20	8.40	7.60	12.40	10.10	45.10	30.20	1.60	0.40	3.20	119.60
1953	1.60	0.00	5.40	33.80	23.90	35.40	32.60	41.80	16.80	3.70	0.30	1.50	196.80
1954	0.00	1.20	2.50	15.00	17.20	39.00	33.60	26.60	18.50	0.70	0.00	0.10	154.40
1955	0.00	0.00	0.00	41.50	30.90	39.30	31.60	25.00	28.50	29.10	1.80	0.00	227.70
1956	3.70	1.50	4.20	45.70	33.30	44.20	62.00	56.90	32.20	8.20	2.10	6.20	300.20
1957	3.10	3.30	0.00	25.40	8.80	27.80	33.40	20.90	22.00	1.80	2.10	1.10	149.70
1958	0.00	1.80	8.30	11.50	0.40	31.10	24.70	27.80	16.70	104.40	14.50	7.10	248.30
1959	12.70	10.30	12.70	20.00	21.10	30.10	40.40	43.00	51.30	17.50	5.80	5.70	270.60
1960	5.60	5.30	17.30	38.20	26.60	36.70	23.90	67.20	83.50	23.00	4.90	5.20	337.40
1961	5.80	5.20	8.40	68.00	50.10	27.10	63.20	66.50	64.30	4.80	0.00	0.00	363.40
1962	0.00	0.00	0.00	27.00	6.90	18.30	9.00	68.40	3.10	0.00	0.00	0.00	132.70
1963	0.00	0.00	3.90	30.70	11.10	30.40	45.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	141.10
1964	0.30	1.50	5.30	48.90	40.90	9.80	52.80	41.50	39.80	5.20	0.00	0.00	246.00
1965	0.00	0.00	2.70	55.20	54.10	23.30	46.10	21.20	32.40	2.20	0.00	0.00	237.20
1966	3.20	0.00	5.60	6.40	19.80	30.30	40.50	58.10	66.10	17.60	14.30	9.10	271.00
1967	15.60	2.10	53.60	75.30	50.70	38.50	56.80	67.10	12.90	11.20	0.00	0.00	383.80
1968	17.50	5.40	23.10	65.60	52.50	45.30	39.00	114.90	0.00	0.00	12.50	11.70	387.50
1969	23.90	25.50	37.90	83.20	65.20	49.60	40.70	87.40	1.80	0.00	0.00	0.00	415.20
1970	*0.00*	*0.00*	*12.70*	*35.20*	*40.90*	*6.40*	*20.20*	*28.70*	*13.90*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*158.00*
1971	1.00	5.20	24.10	44.80	45.00	29.30	35.90	11.00	36.70	1.40	0.00	0.00	234.40
1972	8.60	6.60	48.90	65.80	41.70	28.40	38.70	37.50	26.90	17.10	0.00	0.00	320.20
1973	13.90	9.00	46.80	69.10	54.90	57.90	29.10	38.60	49.60	4.90	0.00	0.00	373.80
1974	11.00	2.60	38.90	58.40	53.50	59.90	24.50	28.60	14.50	0.00	0.40	0.00	292.30
1975	5.90	12.00	42.50	70.30	62.00	48.30	20.60	65.40	43.00	6.30	0.00	0.00	376.30
1976	*13.60*	*11.40*	*38.80*	*60.10*	*38.80*	*27.50*	*3.50*	*64.10*	*28.30*	*16.30*	*0.00*	*0.00*	*302.40*
1977	4.90	8.60	35.10	60.70	65.30	36.00	31.00	60.10	27.60	2.20	0.00	0.00	331.50
1978	0.00	0.00	0.00	22.00	27.30	15.70	28.80	26.60	0.00	0.00	0.00	0.00	120.40
1979	19.00	26.90	46.20	59.00	49.40	37.10	53.60	35.50	42.10	12.00	0.00	0.00	380.80
1980	18.60	29.90	51.40	57.80	35.30	21.30	16.70	5.90	0.00	0.00	0.00	0.00	236.90
1981	2.00	29.80	30.60	33.80	56.30	43.40	47.90	41.80	84.70	7.20	0.00	0.00	377.50
1982	*17.70*	*51.60*	*62.70*	*62.80*	*22.60*	*26.90*	*24.20*	*36.20*	*16.30*	*1.00*	*0.00*	*0.00*	*322.00*
1983	0.00	0.00	0.00	1.20	17.60	10.20	13.10	6.70	40.70	2.90	0.00	0.00	92.40
1984	1.30	0.60	4.10	12.50	21.30	6.70	34.70	98.70	49.80	0.00	0.00	0.00	229.70
1985	1.50	0.70	32.10	41.30	46.70	30.60	28.10	40.80	17.60	0.60	0.00	0.00	240.00
1986	1.70	1.10	7.90	45.30	26.60	4.70	15.50	51.80	38.00	12.30	0.00	0.00	204.90
1987	11.90	9.00	19.90	22.60	33.10	37.20	36.90	64.90	51.20	15.20	0.00	0.00	301.90
1988	0.00	0.00	17.80	43.00	47.20	47.80	17.00	30.40	46.30	2.60	0.00	0.00	252.10
1989	8.90	13.30	37.20	60.50	22.30	37.00	19.30	12.70	32.10	0.80	0.00	0.00	244.10
1990	4.80	0.00	3.60	27.40	23.30	24.50	34.50	0.00	33.10	0.00	0.00	0.00	151.20
1991	12.70	53.90	57.40	41.80	25.90	28.60	5.30	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	245.60
1992	0.00	0.00	22.50	37.40	37.20	69.00	40.90	41.40	25.20	4.30	0.00	0.00	277.90
1993	1.60	1.40	9.60	34.80	23.80	37.10	28.80	56.60	1.40	1.50	0.00	0.00	196.60
1994	0.00	0.00	1.40	17.60	18.90	20.60	14.40	14.20	1.10	2.00	0.00	0.00	90.20
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	0.00	0.00	4.80	22.00	19.50	22.90	25.60	100.80	225.10	7.40	0.00	0.00	428.10
1997	13.70	6.80	25.30	32.70	37.10	60.00	47.70	59.10	29.10	13.90	0.00	0.00	325.40
1998	0.00	0.00	6.60	6.60	10.80	25.90	21.60	4.80	1.50	3.60	0.00	0.00	81.40
1999	0.00	0.00	7.30										
MAXIMO	23.90	53.90	62.70	83.20	65.30	69.00	63.20	114.90	225.10	104.40	14.50	11.70	428.10
MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEDIO	5.49	6.91	18.80	38.02	31.50	30.57	30.63	41.43	31.39	7.53	1.26	1.23	244.75
DESV.EST.	6.65	12.26	18.60	21.66	17.47	15.37	15.19	26.78	34.92	15.57	3.41	2.73	101.72
SESGO	1.08	2.58	0.80	0.08	0.14	0.17	0.10	0.61	3.67	5.17	3.23	2.37	-0.25
M. GEOM.	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR
M. ARM.	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR
KURTOSIS	0.00	6.76	-0.65	-0.91	-0.83	0.05	-0.44	0.25	19.09	31.48	9.84	4.99	-0.54

FUENTE: CNA-GECh-SGT-DEPTO AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA DE RÍOS.

ANEXO 17.- INDICADOR DE EVALUACION DEL CICLO AGRICOLA 1996-97

(INCLUYE AMBAS PRESAS)

áminas: del plan de riego

TOTAL DEL DISTRITO

CICLO AGRICOLA	LAMINAS, cm BRUTA	LAMINAS, cm NETA	SUPERFICIE SEMBRADA (HA.)	VOLUMEN BRUTO (Miles m3)	SUPERFICIE COSECHADA (HA.)	RENDIMIENTO MEDIO (TON./HA.)	PRECIO EDIO RURA ($/TON.)	RODUCCIO TOTAL (TON)	VALOR DE LA PRODUCCION ($)	INDICE RODUCTIVIDA ($/millar.m³)	INDICE PRODUCTIVIDAD % RESP.TOTAL	JORNALES
OTOÑO-INVIERNO												
TRIGO	144.24	83.32	19,225	256,663	19,225	4.2	818	80,745	66,049,410	257.34	53.31	11
VARIOS	130.92	79.62	235	2,986	235	12.8	780	3,008	2,346,240	785.75	**162.78**	75
CEBOLLA	247.50	144.88	1,119	22,835	1,119	30.0	932	33,570	31,287,240	1,370.14	**283.85**	75
AVENA	154.10	83.96	917	10,988	917	5.5	360	5,044	1,815,660	165.24	34.23	11
PRADERA	226.26	131.76	1,010	18,936	1,010	44.0	301	44,440	13,376,440	706.40	**146.34**	11
CEBADA	160.53	94.01	64	690	51	4.0	780	204	159,120	230.61	47.77	11
SUB-TOTAL	**153.34**	**88.56**	**22,570**	**313,098**	**22,557**			**167,011**	**115,034,110**	**367.41**	**76.11**	
PRIMAVERA-VERANO												
ALGODON	168.76	95.53	4,426	62,140	4,426	3.7	4,100	16,376	67,142,420	1,080.50	**223.84**	53
CACAHUATE	149.82	84.84	3,197	40,181	3,197	2.4	3,750	7,673	28,773,000	716.08	**148.35**	20
MAIZ	160.92	93.49	7,198	98,097	7,198	3.5	1,250	25,193	31,491,250	321.02	66.50	13
VARIOS	177.56	103.91	1,021	15,629	1,021	16.6	760	16,949	12,880,936	824.17	**170.74**	75
SORGO	156.22	88.88	503	6,449	503	3.2	900	1,610	1,448,640	224.63	46.54	13
SOYA	156.35	92.27	1,813	23,810	1,813	1.6	1,500	2,901	4,351,200	182.75	37.86	14
CHILE	244.54	144.06	5,192	107,905	5,192	27.7	950	143,818	136,627,480	1,266.18	**262.31**	75
FRIJOL	97.89	59.36	198	1,770	198	1.0	2,700	198	534,600	302.03	62.57	13
CEBOLLA	246.54	142.48	729	15,719	729	32.7	960	23,838	22,884,768	1,455.87	**301.60**	75
AVENA			0	0	0			0	0			11
SUB-TOTAL	**181.09**	**104.98**	**24,277**	**371,700**	**24,277**			**238,556**	**306,134,294**	**823.61**	**170.62**	
2dos.CULTIVOS												
SORGO	136.28	76.14	1,332	14,966	1,332	3.2	900	4,262	3,836,160	256.33	53.10	13
MAIZ	115.62	64.78	6,764	64,483	6,764	3.5	1,250	23,674	29,592,500	458.92	**95.07**	13
CACAHUATE	117.71	66.47	485	4,707	485	2.4	3,750	1,164	4,365,000	927.34	**192.11**	20
VARIOS			0	0	0			0	0		0.00	75
SOYA	115.14	64.31	887	8,420	887	1.6	1,500	1,419	2,128,800	252.83	52.38	14
CHILE			0	0	0			0	0		0.00	13
FRIJOL			0	0	0			0	0		0.00	13
SUB-TOTAL	**118.59**	**66.42**	**9,468**	**92,576**	**9,468**			**30,520**	**39,922,460**	**431.24**	**89.34**	
PERENNES												
ALFALFA	276.80	160.03	9,370	216,533	9,370	0.9	750	8,433	6,324,750	29.21	6.05	9
VID	196.24	109.27	120	1,941	120	10.0	600	1,200	720,000	370.94	76.85	35
NOGAL	197.51	119.81	4,325	74,316	4,325	0.8	14,000	3,460	48,440,000	651.81	**135.03**	23
SUB-TOTAL	**251.28**	**147.00**	**13,815**	**292,790**	**13,815**			**13,093**	**55,484,750**	**189.50**	**39.26**	
TOTAL	**177.55**	**102.77**	**70,130**	**1,070,164**	**70,117**			**449,179**	**516,575,614**	**482.71**	**100.00**	

FUENTE: DISTRITO DE RIEGO 05: DELICIAS. ESTADISTICAS AGRICOLAS E HIDROMÉTRICAS.

172

ANEXO 18.- DISTRIBUCION MENSUAL Y PROPORCIONAL DE VOLUMENES A EXTRAER DE LAS PRESAS

MES	AÑO HUMEDO: 96-97				AÑO NORMAL: 97-98				AÑO SECO: 94-95			
	BOQUILLA VOLUMEN	*MADERO VOLUMEN*	*BOQUILLA %*	*MADERO %*	*BOQUILLA VOLUMEN*	*MADERO VOLUMEN*	*BOQUILLA %*	*MADERO %*	*BOQUILLA VOLUMEN*	*MADERO VOLUMEN*	*BOQUILLA %*	*MADERO %*
OCT									32,398		11.85	
NOV												
DIC												
ENE	105,556		9.20									
FEB	155,317		13.54		28,731		3.59					
MAR	172,530	29,990	15.04	14.77	79,395	15,159	9.91	15.96	24,450		8.94	
ABR	171,412	33,820	14.94	16.66	131,673	13,746	16.44	14.47	42,958		15.71	
MAY	134,708	34,950	11.74	17.22	131,998	20,670	16.48	21.76	40,732		14.89	
JUN	142,280	32,737	12.40	16.13	190,961	10,117	23.84	10.65	40,508	3,681	14.81	31.69
JUL	134,921	35,661	11.76	17.57	111,961	17,463	13.98	18.38	40,358	3,138	14.76	27.02
AGO	103,059	23,433	8.98	11.54	101,800	17,244	12.71	18.15	36,082	3,561	13.19	30.66
SEP	27,441	12,409	2.39	6.11	24,481	601	3.06	0.63	16,005	1,234	5.85	10.63
TOTAL	1,147,224	203,000	100.00	100.00	801,000	95,000	100.00	100.00	273,491	11,614	100.00	100.00
	total DR:	***1,350,224***			***total DR:***	***896,000***			***total DR:***	***285,105***		

Fuente: Estadisticas agrícolas del DR 005.

En los años húmedos y normales no están contemplados 100m³·10⁶ extraidos del subsuelo...

ANEXO 19.- Ordenamiento de la información de entrada de la presa La Boquilla para la ejecución de SISMAPRE.

DISTRITO DE RIEGO 05: DELICIAS, CHIH.
RIO CONCHOS - PRESA LA BOQUILLA, CHIH.
1935 64 48 10 *[AÑO DE INICIO DE REGISTRO: 1935; AÑOS CON REGISTRO: 64; PARES DE VALORES DE CAPACIDAD-AREA: 48; MES DE DECISION: 10]*
1000000 *[UNIDADES DE VOLUMEN: MILLONES DE METROS CUBICOS; DE LAMINA: METROS]*
millones
CAPACIDAD MUERTA EN MILLONES DE METROS CUBICOS
129.7
CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN EN MILLONES DE METROS CUBICOS

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3	2903.3

DE LA CURVA DE AREAS Y CAPACIDADES DE LA PRESA (MILLONES DE METROS CUBICOS Y HECTAREAS)

CAPACIDAD	AREA
0.00	0.00
53.50	1257.34
66.84	1408.44
81.53	1530.54
97.49	1659.84
114.78	1798.04
133.41	1927.54
153.42	2075.14
174.87	2213.94
197.72	2355.44
222.29	2558.84
248.76	2734.34
277.07	2927.24
307.37	3134.44
339.74	3338.14
374.28	3571.44
411.27	3826.64
450.79	4076.44
493.16	4397.14
538.53	4678.54
586.73	4961.74
637.89	5269.64
692.24	5600.04
750.04	5961.04
811.37	6304.74
876.07	6636.34
944.37	7022.24
1016.21	7345.78
1091.54	7720.34
1171.10	8192.64
1255.45	8677.44
1345.18	9267.44
1440.72	9840.74
1541.77	10387.14
1648.43	10926.34
1760.53	11494.04
1878.68	12137.24
2003.35	12796.64
2134.61	13455.44
2273.21	14264.94
2419.49	14992.34
2573.27	15763.64
2734.60	16502.44
2903.36	17249.84
3079.53	17983.54
3263.20	18751.14
3454.57	19522.64
3654.21	20404.44

VOLUMENES MENSUALES DE ENTRADA AL VASO (MILLONES DE M3)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1935	18.40	25.40	16.80	14.50	11.20	9.10	53.10	188.60	494.40	62.60	6.70	10.50
1936	28.50	20.50	18.10	14.60	13.30	11.80	67.40	310.10	862.20	72.80	25.30	36.90
1937	17.60	13.90	17.60	21.90	11.40	14.20	60.90	80.50	558.20	46.90	9.50	15.20
1938	26.30	10.20	22.70	14.80	27.90	109.10	844.90	296.30	1 011.00	43.10	9.20	17.60
1939	19.50	12.00	24.40	27.50	17.20	27.20	116.10	564.80	45.40	54.90	21.20	128.10
1940	*41.30*	*27.40*	*22.00*	*23.20*	*27.10*	*43.20*	*32.70*	*247.00*	*110.70*	*22.90*	*13.70*	*13.20*
1941	15.90	19.20	10.70	25.50	31.60	40.40	292.50	670.00	840.10	388.70	23.40	61.30
1942	21.00	12.80	20.10	18.70	25.60	26.50	62.40	1 176.00	857.80	1 004.00	160.40	19.70
1943	19.50	15.00	19.90	20.10	26.30	39.10	151.40	166.70	363.20	197.10	17.90	198.70
1944	21.30	80.20	70.90	26.30	26.70	36.50	75.00	147.50	729.80	31.90	18.00	36.80
1945	24.50	16.60	18.30	20.20	34.40	33.10	363.10	194.90	27.50	176.90	14.00	13.40
1946	12.90	13.70	20.90	22.80	16.10	33.20	80.10	120.20	286.90	159.30	16.10	16.60
1947	16.90	18.40	25.80	20.70	17.60	19.70	71.50	633.80	303.90	25.50	12.60	23.90
1948	19.40	45.70	19.60	22.60	22.40	19.80	62.70	124.80	69.40	27.40	9.00	13.10
1949	451.80	56.60	23.30	15.40	15.70	20.50	330.40	407.60	415.00	90.70	15.70	21.90
1950	53.90	28.40	22.70	18.20	22.10	19.70	188.40	125.10	111.20	33.20	7.70	6.50
1951	8.20	9.20	16.20	9.70	6.50	7.70	20.50	21.10	15.70	5.90	4.30	12.70
1952	7.10	4.50	8.50	3.80	1.20	20.60	306.20	51.00	9.70	5.40	4.90	7.60
1953	10.20	7.10	7.00	2.10	6.90	6.50	141.90	202.40	138.10	12.20	9.80	4.50
1954	10.60	8.60	5.30	4.70	5.80	28.50	125.10	415.70	113.50	110.80	9.90	9.00
1955	40.20	13.90	11.70	13.10	9.70	13.10	138.40	583.30	342.00	249.10	14.30	9.00

174

ANEXO 19.- Ordenamiento de la información de entrada de la presa La Boquilla para la ejecución de SISMAPRE.

1956	11 80	14 10	16 50	15 70	17 50	16 10	36 20	85.60	122 90	11 60	11.00	6 20
1957	12 80	13 60	12 20	17 00	15 90	16 60	64 30	157 50	87 20	16.40	9 40	11 00
1958	*9 60*	*11.80*	*13 00*	*7 10*	*6 80*	*39 10*	*73 60*	*291 00*	*1 539 00*	*577 60*	*25 90*	*13 40*
1959	17 00	27.00	14 20	16 00	29 40	17 70	57 30	457 90	74 10	14 80	7 30	33 90
1960	455 20	35 70	27 30	16 90	18 40	23 90	157 00	508 80	120 00	19.70	13 90	7 80
1961	18 80	20.20	17 00	21 10	18.90	45 70	185 70	191.80	226.00	37 10	17 00	10.80
1962	10 10	22 60	11 80	23 80	16 00	17 30	188 00	81.30	132 60	114.90	10 40	11.00
1963	9 60	13.90	11 40	16.80	15.00	23 00	72 70	254.60	270.80	49.50	14 10	106.00
1964	18.50	14 20	16 50	16 20	16.40	21.60	56.90	270 20	183.50	42.10	12 30	14 10
1965	10 60	9 20	11 30	12 10	12.20	10.80	59.20	139.60	264 30	18 60	10 60	30.00
1966	21.70	24 60	16 80	7 50	16 20	95.80	153.20	1 303.00	573 80	49 20	16 90	9 60
1967	16 10	20 60	25 50	20 90	27 90	53 60	215.70	295.90	333 80	59 90	16.10	34 90
1968	22.70	46 40	78.00	32 40	28 30	22 20	610 60	404 70	697 60	94 10	13.90	14 30
1969	16 10	23.90	21.10	24 00	21 90	29 10	192 20	54 50	42 70	12 80	5 70	7 30
1970	14 00	19.80	14.60	21.80	16 50	28 50	39 40	185 50	529 30	110 20	12 10	16 20
1971	13 50	15 90	21.40	13.40	18.40	17.70	107 90	520 00	93.40	264 80	40 90	15.00
1972	28 60	20 40	22.20	16.20	14 30	39 70	111 40	151 30	529 70	56 80	81.00	22.70
1973	40 90	134 50	41.40	26 80	19 70	13 40	111 80	691 60	239 90	24.70	11 40	10.00
1974	19 40	15 20	21 20	21 10	13 20	12 20	70 40	271 70	559 80	81 50	63 60	13 50
1975	*20 30*	*21 50*	*17.70*	*17.10*	*12 50*	*12 10*	*351 90*	*364.10*	*268.60*	*26 90*	*8 60*	*6 40*
1976	13 20	20.80	19 90	14 40	10 20	34 60	503 50	116 50	327 20	61 50	31 90	10 80
1977	17 70	17.60	20 90	18 70	12 20	61 90	175.10	125.30	124 10	73 70	11.10	13 00
1978	0 30	16.70	8 50	20 80	20 60	23.90	52.00	420 30	1 324 10	248.10	29 20	10 80
1979	93 10	99.40	51.30	43.70	52.00	45.60	109 20	361 90	90 70	34 20	8.30	5.70
1980	20 20	25.30	32.50	37 30	23.40	41.60	47.60	162 10	729 30	159 30	17 00	33.50
1981	60 30	43 80	84 40	46 30	51.70	57.50	120.00	511 70	639 10	593 70	23.80	13.30
1982	13.40	34.50	47 00	43 30	26 40	30.10	36 80	98.70	64.30	22.10	9 20	61 70
1983	69 80	101.70	232 10	39 50	42.90	31 40	39 70	280 80	132 20	33 70	39 50	44 30
1984	26 50	50.70	32 90	34 30	62 80	404 00	359 80	721 90	261 70	6.60	7 10	138.50
1985	157 90	65 40	24 10	40 50	33 20	18.20	81 60	125 10	235.80	99.30	11 70	6.50
1986	18.40	44 40	34 50	47 70	46 00	57 30	647 30	608 40	700.70	72 30	11 50	13.10
1987	19 90	40 30	43 20	51.40	54 30	51 60	193 40	401 90	178.20	49 50	0 50	5.20
1988	31 70	48 00	29 10	60 20	33 40	24 40	443 00	879 90	215.30	48 40	6 20	6 60
1989	52.30	74 80	51 60	54 70	33 30	124 40	38 10	530.90	666 00	38 80	9 90	19.40
1990	20.80	7 90	25.50	0.00	1 00	0 50	85 10	916 50	288 50	395.10	9 90	52.60
1991	277 30	40 70	15.20	24.40	12 50	0 60	123.30	1 181 20	1 454 50	279 00	29.40	91.10
1992	*350 50*	*223 50*	*66.90*	*62.90*	*89 00*	*43 00*	*75.30*	*240 70*	*119 40*	*22 90*	*8 20*	*5 70*
1993	15.40	5 20	48 20	34 10	40 00	45 10	180 20	213 60	666 30	69 60	69 30	1 00
1994	19.80	17 00	20 30	19 60	29 80	16 30	25.90	51 50	48 30	18 20	13 50	25.30
1995	24 20	14 90	9 50	3.40	4.40	8 20	40 30	36 50	121 90	16 40	5.70	4 60
1996	8.10	6 00	5.30	2 30	1.80	7 00	121 40	643 10	932 70	29 70	15.40	17 30
1997	13 00	19 70	16.90	33 80	40 50	25.70	90 40	356 10	75 90	30.70	14 50	35 40
1998	22.80	12 80	20.20	12 90	7 60	5.00	51.40	193.80	73.90	33.70	14 00	7 20

LAMINA MENSUAL DE EVAPORACION NETA DEL EMBALSE (M)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1935	0 068	0 124	0 202	0 260	0 231	0.135	0 111	0 087	-0 001	0.106	0 051	0 084
1936	0 000	0 086	0 072	0 176	0 223	0.260	0.179	0 188	0 174	-0 006	0 120	0 097
1937	0 092	0 091	0 131	0 203	0.239	0.265	0.219	0 168	0 014	0.106	0.043	0 106
1938	0.105	0 068	0 124	0 202	0.260	0.231	0.135	0 111	0 087	-0 001	0.106	0 051
1939	0 051	0 056	0 131	0 139	0 203	0.068	0.015	0 088	-0 053	0 054	0 065	0 037
1940	0 074	0 106	0 172	0 211	0.244	0 216	0.134	0 112	0 077	0.099	0.089	0 067
1941	0 074	0 106	0 172	0 211	0.244	0 216	0.134	0 112	0.077	0 099	0 089	0 067
1942	0 074	0 106	0 172	0 211	0 244	0.216	0.134	0 112	0 077	0.099	0.089	0 067
1943	0 074	0 106	0 172	0 211	0 244	0.216	0.134	0 112	0 077	0 099	0 089	0 067
1944	0 074	0 106	0 172	0 211	0 244	0.216	0 134	0 112	0 077	0 008	0 089	0 067
1945	0 032	0.110	0 158	0 176	0 224	0 213	0 125	0 017	0.144	0 061	0 026	0.011
1946	0 084	0 124	0 204	0 230	0.272	0.308	0 105	0 198	0.181	0 070	0 111	0.094
1947	0 054	0 111	0 178	0 191	0 241	0.168	0 200	0 146	0.000	0 096	0 094	0 066
1948	0 054	0 103	0 191	0 217	0 218	0 219	0 174	-0 036	0 048	0 118	0 095	0.049
1949	*0 090*	*0 132*	*0 192*	*0 229*	*0 245*	*0 228*	*0 123*	*0 190*	*0 055*	*0 082*	*0 091*	*0 072*
1950	0 057	0 117	0 197	0 202	0.254	0 244	0 065	0 107	0 077	0 120	0 099	0 051
1951	0 094	0 118	0 187	0 233	0 267	0 243	0 090	0 132	0 054	0 136	0 104	0 087
1952	0 108	0 118	0 167	0 228	0 270	0 292	0 181	0 202	0 180	0 113	0 098	0 078
1953	0.113	0 125	0 190	0 205	0 271	0 152	0 122	0 222	0 168	0 146	0 094	0 046
1954	0 106	0 126	0 187	0 258	0 285	0 290	0 119	0 123	0 123	0 121	0 093	0 078
1955	0 098	0 112	0 184	0 183	0 254	0 178	0 128	0 037	0 130	0 118	0 085	0 084
1956	0 066	0 109	0 170	0 197	0 226	0 244	0 102	0 005	0 024	0 112	0 087	0 082
1957	0 071	0 113	0 199	0 229	0 265	0 228	0 207	0 185	0 116	0 157	0 100	0 064
1958	0.104	0 113	0.162	0 237	0 231	0 276	0 173	0 093	0 157	0 129	0 090	0 081
1959	0.043	0 106	0.171	0 218	0 215	0 220	0 155	0 127	-0 110	0.004	0 064	0 043
1960	0.071	0 102	0 152	0 134	0 208	0 200	0 167	0 030	0 150	0.126	0 092	0 045
1961	0 064	0 121	0 183	0 199	0 232	0 239	0 055	0 025	0 143	0 133	0 086	0 042
1962	0.009	0 104	0 190	0 205	0 253	0 139	0 133	0 095	0 114	0 108	0 083	0 085
1963	0 086	0 125	0 183	0 222	0 283	0 247	0 090	0 191	0 107	0 104	0 093	0 058
1964	0 091	0 112	0 196	0 250	0 264	0 243	0 123	0 141	0 063	0 116	0 103	0 068
1965	0 090	0 118	0 193	0 225	0 222	0 160	0.184	0 167	0 038	0 112	0 111	0 068
1966	*0 092*	*0 100*	*0 181*	*0 227*	*0 243*	*0 216*	*0 205*	*0 128*	*0 052*	*0 131*	*0 084*	*0 020*
1967	0 068	0 089	0 162	0 218	0 171	0 170	0 139	0 000	0 002	0 089	0 099	0 078
1968	0 092	0 108	0 165	0 239	0 285	0 142	0 151	0 061	0 005	0 106	0 100	0 088
1969	0 051	0 069	0 122	0 144	0 235	0 240	-0 031	0 071	0 044	0 112	0 090	0 082
1970	0 076	0 086	0 178	0 222	0 249	0 283	0 124	0 168	0 147	0 123	0 076	0 062
1971	0 086	0 072	0 176	0 223	0 260	0 179	0 188	0 174	-0.006	0 120	0 097	0 087
1972	0 091	0 131	0 203	0 239	0 265	0 219	0 168	0 014	0 106	0 043	0 106	0 072

ANEXO 19.- Ordenamiento de la información de entrada de la presa La Boquilla para la ejecución de SISMAPRE.

1973	0 000	0 040	0 193	0 221	0 225	0 232	-0 014	-0 093	0 120	0 127	0 115	0 092
1974	0 100	0 120	0 178	0 223	0 226	0 259	0 120	0 115	-0 074	0 111	0 056	0 052
1975	0 081	0 098	0 198	0 243	0 261	0 230	0 057	0 092	0 102	0 147	0 115	0 073
1976	0 082	0 134	0 194	0 183	0 168	0 138	0 020	0 132	-0 025	0 072	0 034	0 038
1977	0 078	0 115	0 188	0 218	0 266	0 164	0 069	0 162	0 176	0 095	0 111	0 095
1978	0 079	0 098	0 171	0 242	0 214	0 193	0 162	0 001	-0 132	0 034	0 070	0 079
1979	0 062	0 081	0 137	0 212	0 207	0 168	0 162	0 070	0 117	0 144	0 083	0 060
1980	0 088	0 093	0 157	0 176	0 225	0 251	0 214	0 047	-0 085	0 056	0 048	0 070
1981	0 011	0 084	0 140	0 143	0 204	0 130	0 072	0 056	0 040	0 058	0 087	0 082
1982	0 082	0 091	0 194	0 210	0 222	0 268	0 252	0 103	0 145	0 145	0 073	0 031
1983	0 043	0 073	0 150	0 225	0 255	0 242	0 234	0 063	0 116	0 096	0 078	0 078
1984	0 043	0 103	0 168	0 211	0 214	0 050	0 046	0 050	0 089	0 109	0 086	0 052
1985	0 054	0 095	0 139	0 151	0 207	0 196	0 162	0 146	0 029	0 090	0 085	0 065
1986	0 057	0 095	0 151	0 196	0 209	0 154	0 077	0 055	0 046	0 092	0 066	0 010
1987	0 077	0 099	0 144	0 107	0 144	0 196	0 087	-0 412	0 066	0 098	0 084	0 076
1988	0 086	0 097	0 187	0 152	0 209	0 150	0 130	-0 001	0 130	0 105	0 119	0 071
1989	0 087	0 088	0 156	0 209	0 232	0 258	0 170	0 051	0 128	0 092	0 085	0 033
1990	0 078	0 100	0 130	0 204	0 233	0 246	0 001	0 065	0 041	0 063	0 071	0 062
1991	0 065	0 089	0 168	0 217	0 261	0 246	0 022	0 020	0 015	0 108	0 047	0 015
1992	-0 011	0 054	0 120	0 152	0 070	0 225	0 175	0 097	0 099	0 123	0 081	0 073
1993	0 075	0 098	0 162	0 225	0 241	0 230	0 088	0 172	0 053	0 118	0 073	0 077
1994	0 070	0 101	0 169	0 206	0 234	0 211	0 125	0 088	0 070	0 097	0 086	0 065
1995	0 070	0 101	0 169	0 206	0 234	0 211	0 125	0 088	0 070	0 097	0 086	0 065
1996	0 070	0 101	0 169	0 206	0 234	0 211	0 125	0 088	0 070	0 097	0 086	0 065
1997	0 070	0 101	0 169	0 206	0 234	0 211	0 125	0 088	0 070	0 097	0 086	0 065
1998	0 070	0 101	0.169	0.206	0 234	0 211	0.125	0 088	0.070	0 097	0 086	0.065

PORCENTAJE MENSUAL DE LA DEMANDA ANUAL (PROMEDIO, BAJA MEDIA ALTA)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 067	5 710	11 300	15 697	14 370	17.017	13 500	11 626	3 763	3 950	0 000	0.000
0 000	0 000	8 940	15 710	14 890	14 810	14 760	13 190	5 850	11 850	0 000	0.000
0 000	3 590	9 910	16 440	16 480	23 840	13 970	12 710	3 060	0.000	0 000	0.000
9 200	13.540	15 050	14 940	11 740	12 400	11 760	8 980	2 390	0 000	0 000	0 000

ANEXO 20.- Tabla de resultados de la política óptima anual para la presa La Boquilla, con SISMAPRE

DISTRITO DE RIEGO 05: DELICIAS, CHIH
RIO CONCHOS - PRESA LA BOQUILLA, CHIH.
UNIDADES :
- ENTRADAS, EXTRACCIONES, EVAPORACIONES, ALMACENAMIENTOS
Y DERRAMES EN millones DE m3
- AREAS EN HECTAREAS.
CAPACIDAD DE CONSERVACION 2903 3
CAPACIDAD MUERTA 129.7
CAPACIDAD INICIAL 485.7

μ=	0	α=	0
		ß1=	0.38753
		ß2=	0.82063
		ß3=	0.05951

AÑO	ALMAC. INIC.	ENTRADA	DEMANDA	SALIDA	EVAP.	DERRAME	DEFICIT	%DERRAME
1939 - 1940	485.68	778.80	590 59	590 59	71.71	0.00	0.00	0.00
1940 - 1941	602.18	1995.70	538.05	538.05	79.18	0.00	0.00	0.00
1941 - 1942	1980.65	837.50	2066 88	2066.88	155.95	0.00	0.00	0.00
1942 - 1943	595.32	1684.00	579.85	579.85	141.41	0.00	0.00	0.00
1943 - 1944	1558.07	1627.90	1670.08	1670 08	141.18	0.00	0.00	0.00
1944 - 1945	1374.70	819.30	1545.01	1545.01	83.26	0.00	0.00	0 00
1945 - 1946	565.73	811.10	550.11	550.11	91 10	0.00	0 00	0.00
1946 - 1947	735.62	1320.30	628.33	628.33	93.95	0 00	0 00	0.00
1947 - 1948	1333.64	468.40	1341.41	1341.41	93 43	0.00	0.00	0.00
1948 - 1949	367.20	1785.80	300.27	300.27	107.36	0 00	0 00	0.00
1949 - 1950	1745.37	718.00	1824 32	1824.32	122.18	0 00	0.00	0.00
1950 - 1951	516.87	162.20	471.83	471.83	61 74	0.00	0 00	0.00
1951 - 1952	145.49	435.50	70 75	70 75	51 50	0.00	0.00	0.00
1952 - 1953	458.74	540.10	333 29	333.29	68 64	0 00	0 00	0.00
1953 - 1954	596.91	744.30	442 91	442.91	83 26	0 00	0.00	0.00
1954 - 1955	815 04	1295.10	631.11	631 11	98 95	0 00	0.00	0.00
1955 - 1956	1380.09	608.80	1347 75	1347.75	124.37	0.00	0 00	0.00
1956 - 1957	516 77	425.90	429 46	429.46	71.72	0 00	0.00	0.00
1957 - 1958	441 48	489.80	320 94	320.94	69.41	0.00	0.00	0 00
1958 - 1959	540.94	1853.10	395.43	395.43	141 32	0.00	0.00	0 00
1959 - 1960	1857.28	1419.20	1920 33	1920.33	126 03	0.00	0.00	0 00
1960 - 1961	1230.13	786.60	1348 52	1348.52	87 50	0.00	0.00	0 00
1961 - 1962	580 70	568.40	530 77	530.77	68.08	0.00	0.00	0.00
1962 - 1963	550 26	824.10	430.55	430.55	86 36	0.00	0.00	0.00
1963 - 1964	857 44	783 60	699.91	699.91	107.81	0.00	0.00	0.00
1964 - 1965	833.33	597 80	655.48	655.48	89 93	0 00	0.00	0.00
1965 - 1966	685.72	699.00	509.67	509.67	88 03	0 00	0.00	0.00
1966 - 1967	787.01	1649 90	599.54	599.54	106.82	0.00	0.00	0.00
1967 - 1968	1730 55	2053.80	1736.03	1736.03	130.12	0.00	0.00	0.00
1968 - 1969	1918.20	547 80	2070.23	2070 23	104.22	0.00	0.00	0.00
1969 - 1970	291.55	895.20	293.21	293 21	53 53	0.00	0.00	0.00
1970 - 1971	840.00	960 10	749.54	749 54	95 96	0.00	0.00	0.00
1971 - 1972	954.61	1254.50	860.10	860 10	129.92	0.00	0 00	0.00
1972 - 1973	1219.09	1480.50	1233.93	1233.93	98 34	0.00	0.00	0.00
1973 - 1974	1367.32	1050.30	1453.60	1453.60	99 72	0.00	0.00	0.00
1974 - 1975	864.30	1244 40	888.96	888.96	99 16	0.00	0 00	0.00
1975 - 1976	1120.58	1102.20	1176.39	1176.39	93.19	0.00	0 00	0.00
1976 - 1977	953.20	677.70	976.01	976 01	93.50	0 00	0 00	0.00
1977 - 1978	561.39	661.90	478.48	478.48	57 32	0.00	0.00	0.00
1978 - 1979	687.50	1548 30	535.41	535.41	125 53	0 00	0.00	0.00
1979 - 1980	1574.86	1167 50	1597 72	1597.72	103 21	0.00	0 00	0.00
1980 - 1981	1041 44	1824 60	1073.71	1073.71	82.98	0.00	0.00	0 00
1981 - 1982	1709.34	1025 30	1829 40	1829.40	171 83	0.00	0.00	0 00

ANEXO 20.- Tabla de resultados de la política óptima anual para la presa La Boquilla, con SISMAPRE

1982 -	1983	733.42	1063.10	803.01	803.01	106.44	0.00	0.00	0.00
1983 -	1984	887.07	2072.10	910.85	910.85	89.53	0.00	0.00	0.00
1984 -	1985	1958.79	934.00	2101.42	2101.42	124.68	0.00	0.00	0.00
1985 -	1986	666.69	2322.20	694.72	694.72	77.40	0.00	0.00	0.00
1986 -	1987	2216.77	1131.10	2379.25	2379.25	80.72	0.00	0.00	0.00
1987 -	1988	887.90	1820.20	967.07	967.07	91.75	0.00	0.00	0.00
1988 -	1989	1649.28	1687.30	1796.75	1796.75	129.08	0.00	0.00	0.00
1989 -	1990	1410.76	1413.90	1598.39	1594.59	83.08	0.00	3.80	0.24
1990 -	1991	1146.99	1133.80	1303.80	1303.80	114.54	0.00	0.00	0.00
1991 -	1992	862.45	1985.70	956.56	956.56	128.33	0.00	0.00	0.00
1992 -	1993	1763.26	1284.90	1952.23	1952.23	114.52	0.00	0.00	0.00
1993 -	1994	981.41	388.40	1140.04	1138.41	89.64	0.00	1.62	0.14
1994 -	1995	141.75	320.30	156.54	156.54	33.19	0.00	0.00	0.00
1995 -	1996	272.32	1754.40	195.44	195.44	46.72	0.00	0.00	0.00
1996 -	1997	1784.56	734.40	1825.23	1825.23	114.64	0.00	0.00	0.00
1997 -	1998	579.10	481.00	509.30	509.30	66.50	0.00	0.00	0.00

CAPACIDAD DE CONSERVACION	2903.3		
CAPACIDAD MUERTA	129.7		
VOLUMEN INICIAL	485.7		
EXTRACCION MEDIA ANUAL	983.61	ENTRADAS TOTALES	64751.07
PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO	91.13	SALIDAS TOTALES	59011.05
PORCENTAJE DE DERRAMES	0	DERRAMES TOTALES	0
PORCENTAJE DE EVAPORACION	8.87	EVAPORACION TOTAL	5741.46
AÑOS CON DEFICIENCIAS	2	DEFICIT TOTAL	5.43
DEFICIT PROMEDIO (%)	0.01		
DEFICIT ANUAL MÁXIMO (%)	0.01		

ANEXO 21.- Ordenamiento de la información de entrada de la presa Madero para la ejecución de SISMAPRE.

DISTRITO DE RIEGO 05: DELICIAS, CHIH.
RIO SAN PEDRO - PRESA F. I. MADERO, CHIH
1949 50 43 *[AÑO DE INICIO DE REGISTRO: 1949; AÑOS CON REGISTRO: 50; PARES DE VALORES DE CAPACIDAD-AREA: 43; MES DE DECISION: 10]*
1000000 1 *[UNIDADES DE VOLUMEN: MILLONES DE METROS CUBICOS; DE LAMINA: METROS]*
millones
CAPACIDAD MUERTA EN MILLONES DE METROS CUBICOS
5.3
CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN EN MILLONES DE METROS CUBICOS

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348

DE LA CURVA DE AREAS Y CAPACIDADES DE LA PRESA (MILLONES DE METROS CUBICOS Y HECTAREAS)

CAPACIDAD	AREA
0	0
10.400	207.50
11.281	224.30
12.500	244.00
13.698	259.10
15.000	270.00
16.410	283.40
17.400	300.00
18.250	325.00
19.589	352.30
21.000	370.00
23.316	393.20
25.000	415.00
27.582	460.10
29.250	495.00
30.500	540.00
32.000	600.00
33.045	632.50
39.808	720.10
43.500	775.00
47.614	841.10
56.584	952.90
66.702	1070.80
77.986	1186.10
90.555	1327.80
104.421	1445.40
119.405	1551.40
126.000	1600.00
135.706	1708.80
153.682	1886.50
173.559	2108.90
196.002	2359.60
220.307	2501.40
245.918	2520.90
272.907	2776.90
301.548	2951.30
331.900	3137.5
348.000	3237.30
364.300	3337.00
398.700	3548.00
435.300	3765.00
474.000	3980.00
514.900	4201.00

VOLUMENES MENSUALES DE ENTRADA AL VASO (MILLONES DE M3)

A¥O	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1949	6.30	4.40	2.30	1.70	1.40	4.80	68.00	62.80	222.60	24.50	7.10	5.60
1950	5.60	3.90	4.10	4.40	3.00	12.00	67.00	34.40	55.90	21.10	5.20	6.40
1951	15.20	4.90	4.20	5.60	7.60	5.20	14.90	15.00	11.30	4.00	2.00	3.60
1952	4.60	2.60	2.70	6.50	4.50	30.50	235.40	17.70	16.90	3.90	2.30	3.70
1953	4.10	3.30	3.80	2.50	3.40	4.70	78.30	54.60	34.00	6.40	3.30	3.30
1954	4.30	3.30	3.10	4.40	2.10	15.10	41.70	175.70	50.80	61.80	5.80	4.40
1955	4.70	3.90	4.90	1.80	3.80	4.80	80.00	151.80	75.60	127.90	7.80	4.90
1956	5.20	6.10	6.20	5.60	4.10	14.20	5.20	15.00	37.60	3.20	3.80	4.20
1957	3.90	3.40	3.10	4.40	2.10	15.10	41.70	175.70	50.80	61.80	5.80	4.40
1958	5.50	4.30	3.70	2.80	1.90	4.10	28.40	76.20	448.30	245.40	17.30	10.50
1959	8.60	7.20	7.00	10.80	6.20	18.00	23.80	229.20	37.60	6.10	5.30	7.00
1960	12.50	5.60	6.10	5.60	5.70	2.80	149.50	254.00	53.60	9.50	8.30	6.00
1961	7.70	7.10	4.60	18.90	18.30	13.30	53.20	62.10	54.90	7.80	4.70	4.40
1962	5.00	4.80	4.30	8.70	2.50	2.50	48.60	17.20	78.00	37.70	6.00	4.70
1963	4.70	4.70	4.90	4.90	3.70	15.50	38.00	76.10	110.80	35.90	9.80	7.90
1964	5.40	4.70	7.60	11.70	14.90	12.20	18.70	41.00	40.00	6.10	3.10	5.60
1965	5.20	4.00	3.70	8.00	7.40	13.70	13.00	78.80	83.30	7.20	4.60	6.10
1966	5.00	4.30	5.10	7.20	14.00	192.40	62.80	352.70	216.20	19.50	14.30	12.30

ANEXO 21.- Ordenamiento de la información de entrada de la presa Madero para la ejecución de SISMAPRE.

1967	10.40	7.40	12.30	13.00	12.60	21.70	28.70	52.20	124.10	20.90	7.20	5.00
1968	10.30	7.80	10.30	17.40	9.60	5.60	324.60	175.30	309.40	18.60	15.10	12.30
1969	12.00	15.20	11.50	20.30	15.90	9.20	65.80	19.80	17.30	9.10	4.90	5.70
1970	4.70	5.80	6.70	6.40	2.60	9.30	47.40	69.60	104.40	52.80	7.20	6.90
1971	5.80	5.50	11.70	13.50	8.70	4.60	45.40	114.80	44.40	143.30	12.50	7.60
1972	10.10	8.40	11.50	12.90	6.70	38.80	54.20	225.00	186.30	18.00	11.90	11.30
1973	8.90	9.90	13.60	19.10	9.50	3.30	44.40	153.00	54.70	10.00	6.40	6.10
1974	9.00	5.00	8.90	8.80	7.30	3.90	35.20	88.60	596.80	39.30	14.10	9.20
1975	7.70	6.20	5.10	3.90	2.30	3.90	158.00	106.60	86.40	10.70	7.00	6.90
1976	6.10	4.20	3.90	3.00	3.60	6.90	41.40	41.20	203.60	15.10	9.10	12.90
1977	7.30	5.20	4.60	3.60	1.80	23.20	57.10	13.60	7.70	44.60	7.50	6.50
1978	6.10	4.90	5.00	1.80	2.30	30.00	20.50	235.90	540.70	60.00	18.90	13.50
1979	9.90	15.50	6.20	6.50	4.00	8.20	89.50	211.90	20.80	7.50	6.20	7.30
1980	5.50	6.20	3.90	2.70	1.80	1.60	2.80	84.60	320.50	33.80	3.50	8.80
1981	10.70	7.90	7.30	8.20	15.10	30.40	27.20	459.70	311.00	40.60	12.10	11.10
1982	10.80	8.30	6.30	4.40	3.20	2.30	5.70	17.30	7.90	3.40	4.60	10.50
1983	7.00	5.60	13.30	3.20	2.00	7.40	2.30	130.10	55.20	13.60	8.50	5.30
1984	5.90	6.10	3.40	1.60	6.40	125.00	106.70	264.20	27.90	10.40	6.80	8.50
1985	10.80	9.80	4.80	8.70	1.90	5.80	35.40	23.60	77.30	16.10	5.90	5.20
1986	5.50	4.20	4.60	1.80	5.30	35.80	308.10	231.80	209.20	21.80	13.20	9.90
1987	7.30	7.50	4.50	15.20	13.70	14.30	59.50	114.40	40.00	13.40	6.50	7.10
1988	6.90	4.80	3.90	3.50	5.50	44.80	53.50	130.70	57.20	14.70	9.60	7.60
1989	5.10	4.80	3.90	1.70	4.90	2.90	5.20	101.70	127.30	8.20	4.90	6.40
1990	5.80	4.60	3.80	4.00	3.40	3.30	32.80	452.70	127.80	21.30	1.60	2.30
1991	2.50	7.60	0.00	1.70	2.20	11.20	32.70	327.70	430.70	24.30	7.00	6.60
1992	14.50	28.20	13.90	9.90	6.60	3.80	11.20	55.60	16.40	14.00	6.30	8.10
1993	7.40	5.30	6.80	3.10	1.90	2.40	63.80	12.00	57.60	9.00	6.40	6.00
1994	5.70	4.50	4.10	2.20	1.00	0.70	3.30	2.10	3.50	3.10	2.60	3.90
1995	3.80	2.50	2.40	0.70	0.50	10.40	29.90	38.90	131.30	6.80	3.90	2.90
1996	3.70	4.30	3.60	4.50	3.50	19.40	45.40	281.10	216.90	8.50	5.50	3.30
1997	5.00	7.00	7.90	8.20	7.90	5.80	27.10	124.80	16.60	4.10	4.70	5.70
1998	6.90	4.40	4.40	4.50	4.30	1.60	6.70	35.30	19.90	12.10	5.40	4.70

LAMINA MENSUAL DE EVAPORACION NETA DEL EMBALSE (M)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1949	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1950	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1951	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1952	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1953	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1954	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1955	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1956	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1957	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1958	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1959	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1960	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1961	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1962	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.105	0.094	0.073
1963	0.074	0.106	0.184	0.215	0.250	0.216	0.151	0.101	0.064	0.07	0.10	0.06
1964	0.10	0.13	0.26	0.28	0.27	0.27	0.15	0.13	0.11	0.12	0.10	0.08
1965	0.10	0.14	0.23	0.27	0.26	0.19	0.23	0.12	0.02	0.13	0.13	0.05
1966	0.09	0.09	0.20	0.26	0.31	0.27	0.26	0.17	0.12	0.17	0.12	0.04
1967	0.09	0.10	0.20	0.23	0.24	0.22	0.21	0.05	0.07	0.11	0.09	0.09
1968	0.08	0.11	0.19	0.22	0.27	0.15	0.19	0.13	0.07	0.13	0.10	0.08
1969	0.06	0.09	0.13	0.20	0.28	0.25	0.11	0.08	0.03	0.10	0.08	0.07
1970	0.08	0.11	0.19	0.22	0.26	0.24	0.14	0.14	0.11	0.09	0.10	0.08
1971	0.08	0.10	0.18	0.22	0.26	0.19	0.16	0.16	0.01	0.13	0.10	0.08
1972	0.10	0.12	0.19	0.22	0.23	0.22	0.18	0.07	0.12	0.01	0.11	0.08
1973	0.08	0.12	0.19	0.25	0.19	0.18	0.18	0.05	-0.02	0.10	0.07	0.09
1974	0.07	0.05	0.20	0.22	0.24	0.26	0.02	0.00	0.14	0.14	0.13	0.09
1975	0.11	0.12	0.18	0.23	0.26	0.26	0.12	0.11	-0.08	0.10	0.07	0.05
1976	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.10	0.09	0.07
1977	0.06	0.12	0.19	0.20	0.19	0.16	0.00	0.12	0.03	0.08	0.05	0.03
1978	0.07	0.11	0.19	0.20	0.27	0.12	0.10	0.17	0.14	0.07	0.10	0.09
1979	0.08	0.11	0.19	0.22	0.26	0.20	0.16	0.04	-0.02	0.09	0.10	0.08
1980	0.07	0.10	0.16	0.20	0.20	0.16	0.21	0.03	0.10	0.16	0.10	0.06
1981	0.09	0.11	0.18	0.21	0.28	0.24	0.22	0.06	-0.09	0.08	0.05	0.06
1982	0.01	0.09	0.12	0.09	0.23	0.16	0.16	0.07	0.04	0.00	0.09	0.07
1983	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.10	0.09	0.07
1984	0.07	0.10	0.13	0.22	0.25	0.23	0.22	0.08	0.08	0.10	0.06	0.09
1985	0.06	0.09	0.21	0.19	0.21	0.21	0.13	0.10	0.06	0.12	0.09	0.07
1986	0.04	0.08	0.15	0.16	0.26	0.20	0.06	0.17	0.08	0.11	0.11	0.10
1987	0.08	0.11	0.18	0.23	0.26	0.19	0.12	0.11	0.04	0.08	0.10	0.05
1988	0.08	0.11	0.19	0.16	0.23	0.23	0.03	0.11	0.10	0.13	0.10	0.08
1989	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.10	0.09	0.07

180

ANEXO 21 - Ordenamiento de la información de entrada de la presa Madero para la ejecución de SISMAPRE.

1990	0.10	0.12	0.19	0.25	0.28	0.29	0.21	0.12	0.17	0.18	0.11	0.10
1991	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.25	0.12	0.00	0.01	0.06	0.10	0.08
1992	0.07	0.11	0.19	0.22	0.27	0.24	0.19	0.16	0.13	0.13	0.09	0.06
1993	0.02	0.08	0.18	0.19	0.18	0.26	0.19	0.15	0.14	0.12	0.12	0.08
1994	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.10	0.09	0.07
1995	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.10	0.09	0.07
1996	0.07	0.11	0.19	0.22	0.26	0.22	0.15	0.11	0.06	0.11	0.09	0.07
1997	0.07	0.11	0.18	0.22	0.25	0.22	0.15	0.10	0.06	0.11	0.09	0.07
1998	0.07	0.11	0.18	0.22	0.25	0.22	0.15	0.10	0.06	0.11	0.09	0.07

PORCENTAJE MENSUAL DE LA DEMANDA ANUAL (PROMEDIO BAJA MEDIA Y ALTA)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	0	10.243	10.377	12.993	19.490	20.990	20.117	5.790	0	0	0
0	0	0.000	0.000	0.000	31.690	27.020	30.660	10.630	0	0	0
0	0	15.960	14.470	21.760	10.650	18.380	18.150	0.630	0	0	0
0	0	14.770	16.660	17.220	16.130	17.570	11.540	6.110	0	0	0

ANEXO 22.- Tabla de resultados de la política óptima anual para la presa Madero, con SISMAPRE.

DISTRITO DE RIEGO 05: DELICIAS, CHIH.
RIO SAN PEDRO - PRESA F. I. MADERO, CHIH
UNIDADES :
- ENTRADAS, EXTRACCIONES, EVAPORACIONES, ALMACENAMIENTOS
Y DERRAMES EN millones DE m3
- AREAS EN HECTAREAS.
CAPACIDAD DE CONSERVACION 348.0
CAPACIDAD MUERTA 5.3
CAPACIDAD INICIAL 41.9

μ=	0.6	α=	0
		ß1=	0.37883
		ß2=	0.58068
		ß3=	0

AÑO	ALMAC. INIC	ENTRADA	DEMANDA	SALIDA	EVAP.	DERRAME	DEFICIT	%DERRAME
1950 - 1951	41.89	116.60	108.14	108.14	19.03	0.00	0.00	0.00
1951 - 1952	31.32	331.00	59.78	59.78	18.58	0.00	0.00	0.00
1952 - 1953	283.95	198.60	310.99	310.99	35.61	0.00	0.00	0.00
1953 - 1954	135.95	313.50	153.62	153.62	29.39	0.00	0.00	0.00
1954 - 1955	266.44	403.30	290.32	290.32	42.77	0.00	0.00	0.00
1955 - 1956	336.65	239.80	384.59	372.53	37.74	125.95	12.06	3.14
1956 - 1957	40.23	311.40	111.80	111.80	16.02	0.00	0.00	0.00
1957 - 1958	223.81	647.20	263.53	263.53	37.57	221.91	0.00	0.00
1958 - 1959	348.00	621.60	414.28	414.28	40.21	274.37	0.00	0.00
1959 - 1960	240.74	513.80	349.93	349.93	34.17	22.45	0.00	0.00
1960 - 1961	348.00	263.90	414.28	414.28	40.26	23.97	0.00	0.00
1961 - 1962	133.39	188.50	181.69	181.69	22.60	0.00	0.00	0.00
1962 - 1963	117.60	311.70	138.79	138.79	31.86	0.00	0.00	0.00
1963 - 1964	258.65	209.80	284.60	284.60	45.91	0.00	0.00	0.00
1964 - 1965	137.94	231.90	159.06	159.06	32.65	0.00	0.00	0.00
1965 - 1966	178.12	877.60	191.54	191.54	53.87	462.31	0.00	0.00
1966 - 1967	348.00	328.50	414.28	414.28	43.22	47.07	0.00	0.00
1967 - 1968	171.93	903.40	242.33	242.33	38.02	446.98	0.00	0.00
1968 - 1969	348.00	233.00	414.28	414.28	38.76	58.31	0.00	0.00
1969 - 1970	69.65	276.60	126.88	126.88	23.42	0.00	0.00	0.00
1970 - 1971	195.95	321.30	226.60	226.60	37.53	0.00	0.00	0.00
1971 - 1972	253.11	717.30	286.86	286.86	50.51	285.04	0.00	0.00
1972 - 1973	348.00	357.60	414.28	414.28	35.97	47.05	0.00	0.00
1973 - 1974	208.29	786.00	281.04	281.04	30.03	335.22	0.00	0.00
1974 - 1975	348.00	442.70	414.28	414.28	42.20	57.40	0.00	0.00
1975 - 1976	276.82	338.50	371.57	371.57	32.23	0.00	0.00	0.00
1976 - 1977	211.52	161.20	271.89	271.89	27.73	0.00	0.00	0.00
1977 - 1978	73.10	905.80	101.75	101.75	29.08	500.07	0.00	0.00
1978 - 1979	348.00	464.90	414.28	414.28	37.32	103.23	0.00	0.00
1979 - 1980	258.06	450.60	360.32	335.09	29.26	0.00	25.23	7.00
1980 - 1981	344.31	923.60	412.07	412.07	40.08	467.76	0.00	0.00
1981 - 1982	348.00	130.00	414.28	374.64	24.54	73.51	39.64	9.57
1982 - 1983	5.30	244.60	49.25	49.25	12.03	0.00	0.00	0.00
1983 - 1984	188.62	574.60	203.62	203.62	37.25	174.35	0.00	0.00
1984 - 1985	348.00	203.80	414.28	414.28	34.41	33.35	0.00	0.00
1985 - 1986	69.75	833.50	115.88	115.88	25.84	413.53	0.00	0.00
1986 - 1987	348.00	321.30	414.28	414.28	41.53	43.19	0.00	0.00
1987 - 1988	170.30	337.80	237.17	237.17	27.74	0.00	0.00	0.00
1988 - 1989	243.19	289.40	290.48	290.48	34.66	0.00	0.00	0.00

ANEXO 22.- Tabla de resultados de la política óptima anual para la presa Madero, con SISMAPRE.

1989 -	1990	207.45	657.70	240.93	240.93	40.25	235.97	0.00	0.00
1990 -	1991	348.00	841.50	414.28	414.28	40.14	387.08	0.00	0.00
1991 -	1992	348.00	198.00	414.28	414.28	39.02	67.00	0.00	0.00
1992 -	1993	25.69	188.70	87.24	87.24	16.81	0.00	0.00	0.00
1993 -	1994	110.34	48.50	134.51	128.81	24.73	0.00	5.70	4.24
1994 -	1995	5.30	230.00	18.37	18.37	7.68	0.00	0.00	0.00
1995 -	1996	209.25	596.00	209.50	209.50	40.17	207.57	0.00	0.00
1996 -	1997	348.00	227.60	414.28	414.28	38.64	14.73	0.00	0.00
1997 -	1998	107.95	102.50	147.81	147.81	23.39	0.00	0.00	0.00

CAPACIDAD DE CONSERVACION	348		
CAPACIDAD MUERTA	5.3		
VOLUMEN INICIAL	41.9		
EXTRACCION MEDIA ANUAL	261.02	ENTRADAS TOTALES	19416.71
PORCENTAJE DE APROVECHAMIEN	65.44	SALIDAS TOTALES	12707.51
PORCENTAJE DE DERRAMES	26.41	DERRAMES TOTALES	5129.38
PORCENTAJE DE EVAPORACION	8.15	EVAPORACION TOTAL	1582.45
AÑOS CON DEFICIENCIAS	4	DEFICIT TOTAL	82.64
DEFICIT PROMEDIO (%)	0.65		
DEFICIT ANUAL MÁXIMO (%)	0.31		

ANEXO 23.- EJEMPLO DE REPORTE ANUAL DE LA POLITICA DE OPERACIÓN OPTIMA, CALCULADA CON DISTINCIÓN (SEPARACION) DE FASES DE SEQUÍA ESPERADA

PRESA LA BOQUILLA, CHIHUAHUA

RESULTADOS DE LA POLITICA OPTIMA

CAPACIDAD DE CONSERVACION 2903.3
CAPACIDAD MUERTA 129.7

severa a catastrófica	α_1 =	47.021	β_1 =	1.19386
incipiente a moderada	α_2 =	162.585	β_2 =	1.17246
sin sequia	α_3 =	0.000	β_3 =	1.48275

AÑO AGRICOLA	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	APORTACION EN EL AÑO	EXTRACCION OPTIMA	EVAPORACION	DERRAME
1940	457.30	778.80	438.13	70.27	0.00
1941	727.65	1995.70	886.61	75.29	0.00
1942	1761.21	2694.30	2419.13	144.30	0.00
1943	1891.48	2005.30	2612.28	198.54	26.94
1944	1058.28	1627.90	1376.86	115.33	0.00
1945	1193.63	819.30	1410.00	80.26	0.00
1946	522.55	811.10	623.19	77.92	0.00
1947	632.55	1320.30	745.61	75.26	0.00
1948	1131.84	468.40	1243.44	85.73	0.00
1949	271.03	1785.80	209.56	98.75	0.00
1950	1748.67	718.00	1979.85	125.19	0.00
1951	361.29	162.20	323.51	52.99	0.00
1952	146.98	435.50	67.66	56.19	0.00
1953	458.62	540.10	439.71	64.00	0.00
1954	495.00	744.30	483.14	69.34	0.00
1955	686.93	1295.10	826.23	78.18	0.00
1956	1077.70	608.80	1178.80	96.49	0.00
1957	411.02	425.90	382.87	62.69	0.00
1958	391.30	2027.80	387.88	68.29	0.00
1959	1962.91	1327.50	2718.20	150.42	0.00
1960	421.49	1419.20	432.65	80.86	0.00
1961	1327.06	786.60	1476.50	96.98	0.00
1962	539.99	568.40	536.85	60.72	0.00
1963	510.79	824.10	609.40	72.40	0.00
1964	653.10	783.60	671.88	82.99	0.00
1965	681.76	597.80	706.10	71.26	0.00
1966	502.09	2271.80	552.16	74.99	0.00
1967	2146.51	1085.70	2527.22	116.87	0.00
1968	587.51	2053.80	678.83	74.96	0.00
1969	1887.59	547.80	2145.70	107.39	0.00
1970	182.27	895.20	224.23	48.18	0.00
1971	805.05	960.10	954.41	79.11	0.00
1972	731.75	1254.50	892.69	100.70	0.00
1973	992.70	1480.50	1279.62	75.86	0.00
1974	1117.58	1050.30	1320.84	88.53	0.00
1975	758.21	1244.40	931.92	81.34	0.00
1976	989.23	1102.20	1170.35	76.48	0.00
1977	844.62	677.70	900.54	80.34	0.00
1978	541.28	1985.00	610.27	47.26	0.00
1979	1868.69	1235.00	2578.49	120.11	0.00
1980	404.86	1167.50	485.20	48.14	0.00
1981	1039.04	1824.60	1348.33	71.27	0.00
1982	1443.96	1025.30	1703.50	160.62	0.00
1983	605.06	1063.10	719.92	91.59	0.00
1984	856.53	2072.10	1077.71	77.53	0.00
1985	1773.22	934.00	2089.55	118.72	0.00

SEPARACION DE FASES SEGÚN COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

AÑO AGRICOLA	FASE DE DISPONIBILIDAD	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	VOLUMEN OPTIMO ASIGNABLE	ALMACENAMIENTO INICIAL UTIL	EXTRACCION OPTIMA
1940	-i	457.30	438.13	327.60	438.13
1948	-i	1131.84	1243.44	1002.14	1243.44
1950	-i	1748.67	1979.85	1618.97	1979.85
1951	-1	361.29	323.51	231.59	323.51
1952	-1	146.98	67.66	17.28	67.66
1953	-i	458.62	439.71	328.92	439.71
1954	-i	495.00	483.14	365.30	483.14
1956	-i	1077.70	1178.80	948.00	1178.80
1957	-i	411.02	382.87	281.32	382.87
1961	-1	1327.06	1476.50	1197.36	1476.50
1962	-1	539.99	536.85	410.29	536.85
1964	-1	653.10	671.88	523.40	671.88
1965	-1	681.76	706.10	552.06	706.10
1969	-1	1887.59	2145.70	1757.89	2145.70
1977	-1	844.62	900.54	714.92	900.54
1994	-i	1363.09	1519.52	1233.39	1519.52
1995	-i	129.70	47.02	0.00	47.02
1997	-i	1720.03	1945.66	1590.33	1945.66
1998	-1	395.68	364.57	265.98	364.57
1945	0	1193.63	1410.00	1063.93	1410.00
1946	0	522.55	623.19	392.85	623.19
1963	0	510.79	609.40	381.09	609.40
1967	0	2146.51	2527.22	2016.81	2527.22
1970	0	182.27	224.23	52.57	224.23
1971	0	805.05	954.41	675.35	954.41
1974	0	1117.58	1320.84	987.88	1320.84
1976	0	989.23	1170.35	859.53	1170.35
1980	0	404.86	485.20	275.16	485.20
1982	0	1443.96	1703.50	1314.26	1703.50
1983	0	605.06	719.92	475.36	719.92
1985	0	1773.22	2089.55	1643.52	2089.55
1987	0	2209.79	2601.42	2080.09	2601.42
1941	i	727.65	886.61	597.95	886.61
1942	i	1761.21	2419.13	1631.51	2419.13
1943	i	1891.48	2612.28	1761.78	2612.28
1944	1	1058.28	1376.86	928.58	1376.86
1947	1	632.55	745.61	502.85	745.61
1949	1	271.03	209.56	141.33	209.56
1955	1	686.93	826.23	557.23	826.23
1958	1	391.30	387.88	261.60	387.88
1959	1	1962.91	2718.20	1833.21	2718.20
1960	1	421.49	432.65	291.79	432.65
1966	i	502.09	552.16	372.39	552.16
1968	1	587.51	678.83	457.81	678.83
1972	i	731.75	892.69	602.05	892.69
1973	i	992.70	1279.62	863.00	1279.62

ANEXO 23.- EJEMPLO DE REPORTE ANUAL DE LA POLITICA DE OPERACIÓN OPTIMA, CALCULADA CON DISTINCIÓN (SEPARACION) DE FASES DE SEQUIA ESPERADA

PRESA LA BOQUILLA, CHIHUAHUA

RESULTADOS DE LA POLITICA OPTIMA

CAPACIDAD DE CONSERVACION 2903.3
CAPACIDAD MUERTA 129.7

severa a catastrófica	α_1 =	47.021	β_1 =	1.19386
incipiente a moderada	α_2 =	162.585	β_2 =	1.17246
sin sequia	α_3 =	0.000	β_3 =	1.48275

AÑO AGRICOLA	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	APORTACION EN EL AÑO	EXTRACCION OPTIMA	EVAPORACION	DERRAME
1986	498.52	2322.20	546.87	63.99	0.00
1987	2209.79	1131.10	2601.42	87.16	0.00
1988	652.07	1820.20	774.54	72.65	0.00
1989	1625.14	1687.30	2217.38	117.15	238.92
1990	738.86	1413.90	903.24	59.78	0.00
1991	1189.80	3587.30	1571.87	117.82	358.35
1992	2728.98	1650.70	3854.09	117.39	278.04
1993	129.70	1284.90	0.00	51.51	0.00
1994	1363.09	388.40	1519.52	102.13	0.00
1995	129.70	320.30	47.02	39.87	0.00
1996	363.08	1754.40	346.05	51.27	0.00
1997	1720.03	734.40	1945.66	112.99	0.00
1998	395.68	481.00	364.57	54.76	0.00
PROM		1221.67	1119.83	86.43	15.29

EXTRACCION MEDIA ANUAL	**1119.83**
PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO	**91.66**
PORCENTAJE DE DERRAMES	**1.25**
PORCENTAJE DE EVAPORACION	**7.07**

SEPARACION DE FASES SEGÚN COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

AÑO AGRICOLA	FASE DE DISPONIBILIDAD	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	VOLUMEN OPTIMO ASIGNABLE	ALMACENAMIENTO INICIAL UTIL	EXTRACCION OPTIMA
1975	i	758.21	931.92	628.51	931.92
1978	1	541.28	610.27	411.58	610.27
1979	1	1868.69	2578.49	1738.99	2578.49
1981	1	1039.04	1348.33	909.34	1348.33
1984	i	856.53	1077.71	726.83	1077.71
1986	i	498.52	546.87	368.82	546.87
1988	i	652.07	774.54	522.37	774.54
1989	1	1625.14	2217.38	1495.44	2217.38
1990	1	738.86	903.24	609.16	903.24
1991	1	1189.80	1571.87	1060.10	1571.87
1992	1	2728.98	3854.09	2599.28	3854.09
1993	1	129.70	0.00	0.00	0.00
1996	1	363.08	346.05	233.38	346.05

-1 => FASE SEVERA A CATASTRÓFICA
0 => FASE INCIPIENTE A MODERADA
1=> SIN SEQUIA

185

ANEXO 24.- EJEMPLO DE REPORTE ANUAL DE LA POLITICA DE OPERACIÓN OPTIMA, CALCULADA *SIN* DISTINCIÓN (SEPARACION) DE FASES DE SEQUÍA ESPERADA

PRESA LA BOQUILLA, CHIHUAHUA

RESULTADOS DE LA POLÍTICA OPTIMA

CAPACIDAD DE CONSERVACION 2903.3
CAPACIDAD MUERTA 129.7

α = 48.24 β = 1.21378

AÑO AGRICOLA	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	APORTACION EN EL AÑO	EXTRACCION OPTIMA	EVAPORACION	DERRAME
1940	460.11	778.80	449.28	70.10	0.00
1941	719.47	1995.70	764.09	78.95	0.00
1942	1871.89	2694.30	2162.87	162.94	0.00
1943	2239.76	2005.30	2609.38	200.27	373.70
1944	1060.98	1627.90	1178.60	122.63	0.00
1945	1387.28	819.30	1574.66	89.12	0.00
1946	542.66	811.10	549.48	83.42	0.00
1947	720.91	1320.30	765.83	81.99	0.00
1948	1193.23	468.40	1339.13	87.81	0.00
1949	234.65	1785.80	175.62	96.68	0.00
1950	1748.30	718.00	2012.86	124.05	0.00
1951	329.05	162.20	290.21	51.27	0.00
1952	149.77	435.50	72.60	56.24	0.00
1953	456.42	540.10	444.80	63.55	0.00
1954	488.15	744.30	483.32	68.64	0.00
1955	680.60	1295.10	716.91	81.28	0.00
1956	1177.62	608.80	1320.18	100.44	0.00
1957	365.59	425.90	334.55	60.33	0.00
1958	396.55	2027.80	372.14	69.49	0.00
1959	1982.72	1327.50	2297.40	163.24	0.00
1960	849.34	1419.20	921.72	94.97	0.00
1961	1251.61	786.60	1409.98	92.93	0.00
1962	535.11	568.40	540.32	60.20	0.00
1963	502.96	824.10	501.29	76.16	0.00
1964	749.64	783.60	800.70	87.03	0.00
1965	645.44	597.80	674.23	69.15	0.00
1966	499.75	2271.80	497.40	76.88	0.00
1967	2197.04	1085.70	2557.54	119.61	0.00
1968	604.98	2053.80	625.12	77.94	0.00
1969	1955.79	547.80	2264.71	109.15	0.00
1970	129.70	895.20	48.24	50.86	0.00
1971	925.80	960.10	1014.53	87.40	0.00
1972	784.11	1254.50	842.55	107.35	0.00
1973	1088.56	1480.50	1212.08	83.27	0.00
1974	1273.56	1050.30	1436.64	98.59	0.00
1975	788.28	1244.40	847.61	86.79	0.00
1976	1098.18	1102.20	1223.76	83.31	0.00
1977	893.34	677.70	975.12	81.52	0.00
1978	514.21	1985.00	514.95	47.15	0.00
1979	1937.07	1235.00	2241.98	136.65	0.00
1980	793.26	1167.50	853.65	68.52	0.00
1981	1038.62	1824.60	1151.46	75.68	0.00
1982	1636.02	1025.30	1876.58	171.20	0.00
1983	613.45	1063.10	635.41	95.74	0.00
1984	945.29	2072.10	1038.18	84.33	0.00
1985	1894.70	934.00	2190.56	124.73	0.00

SECUENCIA DE FASES SEGÚN COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

AÑO AGRICOLA	FASE DE DISPONIBILIDAD	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	VOLUMEN OPTIMO ASIGNABLE	ALMACENAMIENTO INICIAL UTIL	EXTRACCION OPTIMA
1940	-1	460.11	449.28	330.41	449.28
1941	i	719.47	764.09	589.77	764.09
1942	i	1871.89	2162.87	1742.19	2162.87
1943	1	2239.76	2609.38	2110.06	2609.38
1944	1	1060.98	1178.60	931.28	1178.60
1945	0	1387.28	1574.66	1257.58	1574.66
1946	0	542.66	549.48	412.96	549.48
1947	i	720.91	765.83	591.21	765.83
1948	-1	1193.23	1339.13	1063.53	1339.13
1949	1	234.65	175.62	104.95	175.62
1950	-1	1748.30	2012.86	1618.60	2012.86
1951	-1	329.05	290.21	199.35	290.21
1952	-1	149.77	72.60	20.07	72.60
1953	-1	456.42	444.80	326.72	444.80
1954	-1	488.15	483.32	358.45	483.32
1955	i	680.60	716.91	550.90	716.91
1956	-1	1177.62	1320.18	1047.92	1320.18
1957	-1	365.59	334.55	235.89	334.55
1958	i	396.55	372.14	266.85	372.14
1959	i	1982.72	2297.40	1853.02	2297.40
1960	i	849.34	921.72	719.64	921.72
1961	-1	1251.61	1409.98	1121.91	1409.98
1962	-1	535.11	540.32	405.41	540.32
1963	0	502.96	501.29	373.26	501.29
1964	-i	749.64	800.70	619.94	800.70
1965	-1	645.44	674.23	515.74	674.23
1966	i	499.75	497.40	370.05	497.40
1967	0	2197.04	2557.54	2067.34	2557.54
1968	i	604.98	625.12	475.28	625.12
1969	-i	1955.79	2264.71	1826.09	2264.71
1970	0	129.70	48.24	0.00	48.24
1971	0	925.80	1014.53	796.10	1014.53
1972	1	784.11	842.55	654.41	842.55
1973	i	1088.56	1212.08	958.86	1212.08
1974	0	1273.56	1436.64	1143.86	1436.64
1975	i	788.28	847.61	658.58	847.61
1976	0	1098.18	1223.76	968.48	1223.75
1977	-1	893.34	975.12	763.64	975.12
1978	i	514.21	514.95	384.51	514.95
1979	i	1937.07	2241.98	1807.37	2241.98
1980	0	793.26	853.65	663.56	853.65
1981	i	1038.62	1151.46	908.92	1151.46
1982	0	1636.02	1876.58	1506.32	1876.58
1983	0	613.45	635.41	483.75	635.41
1984	i	945.29	1038.18	815.59	1038.18
1985	0	1894.70	2190.56	1765.00	2190.56

186

ANEXO 24.- EJEMPLO DE REPORTE ANUAL DE LA POLITICA DE OPERACIÓN OPTIMA, CALCULADA *SIN* DISTINCIÓN (SEPARACION) DE FASES DE SEQUÍA ESPERADA

PRESA LA BOQUILLA, CHIHUAHUA

RESULTADOS DE LA POLITICA OPTIMA

CAPACIDAD DE CONSERVACION 2903.3
CAPACIDAD MUERTA 129.7

α = 48.24 ß = 1.21378

AÑO AGRICOLA	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	APORTACION EN EL AÑO	EXTRACCION OPTIMA	EVAPORACION	DERRAME
1986	512.96	2322.20	513.43	65.83	0.00
1987	2255.83	1131.10	2628.89	88.83	0.00
1988	668.96	1820.20	702.78	76.00	0.00
1989	1710.47	1687.30	1966.94	135.11	0.00
1990	1295.60	1413.90	1463.38	84.61	0.00
1991	1161.55	3587.30	1300.68	122.43	422.38
1992	2903.30	1650.70	3414.77	129.38	501.30
1993	508.11	1284.90	507.54	66.17	0.00
1994	1219.34	388.40	1370.82	95.16	0.00
1995	141.64	320.30	62.72	40.33	0.00
1996	358.86	1754.40	326.39	51.58	0.00
1997	1735.17	734.40	1996.92	112.52	0.00
1998	360.02	481.00	327.80	53.06	0.00
PROM		1221.67	1108.36	91.20	21.99

SECUENCIA DE FASES SEGÚN COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

AÑO AGRICOLA	FASE DE DISPONIBILIDAD	ALMACENAMIENTO INICIAL TOTAL	VOLUMEN OPTIMO ASIGNABLE	ALMACENAMIENTO INICIAL UTIL	EXTRACCION OPTIMA
1986	i	512.96	513.43	383.26	513.43
1987	0	2255.83	2628.89	2126.13	2628.89
1988	1	668.96	702.78	539.26	702.78
1989	1	1710.47	1966.94	1580.77	1966.95
1990	1	1295.60	1463.38	1165.90	1463.38
1991	i	1161.55	1300.68	1031.85	1300.68
1992	i	2903.30	3414.77	2773.60	3414.77
1993	i	508.11	507.54	378.41	507.54
1994	-1	1219.34	1370.82	1089.64	1370.82
1995	-1	141.64	62.72	11.94	62.72
1996	i	358.86	326.39	229.16	326.39
1997	-1	1735.17	1996.92	1605.47	1996.92
1998	-i	360.02	327.80	230.32	327.80

EXTRACCION MEDIA ANUAL	**1108.36**
PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO	**90.73**
PORCENTAJE DE DERRAMES	**1.8**
PORCENTAJE DE EVAPORACION	**7.46**

-1 => FASE SEVERA A CATASTRÓFICA
0 => FASE INCIPIENTE A MODERADA
1=> SIN SEQUIA

PRESA LA BOQUILLA

AÑO Y FECHA DE INICIO	DIAS DE DURACION	NIVEL MAXIMO msnm	GASTO MAXIMO m^3/SEG	FECHA DEL GASTO MAXIMO	LAMINA MAXIMA EN VERTEDOR	VOLUMEN TOTAL DERRAMADO MILLONES DE M^3
1917						
1925		1317.63	483.6		0.63	
1926		1317.38	218.6		0.38	
1933		1317.34	183.2		0.34	
1938		1318.08	1120.9		1.08	
1941		1317.6	447.7		0.6	
1942		1318	1000.1		1	
Domingo, 08 de Septiembre de 1968	30	1317.62	471.4		0.62	273.1
Miércoles, 07 de Octubre de 1981	23	1317.91	862.2		0.91	406.5
Miércoles, 28 de Agosto de 1991	62	1317.89	1069.8		0.89	1645.2
TOTAL						***2324.8***

PRESA MADERO

AÑO Y FECHA DE INICIO	DIAS DE DURACION	NIVEL MAXIMO msnm	GASTO MAXIMO m^3/SEG	FECHA DEL GASTO MAXIMO	LAMINA MAXIMA EN VERTEDOR	VOLUMEN TOTAL DERRAMADO MILES DE M^3
Lunes, 06 de Junio de 1966	68	1237.83	96.2	Jueves, 06 de Octubre de 1966	0.33	62341.1
Lunes, 26 de Agosto de 1968	37	1238.35	422.2	Lunes, 30 de Septiembre de 1968	0.85	287389.8
Viernes, 28 de Agosto de 1959	12	1238.33	320	Domingo, 30 de Agosto de 1959	0.83	82611.3
Viernes, 19 de Agosto de 1960	23	1238.06	127	Domingo, 21 de Agosto de 1960	0.56	167691.1
Miércoles, 24 de Agosto de 1966	36	1238.64	640.6	Domingo, 28 de Agosto de 1966	1.14	376631.1
Domingo, 01 de Septiembre de 1968	41	1238.37	426.8	Lunes, 02 de Septiembre de 1968	0.87	238286.8
Martes, 12 de Septiembre de 1972	22	1238.02	197.1	Jueves, 14 de Septiembre de 1972	0.52	133868.3
Martes, 24 de Septiembre de 1974	109	1239.96	2017.4	Martes, 24 de Septiembre de 1974	2.46	326976.2
Martes, 26 de Septiembre de 1978	43	1239.71	1773.8	Sábado, 26 de Agosto de 1978	2.21	320817.3
Lunes, 01 de Septiembre de 1980	16	1237.71	90.5	Lunes, 01 de Septiembre de 1980	0.21	20972.7
Miércoles, 16 de Septiembre de 1981	12	1238.39	441.6	**********	0.89	160296.2
Jueves, 16 de Agosto de 1984	16	1237.81	90.7		0.31	38490.0
Miércoles, 03 de Septiembre de 1986	17	1238.2	308.2		0.7	107323.0
Viernes, 10 de Agosto de 1990	70	1238.92	890.4	Lunes, 24 de Septiembre de 1990	1.42	633092.0
Domingo, 11 de Agosto de 1991	143	1239.26	1228.3	Domingo, 18 de Agosto de 1991	1.76	678462.9
Jueves, 29 de Agosto de 1996	35	1238.4	449.1	Sábado, 31 de Agosto de 1996	0.9	296103.0
TOTAL MILLARES						***3931352.8***
TOTAL MILLONES						***3931.3528***

Fuente: CNA-Gerencia Estatal Chihuahua, Subgerencia Técnica, Departamento de Aguas Superficiales.

Anexo 26 DETALLE TEÓRICO METODOLÓGICO DEL SPI

El *SPI* es un índice que permite evaluar retrospectivamente el comportamiento de la lluvia respecto a sus condiciones medias a largo plazo; específicamente, es una valiosa herramienta para monitorear y detectar los periodos de sequía meteorológica, entendida esta como las anomalías negativas en la ocurrencia y recurrencia de la lluvia, tanto en duración como en intensidad.

De entre las funciones de densidad de probabilidad (*pdf*) más usuales, es la Gamma la que con mayor frecuencia tiene el mejor ajuste a los registros mensuales de lluvia (Thom, 1966, citado por Edwards and McKee, 1996; Coronel y Llanos, 1996).

La pdf Gamma está definida como:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \qquad \forall\ x > 0 \qquad \text{(A1)}$$

donde

$\alpha > 0$ es el parámetro de forma (A2)

$\beta > 0$ es el parámetro de escala (A3)

$x > 0$ es el valor de la precipitación (A4)

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad \text{es la función gamma} \qquad \text{(A5)}$$

Como ejemplo, la Figura A1 muestra la pdf Gamma con parámetros α=2 y β=1. Ahí se aprecia que la función es sesgada a la derecha con el extremo inferior cero, como sucede al dibujar una frecuencia de distribución de la lluvia.

El cálculo del SPI comprende el ajuste a la pdf Gamma de un registro de precipitación para cada estación climatológica. Los parámetros α y β se estiman con los datos de cada estación, para cada escala temporal de interés (2, 3, 12, 24, 48 meses, etc.) y para cada mes del año.

Las estimaciones por máxima verosimilitud que conducen a los valores óptimos de α y β son (Thom, 1966, citado por Edwards and McKee, 1996):

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \qquad \text{(A6)}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \tag{A7}$$

en donde

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \tag{A8}$$

n = número de observaciones de precipitación (A9)

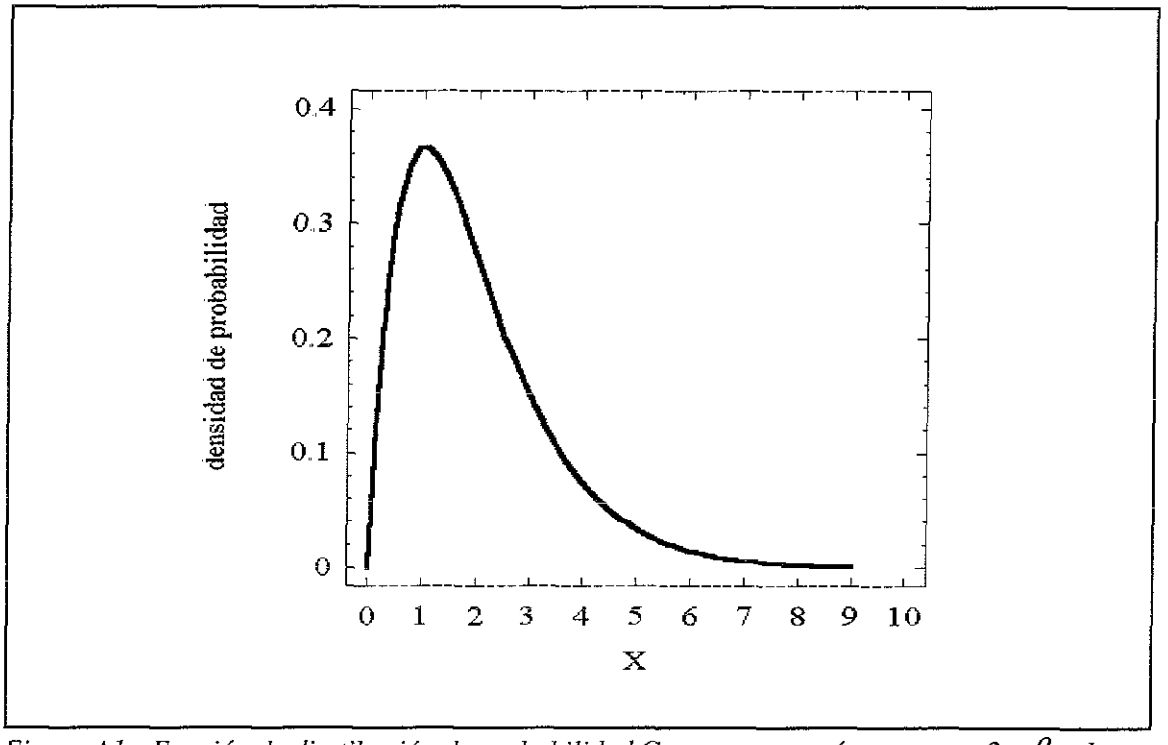


Figura A1 - Función de disrtibución de probabilidad Gamma con parámetros $\alpha = 2$ y $\beta = 1$.

Los valores resultantes de estos parámetros se usan entonces para calcular la distribución acumulada de un evento observado de precipitación para un mes dado y para una escala de tiempo en determinada estación climatológica o punto de observación.

La distribución acumulada está dada por

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})}\int_0^x x^{\hat{\alpha}-1}e^{-x/\hat{\beta}}dx \tag{A10}$$

Haciendo $t = x / \hat{\beta}$, esta transformación conduce a la función Gamma incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \qquad \text{(A11)}$$

La función Gamma incompleta no está definida para $x = 0$, pero como un registro y una distribución de precipitación es frecuente que sí tenga valores cero como datos, entonces esta ecuación (A11) se convierte en

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \qquad \text{(A12)}$$

donde q es la probabilidad de ceros, $q = m/n$, si m es el número de ceros en la serie y n es el total de valores del registro. $H(x)$ puede calcularse con el uso de tablas de la función Gamma incompleta o bien con métodos numéricos programados para computadora (Thom, 1966; Press *et al.*, 1993, citados por Edwards y McKee, 1997; Campos Aranda, 1988).

Ya obtenida $H(x)$, entonces se transforma a la pdf normal estándar, con media cero y varianza uno, la cual es el valor del SPI. Este es el principio de equi-probabilidad que establece que la transformación de las características esenciales de una variable (la Gamma en este caso) a otra variable con una distribución de forma definida o establecida (la $N(0,1)$), es tal que la probabilidad de que la variable original sea menor que un valor dado, es igual a la probabilidad de que sea menor que el correspondiente valor de la variable transformada. El método gráficamente se ilustra en la Figura A2, en la cual, la cantidad de precipitación de tres meses, por ejemplo enero-febrero-marzo en conjunto, se convierte al valor correspondiente de SPI con media cero y varianza uno. En el lado izquierdo de esta figura, la línea discontinua representa el valor real de la distribución empírica para periodos de precipitación de tres meses, en el eje x, y en el eje y se muestra su probabilidad acumulada.

La distribución empírica acumulada se encuentra en la forma tradicional: ordenando los valores de precipitación en forma ascendente de magnitud de tal forma que en el k-ésimo valor hay $k-1$ valores menores, y como n es el tamaño de la muestra (registro):

$$probabilidad\ empirica\ acumulada = \frac{k}{n+1} \qquad \text{(A13)}$$

La curva suave y continua del lado izquierdo de la figura muestra la función de distribución acumulada de los mismos datos, ajustados a la función Gamma.

La curva continua y suave de la derecha de la misma figura representa la función de distribución acumulada para la variable aleatoria transformada a la $N(0,1)$, usando la misma escala de probabilidad acumulada de la función empírica y de la Gamma.

La variable normal estandarizada Z, que corresponde al valor del SPI, está representada en el eje x

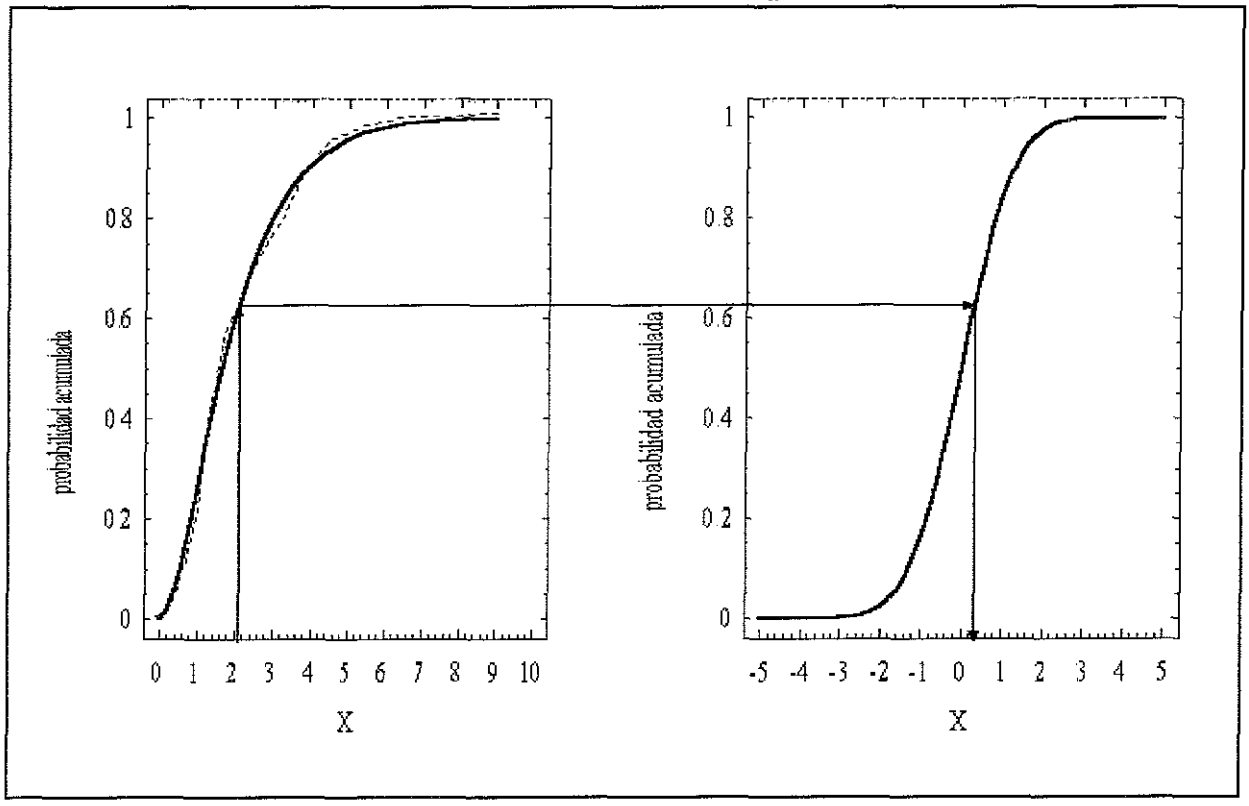


*Figura A2.- Ejemplo de equi-probabilidad transformada, de una función Gamma ajustada a una distribución normal estándar. La línea discontinua de lado izquierdo del gráfico representa la distribución empírica del registro de precipitación, con valores de x en milímetros*10.*

de la parte derecha de la figura. Por tanto, este gráfico puede usarse para transformar cualquier valor dado de precipitación de tres meses (digamos del periodo enero-febrero-marzo de un año determinado) en el respectivo valor de SPI. Así, para un valor observado de 20 milímetros en ese periodo, localizado en el eje x de la parte izquierda, su intersección vertical con la curva ajustada Gamma y a partir de ese punto horizontalmente hasta intersectar la curva transformada $N(0,1)$, da el correspondiente valor transformado a la misma probabilidad, que se localiza en la vertical de la curva del lado derecho donde intersecta al eje x; éste es el SPI para este caso.

Para periodos de tiempo mayores a un mes, el procedimiento básico es tomar *sumas móviles*, es decir, considerar la escala temporal deseada como un sólo valor que se corresponde con el número de meses correspondiente; así, para escalas de tres meses, la suma de los valores de lluvia de los primeros tres meses de la serie forman el primer valor de la nueva serie transformada a ajustar a la pdf Gamma; la suma de los valores de lluvia del mes dos al cuatro de la serie mensual formará el segundo valor de la serie nueva, y así sucesivamente. Por tanto, si n es el número total de meses de la serie histórica, y r la escala temporal del SPI a calcular (r = 1, 2, 3, ...6, ...12, etc.), entonces la nueva serie n_r en función de r tendrá tantos valores como $n_r = n - r + 1$.

El procedimiento parece sencillo, pero es muy engorroso cuando tiene que hacerse para varias estaciones y para diversas escalas de tiempo y en cada mes del año. Por ello, el SPI o Z se obtiene mediante programas de cómputo usando una aproximación de Abramowitz y Stegun (1965, citados por Edwards and McKee, 1997), que convierte la probabilidad acumulada a la variable estándar Z:

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \qquad 0 < H(x) \leq 0.5 \tag{A14}$$

$$Z = SPI = +\left(t - \frac{c_o + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \qquad 0.5 < H(x) < 1.0 \tag{A15}$$

donde

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \qquad 0 < H(x) \leq 0.5 \tag{A17}$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1.0 - H(x))^2} \right)} \qquad 0.5 < H(x) < 1.0 \tag{A18}$$

$$c_0 = 2.515517 \tag{A19}$$

$$c_1 = 0.802853 \tag{A20}$$

$$c_2 = 0.010328 \tag{A21}$$

$$d_1 = 1.432788 \tag{A22}$$

$$d_2 = 0.189269 \tag{A23}$$

$$d_3 = 0.001308 \tag{A24}$$

Conceptualmente, el SPI representa el valor de *z*, o equivalentemente el número de desviaciones estándar arriba o abajo de un evento cuya media es cero. No obstante, esto no es exactamente cierto en escalas temporales cortas dado que los datos originales de precipitación son usualmente sesgados. Sin embargo, de acuerdo con la Figura A3, durante el periodo para el cual se estiman los parámetros de la pdf Gamma, el SPI tiene una pdf *N(0,1)*. El requerimiento de un índice que tenga un valor esperado fijo y una varianza conocida es deseable para hacer comparaciones válidas de valores de índices entre diferentes estaciones y regiones climáticas (Katz and Glantz, 1986, citados por Edwards and McKee, 1997).

Akinremi *et al.* (1996) mencionan que la dimensión espacial y temporal de la sequía crea problemas para generar índices apropiados, ya que no solo las anomalías deben ser normalizadas respecto a la localización de las estaciones, sino que también debe normalizarse en el tiempo, de tal suerte que se obtenga un índice significativo y representativo de la sequía. Por sus características, el SPI tiene ambas cualidades: está normalizado en cuanto a la localización de la estación climatológica porque toma en cuenta la distribución de frecuencia de la precipitación, así como la variación implícita en la estación. Además, el SPI es normal temporalmente porque puede calcularse para cualquier escala

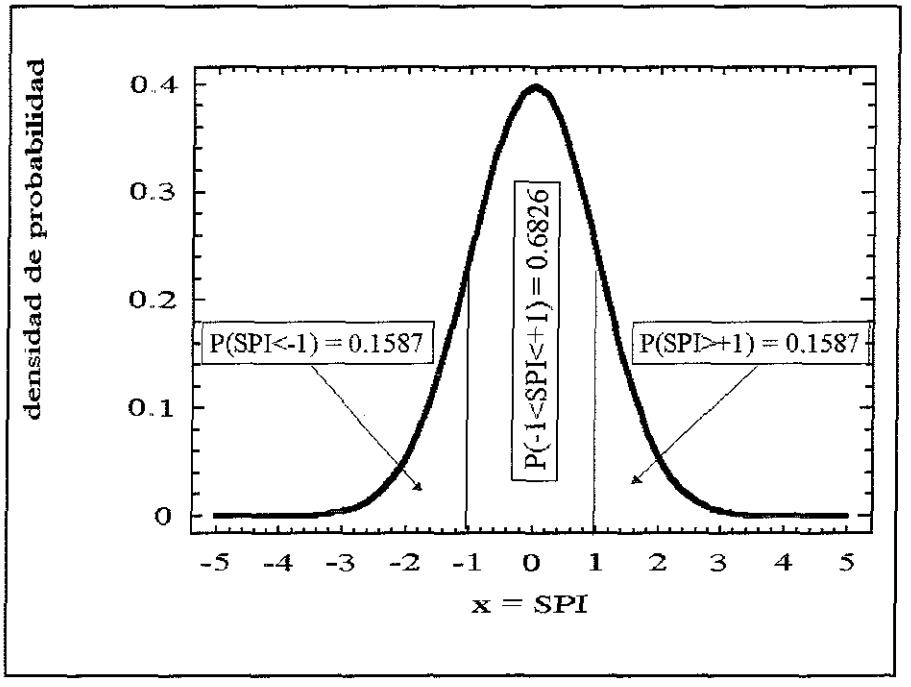


Figura A3.- Distribución normal estándar que representa al SPI con media cero y varianza uno.

de tiempo, dependiendo de los impactos del fenómeno o del interés del analista. Más todavía, independientemente de la escala de tiempo, el SPI representa la probabilidad acumulada en relación al periodo base para el cual se estimaron los parámetros de la pdf Gamma. En la Tabla A1 se muestran los valores del SPI y su correspondiente probabilidad acumulada.

Tabla A1.- Valores del SPI y sus correspondientes probabilidades acumuladas, respecto a una escala temporal cualquiera.

valor del SPI	probabilidad acumulada
-3.0	0.0014
-2.5	0.0062
-2.0	0.0228
-1.5	0.0668
-1.0	0.1587
-0.5	0.3085
0.0	0.5000
+0.5	0.6915
+1.0	0.8413
+1.5	0.9332
+2.0	0.9772
+2.5	0.9938
+3.0	0.9986

Bajo estas premisas, al disponer de una serie de tiempo con valores mensuales de precipitación, lo suficientemente larga (idealmente de 30 años; en el peor de los casos, no menos de 10) y confiable, es posible calcular el SPI en cualquier mes del registro para los i meses previos, donde i = 1, 2, 3, ...,12, ...,24, ..., 48,...., dependiendo de la escala temporal de interés. Así, es lógico calcular el SPI a una escala temporal de tres meses para la sequía estacional o de corto plazo, de 12 meses para evaluar la sequía intermedia o anual, y de 36 o 48 meses para la sequía de largo plazo. Por tanto, para un mes y año específicos, el valor del SPI depende de la escala de tiempo con que se haya calculado.

Relación del SPI con respecto al Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI, por sus siglas en inglés).

El PDSI es un índice de los más conocidos, al menos en los Estados Unidos de Norte América, donde fue desarrollado (Palmer, 1965), y por sus características, se le considera un índice de tipo agrícola, ya que esencialmente, monitorea la disponibilidad *natural* de agua en el suelo, mes a mes, y su relación con las necesidades hídricas de las plantas. Por ende, toma en consideración fenómenos como las características físicas de los suelos, temperatura y evapotranspiración, y desde luego, la precipitación; a éste último factor se debe gran parte de la variación del PDSI. Así, es procedente preguntarse en qué difieren o cómo se comparan ambos índices.

La variabilidad de un índice de sequía depende en gran medida de las características y variabilidad de la lluvia y, en relación a la sequía agrícola, de las características de las plantas reflejadas por la evapotranspiración. Por ello, índices como el PDSI son en gran medida dependientes de la precipitación, reflejan su variación y la relacionan con los demás factores de suelo y plantas.

El PDSI y otros índices semejantes, aunque se resumen en un balance de agua en el suelo mes a mes, no están explícitamente definidos para una escala de tiempo; no obstante, McKee *et al.* (1995) encontraron que existe una aparente alta correlación con el SPI a escala entre 10 y 14 meses, es decir, el PDSI es un índice de la sequía a mediano plazo. Desde este enfoque, aunque el PDSI es un índice agrícola, dada la escala de tiempo que refleja, lo hace poco eficiente en cuanto a estimar el estrés vegetal, dado que la mayoría de las plantas son de ciclo más corto, y aún en las perennes, sus necesidades hídricas se estiman y suministran a plazos más cortos; en cambio, el SPI tiene la ventaja de poder usarse para evaluar sequías de diferentes escalas de tiempo, y por tanto, es un indicador más confiable que el PDSI en la detección y evaluación de los periodos de escasez, ya que tiene mayor respuesta a las condiciones de déficit de precipitación.

El PDSI, al llevar implícita una escala temporal de mediano plazo no responde adecuadamente ni con aceptable precisión a las sequías de corto plazo ni a los periodos húmedos semejantes, particularmente, si, como es común, un periodo de sequía de corta duración es precedido o seguido por un periodo corto de abundancia. Por otro lado, la gran variabilidad espacial de los suelos hace difícil que el PDSI resulte representativo, y requiere tanta información adicional, tanto de campo como calculada, relativa a topografía, capacidad de retención de humedad del suelo, uso consuntivo de las plantas, temperaturas y evaporación, además de la lluvia, tanto en valores reales como potenciales, que el proceso de estimación se vuelve laborioso y, sobre todo, cuando la información necesaria es supuesta, los resultados pueden ser poco significativos en reflejar la realidad.

A pesar de ser un índice de amplio uso en los Estados unidos, sus limitaciones y desventajas hacen que esté siendo sustituido por el SPI, y éste está adquiriendo una rápida expansión en su uso, pues con menos información y bajo procedimientos fundamentados teóricos firmes, sí permite caracterizar adecuadamente el comportamiento de la lluvia, tanto espacial como temporalmente, lo cual, para un fenómeno tan complejo como la sequía, significa al posibilidad de darle adecuado y oportuno seguimiento, lo que a su vez permite tomar las medidas pertinentes que mitiguen el efecto de la escasez de agua.