



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ECONOMÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

## Administración de Agua Subterránea: análisis de la tarifa 09 y posibles alternativas regulatorias

Tesina que para obtener el grado de Licenciado en Economía presenta el alumno:

Edgar Humberto Téllez Foster



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Índice

<b>CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>3</b>
1.1.-El problema de la escasez.....	3
1.2.- Freno al crecimiento por agotamiento de recursos naturales .....	5
1.3.- Descripción del trabajo .....	9
<b>CAPITULO II.- INTRODUCCIÓN PARTICULAR.....</b>	<b>11</b>
2.1.- Importancia del agua .....	11
2.2.- Definiciones Técnicas .....	13
2.2.1.- Mantos acuíferos.....	13
2.2.2.- Recursos no renovables .....	14
2.2.3.- Recursos de acceso común.....	15
2.2.4.-¿Por qué considerar al agua subterránea como un recurso no renovable?....	16
2.3.-Situación de los acuíferos .....	18
<b>CAPITULO III.- TARIFA 09.....</b>	<b>27</b>
3.1.-Definición de subsidio .....	27
3.2.-Subsidios distorsionadores y sus efectos.....	28
3.3.-El problema de la Tarifa 9 .....	30
3.4.-Efectos del subsidio en la demanda de agua .....	33
<b>CAPÍTULO IV.- ALTERNATIVAS REGULATORIAS.....</b>	<b>36</b>
4.1.-Marco Legal .....	36
4.2.-Incentivos económicos .....	41
4.2.1.-Desacoplamiento del subsidio .....	43
4.2.2.-Mercado de derechos.....	46
4.2.3.-Fijación de precios de recursos hídricos.....	56
4.3.-Instrumentos de comando y control.....	66
4.4.-Instituciones de acción colectiva .....	70
4.4.1.-Comités Técnicos de Aguas Subterránea (COTAS) .....	73
4.4.2.-La experiencia del sur de California.....	75
<b>V.-CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO I.- LISTADO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS 101 ACUÍFEROS SOBREEXPLOTADOS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO II.- LISTADO DE ACUÍFEROS CON COTAS.....</b>	<b>99</b>

## **CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **1.1.-El problema de la escasez.**

La economía es el estudio de cómo y por qué los individuos y grupos toman decisiones sobre la distribución de valiosos (y escasos) recursos humanos y no humanos (Field & Field, 2009). Lamentablemente la ciencia económica es confundida con el estudio de la generación de ganancias, sin embargo ceñirnos a este concepto limita bastante los alcances de las herramientas de análisis desarrolladas por los economistas para aplicarlos a otras ramas de la actividad humana. La economía ambiental es la aplicación de las herramientas económicas, sobre todo las microeconómicas al estudio y análisis de la administración de los recursos ambientales (Field & Field, 2009).

La introducción al análisis económico de los temas ambientales podría remontarse a Malthus (1798). Este notable economista reconoce, quizá por primera vez, la escasez de los recursos naturales y cómo su agotamiento impactará el crecimiento económico y en el bienestar de la población al encontrar una relación desbalanceada entre el crecimiento de la producción de alimentos y el crecimiento de la población.

Partiendo del hecho que la dotación de recursos naturales es exógena y que además es finita, es posible imaginar que la explotación ilimitada de los recursos naturales del planeta es insostenible. Por otro lado, las crecientes necesidades de la especie humana han obligado a crear nuevas y más eficientes formas de producir y administrar nuestra escasez.

Para el estudio de la administración de los recursos naturales podríamos comenzar por enumerar dos tipos de recursos definidos por sus características de propiedad:

- Recursos con derechos de propiedad bien definidos
- Recursos con derechos de propiedad difusos o inexistentes

Cuando los derechos de propiedad están bien definidos el bien enviará importantes señales al mercado sobre su escasez y su importancia en el proceso productivo por lo que, en el largo plazo, su explotación llegará al nivel óptimo o muy cercano al óptimo (Romer, 2006).

En el caso en el que los derechos de propiedad son difusos o inexistentes se generan problemas de externalidades.

Con justeza cabría formularse la pregunta:

¿Qué son las externalidades?

Las externalidades son las consecuencias de las decisiones que toman los individuos respecto al consumo y a la producción y que no encuentran un mercado. En otras palabras las externalidades podrían definirse como los “residuos” de los procesos de consumir y producir que no pueden intercambiarse en el mercado<sup>1</sup>. Las externalidades se generan cuando no se toman en cuenta todos los costos y beneficios de los consumidores o productores, es decir, los costos o beneficios privados difieren de los costos o beneficios sociales.

---

<sup>1</sup> Existen bienes que no tienen mercado pero no son considerados como externalidades, por lo que ésta característica no es exclusiva de las externalidades.

Cuando se trata de un bien cuya propiedad no está del todo definida como es el caso de algunos recursos naturales, particularmente el agua y el aire, los costos sociales de su utilización difieren de los costos privados provocando la sobreexplotación, contaminación o agotamiento de éstos.

La disponibilidad de recursos es limitada por lo que es aceptable pensar que los recursos naturales decrecen en el tiempo, aunque habrá quien pudiera, con razón, decir que los recursos no se destruyen, por lo que la dotación inicial no ha cambiado. Sin embargo, la transformación de estos recursos limita su disponibilidad y por lo tanto limitan el crecimiento de los países.

## **1.2.- Freno al crecimiento por agotamiento de recursos naturales**

David Romer (2006) habla de la existencia de un freno al crecimiento económico por agotamiento de recursos naturales que sirve de justificación (acaso pretexto) para la realización de este trabajo de investigación. El modelo presentado por Romer es citado a continuación:

Tomando como base el modelo de crecimiento de Solow-Swan (1956), tenemos una función de producción del tipo Cobb-Douglas:

$$(1) \quad \begin{aligned} Y(t) &= K(t)^\alpha R(t)^\beta T(t)^\gamma [A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta-\gamma} \\ \alpha &> 0 \\ \beta &> 0 \\ \gamma &> 0 \\ 1 - \alpha - \beta - \gamma &> 0 \end{aligned}$$

En esta ecuación  $Y(t)$  denota el producto,  $K(t)$  el capital,  $R(t)$  los recursos naturales empleados en el proceso productivo,  $T(t)$  la tierra y  $[A(t)L(t)]$  el

trabajo efectivo. Los exponentes representan las elasticidades de los factores con respecto al producto.

Los supuestos del modelo son:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t)$$

$$\dot{L}(t) = nL(t)$$

$$\dot{A}(t) = gA(t)$$

$$\dot{T} = 0$$

$$\alpha + \beta + \gamma + [1 - \alpha + \beta + \gamma] = 1$$

La tasa de crecimiento del capital denotada por  $\dot{K}$  es igual a la tasa de ahorro de la economía menos la inversión de reposición;  $\dot{L}(t)$  representa la tasa de crecimiento del factor trabajo que será igual a  $n$  que representa la tasa de crecimiento de la población;  $\dot{A}(t)$  denota la tasa de crecimiento de la tecnología que será igual a  $g$ , dado que la tierra es un recurso que no crece su tasa de crecimiento se denota como  $\dot{T} = 0$ . También se asumen rendimientos constantes a escala para el total del producto y rendimientos decrecientes para cada factor productivo. También, dado que los recursos naturales son exógenos y aún con las innovaciones tecnológicas tenderán a agotarse, se supone que los recursos naturales decrecerán a una tasa  $-b$ , es decir:

$$\dot{R}(t) = -bR(t)$$

$$b > 0$$

Dado que hemos incorporado  $R(t)$  y  $T(t)$  a esta función de producción, nuestro análisis no podrá centrarse en la razón  $K/AL$  para conocer la evolución del producto, por lo que no es posible saber si existe un estado estacionario y en caso de existir será difícil determinar el crecimiento de las variables en ese estado. Como sabemos que las tasas de crecimiento de  $A$ ,  $L$ ,  $R$  y  $T$  son constantes en el tiempo, para encontrar el estado estacionario necesitamos hacer que  $K$  y  $Y$  crezcan a una tasa constante lo que implica que la tasa de crecimiento de  $K$  es:

$$\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = s \frac{Y(t)}{K(t)} - \delta$$

Para saber en que momento la relación  $Y/K$  es constante y determinar los valores a los que  $K$  es constante linealizamos (1) utilizando logaritmos naturales:

$$(2) \ln Y(t) = \alpha \ln K(t) + \beta \ln R(t) + \gamma \ln T(t) + (1 - \alpha - \beta - \gamma) [\ln A(t) + \ln L(t)]$$

Si derivamos con respecto al tiempo obtendremos las tasas de crecimiento de todas las variables quedando la expresión:

$$(3) g_Y(t) = \alpha g_K(t) + \beta g_R(t) + \gamma g_T(t) + (1 - \alpha - \beta - \gamma) [g_A(t) + g_L(t)]$$

Donde  $g_x$  representa la tasa de crecimiento de  $X$ . Recordando que las tasas de crecimiento de  $R$ ,  $T$ ,  $A$  y  $L$  son  $-b$ ,  $0$ ,  $g$  y  $n$ , respectivamente. Entonces llegamos a la forma simplificada:



$$(4) \quad g_Y^{bgp} = \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)(n + g) - \beta b}{1 - \alpha}$$

En esta ecuación  $g_Y^{bgp}$  significa la tasa de crecimiento de  $Y$ , en el estado estacionario (balanced growth path por sus siglas en inglés). Para obtener la tasa de crecimiento de la producción por trabajador tendremos que :

$$(5) \quad \begin{aligned} g_{Y/L}^{bgp} &= g_Y^{bgp} - g_L^{bgp} \\ g_{Y/L}^{bgp} &= \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)(n + g) - \beta b}{1 - \alpha} - n \\ g_{Y/L}^{bgp} &= \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)g - \beta b - (\beta + \gamma)n}{1 - \alpha} \end{aligned}$$

La ecuación (5) nos dice que la tasa de crecimiento de la producción por trabajador puede tomar valores positivos o negativos. Es decir, la escasez de recursos naturales puede hacer que la producción por trabajador disminuya.

Ahora supongamos una economía idéntica en la que los recursos naturales y la tierra crecen a la tasa  $n$ , con el objetivo de conocer que sucedería si los recursos no fueran limitados, por lo que su escasez no impactaría en el crecimiento económico:

$$(6) \quad \tilde{g}_{Y/L}^{sr} = \frac{1}{1 - \alpha} (1 - \alpha - \beta - \gamma)g$$

El freno al crecimiento será entonces la diferencia entre el crecimiento hipotético, cuando los recursos no están limitados, y el crecimiento con escasez relativa de recursos, es decir:

$$(7) \quad \begin{aligned} D &= \tilde{g}_{Y/L}^{sr} - g_{Y/L}^{bgp} \\ D &= \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)g - [(1 - \alpha - \beta - \gamma)g - \beta b - (\beta + \gamma)n]}{1 - \alpha} \\ D &= \frac{\beta b + (\beta + \gamma)n}{1 - \alpha} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta la aportación de Romer sobre los efectos que tiene el hecho que los recursos naturales sean limitados y aunque la capacidad de innovación humana ha logrado reducir los efectos de la escasez, en el límite, ésta actuará como un freno al crecimiento económico, por lo que es importante actuar de inmediato para resolver la sobreexplotación de los recursos naturales.

### **1.3.- Descripción del trabajo**

El presente trabajo de investigación pretende ser una modesta aportación, desde la academia, para mejorar la administración de los recursos hídricos subterráneos, que si bien son fundamentales para el desarrollo rural y para el abastecimiento urbano, las prácticas de explotación vigentes han llevado a presionar la disponibilidad de recursos hasta el límite de la sobreexplotación.

Este trabajo está dividido en cinco partes, la primera es una introducción al problema del agotamiento de los recursos naturales y el impacto que ésta reducción en la dotación de materias puede tener sobre el crecimiento económico.

La segunda es una introducción particular, de manera muy somera, al problema que enfrentan los acuíferos sobreexplotados en México y cómo las prácticas de explotación actuales, aunadas a la política agrícola vigente han llevado a un estado crítico a estas fuentes de abastecimiento de agua.

La tercera parte describe, de manera particular, el subsidio denominado Tarifa 09, la forma en que distorsiona las señales que reciben los agentes y cómo contribuye al deterioro del volumen y calidad del agua en los acuíferos sobreexplotados.

La cuarta parte enlista las posibles alternativas regulatorias de la explotación de agua subterránea, muchas de ellas puestas en práctica en otras latitudes o aquí en México, poniendo especial énfasis en los fundamentos teóricos de las mismas.

La última parte esboza unas conclusiones sencillas, basadas en el contenido de éste trabajo de investigación, que, sin ser ambiciosas, pretenden poner en claro el papel que tiene un subsidio distorsionador en el deterioro ambiental, en este caso particular en la explotación de recursos hídricos subterráneos en México.

## **CAPITULO II.- INTRODUCCIÓN PARTICULAR**

### **2.1.- Importancia del agua**

El recurso más abundante e indispensable para la vida en el planeta es el agua. Sin embargo, el 97.5% no está disponible o no es apta para el consumo humano (Dinar, 2004). A nivel mundial, el porcentaje de agua que se almacena, de manera subterránea, alcanza el 30% (Murayama, 2006). Según Murayama (2006), el 80% de los acuíferos cuentan con agua de buena calidad lo que los convierte en una fuente importante de suministro de este recurso para todos los sectores económicos, y para nuestro caso de análisis, para los sistemas de riego del sector agrícola.

Ya desde los inicios de la ciencia económica, se identificaba al agua como un bien esencial. El padre de la economía política, Adam Smith (1776), ya hablaba sobre el agua en su obra cumbre “Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones”, cuando analizaba la paradoja del agua y el diamante: “Nada es más útil que el agua; pero ésta no comprará nada; nada de valor puede ser intercambiado por ella. Un diamante, por el contrario, tiene escaso valor de uso; pero una gran cantidad de otros bienes pueden ser frecuentemente intercambiados por este.”<sup>2</sup>

Con la afirmación de que “nada es más útil que el agua”, Smith le confiere una característica valiosísima a este recurso, es decir lo hace un recurso imprescindible. Pero, además, introduce un elemento esencial para el análisis económico y que por mucho tiempo se ignoró en el análisis económico del

---

<sup>2</sup> Si bien este ejemplo muestra las diferencias entre el valor de uso y valor de cambio, y sugiere sutilmente la teoría del valor trabajo y de la utilidad marginal e introduce entre líneas la importancia de la escasez, también es útil para observar lo importante de los recursos hídricos desde épocas tan remotas.

medio ambiente, y ese concepto es la escasez. Y es que en la profunda reflexión de Adam Smith es posible vislumbrar que se le otorga un mayor valor a los recursos escasos. Sin embargo, esta característica no se le había otorgado al agua hasta tiempos recientes.<sup>3</sup>

Siguiendo a Smith podríamos entender mejor esta escasez si clasificamos a los recursos hídricos de acuerdo a los usos que se les dan. Para este propósito, de acuerdo con Vincent Ostrom (1962), el agua tiene dos usos principales: de **consumo**, es decir el agua de uso doméstico, industrial, agrícola, y en general toda el agua que tiene que ser extraída, transportada y almacenada y que de igual forma entra en algún proceso. Por el otro lado, tenemos el uso de **no consumo**, y que se refiere a la utilización del agua para fines recreativos, de transporte, mecánicos y todos aquellos usos que no impliquen que el recurso hídrico entre en algún proceso y que, además, no requiere de transporte, almacenaje o extracción.

Esta clasificación nos permite también identificar un “trade-off” puesto que difícilmente el agua utilizada con propósitos de **consumo** podrá ser utilizada simultáneamente para fines de **no consumo**, y se complica aún más cuando se trata de decidir sobre asignación eficiente de recursos cuando los agentes compiten por el uso de los recursos acuáticos. Si bien podría argumentarse que al ser un bien escaso la competencia hará que los recursos se asignen eficientemente, de acuerdo con la teoría de equilibrio general, el agua dista mucho de encontrarse en una situación de eficiencia. Eso se debe a que éste recurso no se transa en los mercados, y peor aún, porque generalmente

---

<sup>3</sup> Baumol y Oates en su famoso libro “Teoría de la Política Ambiental” (1988) hablan de una “aparente abundancia” de recursos como agua y aire por lo que se les considera bienes inferiores.

carece de las características de un bien público, por lo que es común encontrarnos en una situación de equilibrio de Nash.<sup>4</sup>

Es entonces justo afirmar que nos encontramos con una frontera de posibilidades con un sesgo muy marcado hacia el consumo. El agravante de la situación de escasez es que aunque la humedad del planeta no ha cambiado, es decir, el planeta posee la misma cantidad de agua desde que tiene la forma que conocemos. La cantidad disponible para uso humano (consumo o no consumo) ha ido decreciendo, por la disminución de la calidad.

## **2.2.- Definiciones Técnicas**

Para tener una mejor comprensión de los conceptos que utilizaremos a lo largo del trabajo, resulta conveniente homogenizar las definiciones, sin que esto signifique que las definiciones utilizadas sean contundentes o no estén sujetas a discusión.

### **2.2.1.- Mantos acuíferos.**

De acuerdo con Foster (en Salman, 1999), de los 37 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce estimados en el planeta, 22% se encuentran debajo de la tierra, excluyendo el agua congelada en los polos el agua subterránea que representa el 97% del agua dulce disponible en el planeta.

Para entender este valiosísimo recurso es útil estudiar la definición que nos ofrece Stephen Foster (1999) sobre los mantos acuíferos. “Una formación

---

<sup>4</sup> El equilibrio de Nash puede definirse como el resultado de un juego no cooperativo en el que aún cuando los participantes actúen como agentes maximizadores no se logra el mayor beneficio social. Para abundar en el tema se sugiere: Varian, Hal. Microeconomía intermedia. Ed. Antoni Bosch. Barcelona, España. 2006.

geológica que tiene una capacidad suficiente de trasminar agua a una fuente útil de suministro de pozos o manantiales es denominada acuífero”. Los acuíferos también cuentan con dos características esenciales. La primera se refiere a que tienen capacidad de almacenamiento, es decir que el agua filtrada por el material permeable de la superficie se almacena en cavidades del subsuelo. La segunda gran característica es que los mantos acuíferos tienen flujo de agua, lo que permite mantener la calidad del agua almacenada en el subsuelo.

### **2.2.2.- Recursos no renovables**

De acuerdo con Field y Field (2009), existe una división “fundamental en la economía de los recursos naturales que es la distinción entre recursos renovables y no renovables”. Se define como recurso no renovable, de acuerdo con los mismos autores, a aquellos recursos para los cuales no hay proceso de reposición o regeneración, “una vez usados se han ido para siempre” (Field y Field, 2009). Ellos mismos afirman que incluso algunos recursos como el agua subterránea pueden considerarse recursos no renovables, puesto que su tasa de reposición es muy baja.

Retomando el problema planteado en la justificación de este trabajo, en un horizonte temporal infinito, la mayoría de los recursos (si no es que todos) del planeta se pueden considerar no renovables.<sup>5</sup> Sin embargo, en periodos de tiempo más cortos, se enfrenta un problema de dimensión intertemporal (Field

---

<sup>5</sup> Sobre este tema es útil revisar: Magrat, Jean et al . Concept and importance of non-renewable resources. En Foster, Stephen, et al. Non-Renewable groundwater resources. UNESCO 1999. KRAUTKRAEMER, Jeffrey. Non-renewable resource scarcity. Journal of Economic Literature Vol. XXXVI (December 1998), pp. 2065-2107  
Tietenberg, T. H. The Quasi-Optimal Price of Undepletable Externalities: Comment. The Bell Journal of Economics, Vol. 9, No. 1 (Spring, 1978), pp. 287-291

y Field, 2009). Económicamente hablando, el problema central de los recursos no renovables es un problema de costo de oportunidad (Tietenberg, 1998). La decisión de extraer una unidad del recurso en el presente representa que, en el futuro, no se podrá consumir, por lo que, en sentido estricto, las decisiones podrían tomarse descontando del valor presente la pérdida en el futuro. Esto tiene una implicación especialmente importante para hablar del concepto de sustentabilidad.<sup>6</sup>

### **2.2.3.- Recursos de acceso común**

Debido a que generalmente la extensión de los acuíferos trasciende límites de propiedad individual, incluso nacional, la definición de los bienes o recursos de acceso común será útil. En el primer capítulo se refieren los problemas generados cuando la propiedad de un recurso no está bien definida, por lo que caer en un equilibrio de Nash es casi inevitable. En su famoso artículo "The tragedy of the commons" G. Hardin (1968) explica, de manera muy clara, las consecuencias de los bienes con propiedad difusa. Más adelante, autores como Elinor Ostrom y Hal Varian, introducen el problema bajo el análisis de la teoría de juegos.

Pero, ¿Qué son los bienes de acceso común? Generalmente, la ciencia económica tiene que contender con la difícil tarea de optimizar los recursos. Esta tarea se simplifica cuando los regímenes de propiedad están bien definidos. Tomemos de ejemplo un acuífero que se encuentra en una región tan extensa que sería imposible adjudicarle la propiedad a un solo terrateniente. Como el agua se extiende bajo la propiedad de muchos es

---

<sup>6</sup> Para el concepto de sustentabilidad es útil revisar lo que al respecto han escrito David Pearce y Kerry Turner en "Economía de los Recursos Naturales y el Ambiente". 1989



justo pensar que todos tienen el mismo derecho a explotarla. Sin embargo, si cada individuo eligiera explotarla hasta igualar el beneficio marginal de extracción con su costo marginal, limitaría la posibilidad de otro por obtener, de igual forma, un beneficio adicional de la extracción. Esto debido a que no se toman en cuenta los costos sociales, es decir se genera una externalidad negativa.<sup>7</sup>

#### **2.2.4.-¿Por qué considerar al agua subterránea como un recurso no renovable?**

Hemos ya analizado algunas cifras sobre el agua en el mundo y en México. Pasemos ahora a explicar el hecho de porque agua subterránea puede considerarse un recurso no renovable.

En definiciones anteriores habíamos mencionado que Field y Field (2009) proponían que éste recurso puede considerarse no renovable, bajo condiciones de recarga paupérrimas o nulas.

Stephen Foster et al (2006) sugieren algunas definiciones útiles al respecto. Para estos autores, no toda el agua subterránea puede considerarse un recurso no renovable. Para ellos, el agua subterránea no renovable “es un recurso disponible para su explotación para necesidades de un periodo finito de tiempo de las reservas de un acuífero que tiene muy baja tasa de recarga, pero amplia capacidad de almacenaje”.

---

<sup>7</sup> “un efecto que produce la conducta [involuntaria] de un agente económico en el bienestar de otro y que no se refleja en las transacciones de mercado” . Samuelson, Paul y William Nordhaus, (1999), Economía, McGraw-Hill Interamericana.

Según los mismos autores, para que el agua se considere dentro del rango de los recursos no renovables, el periodo de “renovación” de un acuífero debe ser de más de 500 años es decir una tasa menor de 0.02% del total del almacenaje del acuífero. Otra característica esencial de estos acuíferos es que se encuentran en zonas áridas o semi-áridas, por lo que es justo considerar que el agua almacenada en esos depósitos es “agua fósil” que se ha almacenado ahí por miles de años provenientes de recargas de tiempos más húmedos, recargas denominadas “paleo-recargas”.<sup>8</sup>

También podría afirmarse, sin error, que la situación de los recursos hídricos subterráneos en México (cuando menos la mayoría), no es la antes descrita. Sin embargo, en condiciones de sobreexplotación, *ceteris paribus*, es decir sin que las condiciones de administración o explotación cambien, podemos afirmar que los acuíferos entran en una dinámica de agotamiento similar o igual a la de los recursos no renovables.

Una diferencia importantísima, según Foster et al, es la de “minería” de agua subterránea y sobreexplotación. La primera es la explotación de agua subterránea que no es renovable debido a que su capacidad de recarga es nula. Es decir, la minería de agua subterránea agota los recursos del acuífero, de manera permanente. Por otra parte, la sobreexplotación también ocurre en acuíferos con capacidad de renovación. Es decir, la minería de aguas subterráneas no es reversible, pero la sobreexplotación en algunos casos sí es reparable. Sin embargo, en casos de sobreexplotación severa se pueden movilizar sales, lo que haría inutilizable la reserva de agua.

---

<sup>8</sup> Al respecto se sugiere: Foster, Stephen “Essential Concepts for Groundwater Regulators”. En World Bank technical papers no. 456.. World Bank 1999.

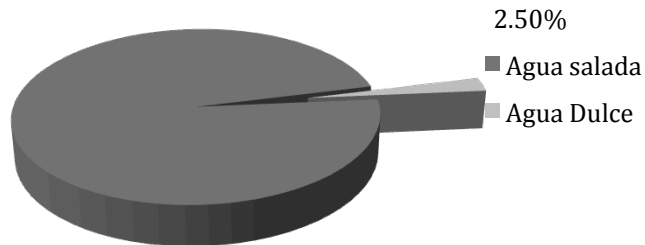
Con la información presentada podemos entender la gravedad de la situación de los recursos hídricos en México. Es un problema grave puesto que el agua, como lo había afirmado Smith, es de utilidad vital. Si a esto añadimos las distorsiones creadas por subsidios, como se analizará mas adelante, entramos, entonces, en un terreno de análisis urgente y delicado.

### **2.3.-Situación de los acuíferos**

Antes de pensar en resolver (acaso paliar) el problema de la escasez, tenemos que conocer cuáles son los recursos con los que contamos. Esta sección presentará algunas cifras que ayudarán a la mejor comprensión del problema.

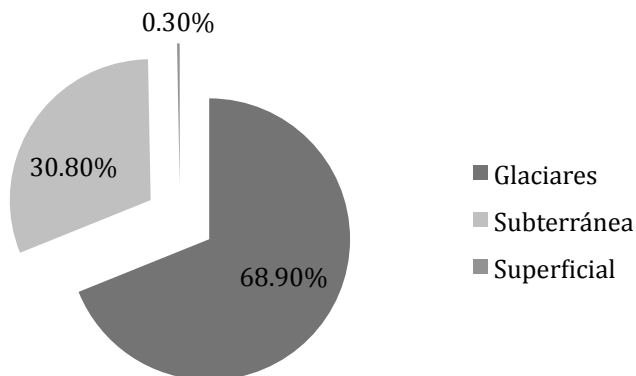
De acuerdo con Carabias et al (2005), el 70% de la superficie del planeta está cubierta por agua. No en vano nuestro planeta es también conocido como el "Planeta Azul". Sin embargo, el 97.5%, es decir cerca de 1400 millones de  $\text{km}^3$ , es salina y está contenida, en su mayoría, en los océanos (sin olvidar por supuesto que hay cuerpos de agua salada que no se consideran océanos). El 2.5% restante es agua dulce, algo así como 35 millones de  $\text{km}^3$ . Sin embargo, poco menos del 70% (68.9% para ser exactos) de esta agua se encuentra almacenada en glaciares, hielos perpetuos y en la humedad del suelo; 30.8% se encuentra bajo tierra, es decir en depósitos de agua subterránea y algo menos del 0.3% se encuentra de manera superficial, es decir lagos, lagunas, ríos y humedales. Esto es observable en los gráficos 1.1 y 1.2.

**Gráfico 1.1 Porcentaje de agua dulce y agua salada.**



Fuente: Carabias, Julia et al. (2005) .

**Gráfico 1.2 Distribución del agua dulce**



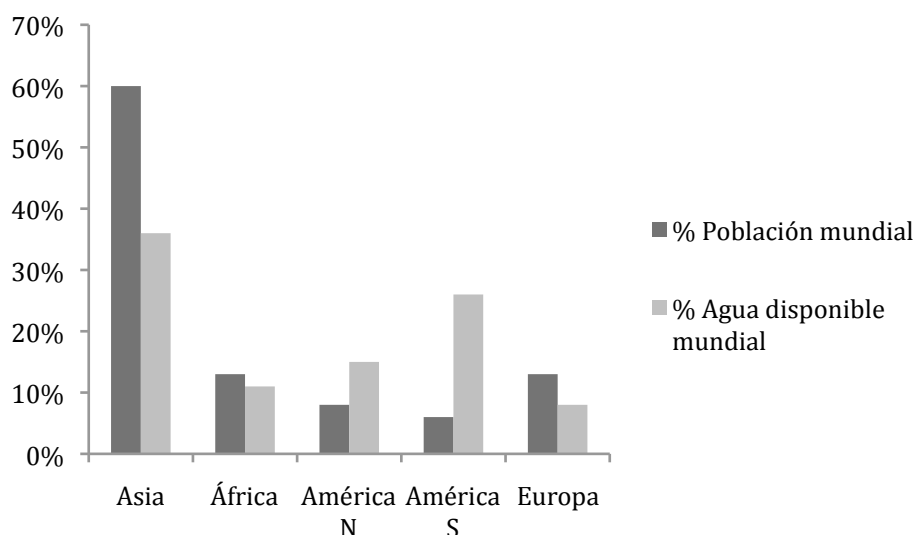
Fuente: Íbid.

De acuerdo con Saldívar (2007), la situación distributiva de los recursos hídricos en el mundo no es buena, debido a que las concentraciones demográficas se ubican en zonas con baja disponibilidad de agua. En este sentido tenemos, por ejemplo, que Asia concentra 60% de la población mundial, sin embargo, posee solamente 36% del agua disponible para el consumo del mundo, principalmente gracias a los escurrimientos del llamado “tercer polo” que son los glaciares de los montes Himalaya. Por otro lado, Europa con el 13% de la población mundial dispone del 8% de los recursos

hídricos del planeta. África, por su parte, cuenta con otro 13% del total de los habitantes del planeta, pero tiene sólo el 11% del agua, situación que se agrava debido a que el acceso a estos recursos está muy restringido por la falta de infraestructura, por lo que aún con recursos hídricos disponibles no se tiene acceso a ellos (Saldívar, op .cit.)

Esta situación se revierte al voltear al continente Americano donde en el Norte, por ejemplo, donde reside el 8% de la población del mundo pero se cuenta con el 15% de los recursos hídricos mundiales. En el sur, esta asimetría entre disponibilidad y población se acentúa aún mas. América del Sur cuenta con el 6% de la población mundial y posee 26% del agua en el mundo. Sólo la cuenca del Amazonas concentra 20% del agua dulce del planeta. (Saldívar, op .cit.)

**Gráfico 1.3 Distribución de la población mundial y de los recursos hídricos**



Fuente: Elaboración propia con base en Saldívar 2007

Aunque Latinoamérica concentra cerca del 25% del agua del planeta la situación en México no es halagadora. En México, en los territorios que concentran el 76% de la población se genera el 90% de la producción agrícola por riego, y se produce el 77% del PIB agrícola sólo reciben el 20% de la precipitación anual (Saldívar, 2007).

**Figura 1.1 Distribución espacial de la precipitación media anual en México**

**(Serie 1975-1994).**



Fuente: FAO, AQUASTAT.

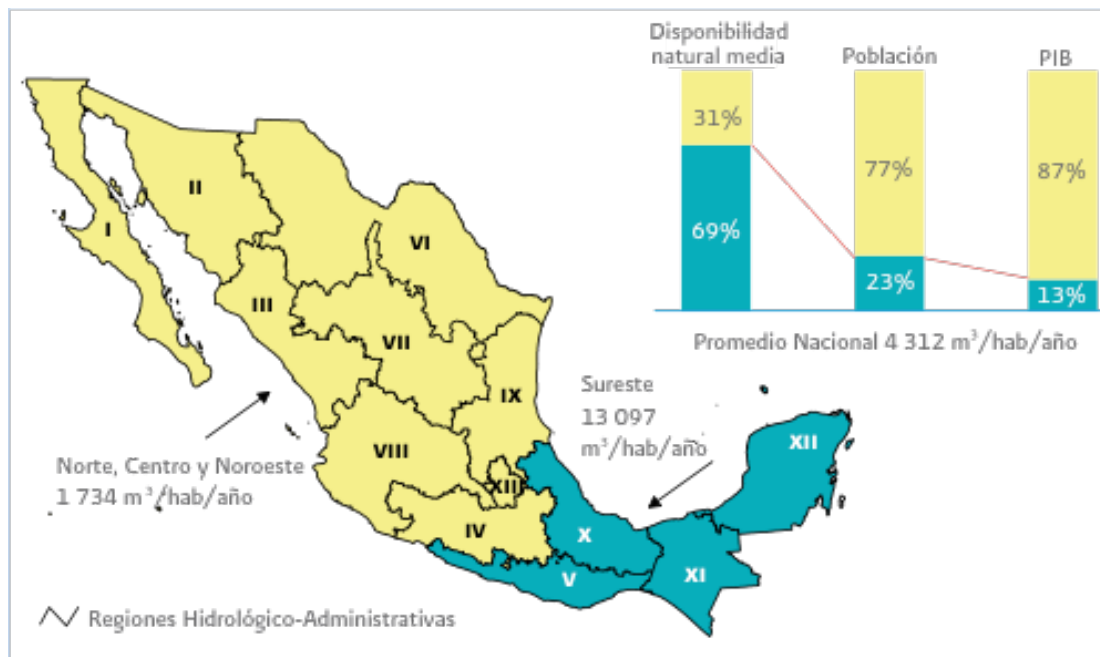
**Figura 1.2 México: Densidad de población por zonas metropolitanas.**



Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2008.

Esta inequitativa distribución de la precipitación, como observamos en la Figura 1.1, provoca una disponibilidad menor de recursos de agua renovable y, por consecuencia, un mayor estrés sobre los recursos hídricos. En consecuencia, encontraremos una mayor presión sobre los recursos acuáticos subterráneos en las zonas con mayor densidad de población pero con menores niveles de precipitación pluvial anual. Ésta situación se agrava cuando existe una mayor densidad de población en las zonas con menor precipitación, como queda de manifiesto en la Figura 1.2.

**Figura 1.3 México: Contraste entre disponibilidad natural media, población y PIB, 2007.**

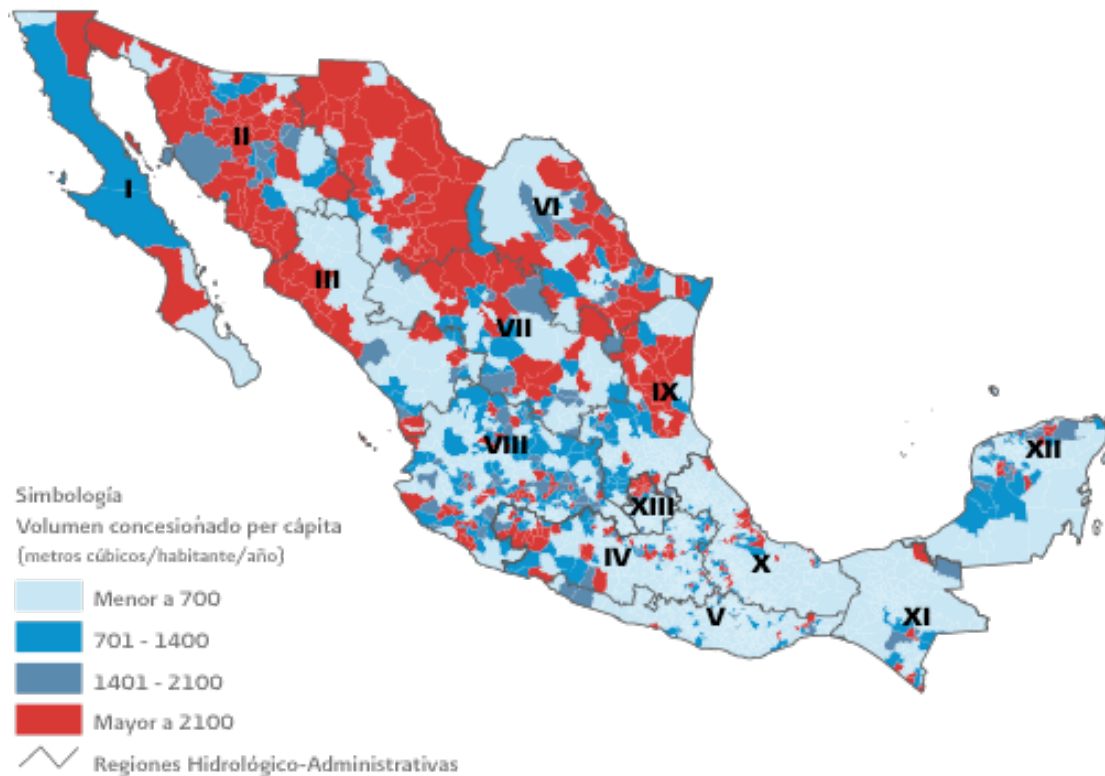


Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2008.

El mayor nivel de actividad económica implica una mayor demanda de agua, tanto por las actividades relacionadas con la producción como por el incremento en los estándares de vida, por lo que la Figura 1.3 muestra cómo en el norte del país, particularmente las regiones I, II, III, IV, VI, VII, IX y XII concentran la actividad económica, pero por otra parte tienen la menor disponibilidad natural media. La figura 1.4 muestra la intensidad de los recursos hídricos en México. Además, se observa la misma tendencia que hemos señalado en este capítulo.



**Figura 1.4 México: Intensidad de uso del agua, 2007.**



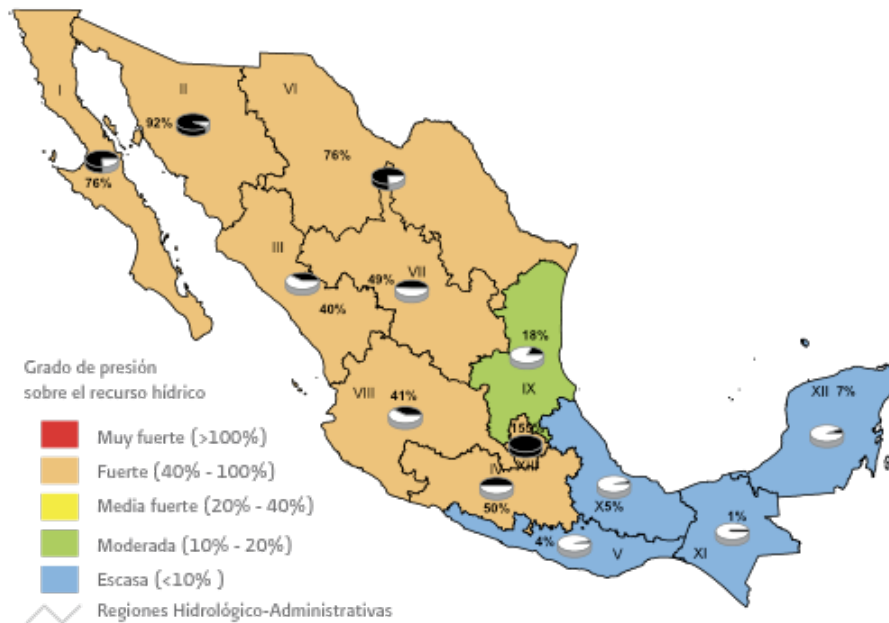
Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2008.

En este mapa queda de manifiesto como en las entidades del norte del país se observa una mayor presión sobre los recursos hídricos, concentrándose en las mismas regiones mencionadas en la descripción de la Figura 1.3.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), un país es considerado con escasez de agua si utiliza 40% o más de sus fuentes de agua anuales, es decir de su disponibilidad natural media anual. Con los datos arriba presentados podemos afirmar que 77% de la población de México vive en zonas de grave escasez. De acuerdo con la ONU tienen “una creciente dependencia de la desalinización y de la utilización de aguas subterráneas, a un ritmo superior al de reposición” (ONU 1997 en Saldívar 2007 pp. 40).

Esta situación ha provocado que de los 653 acuíferos de México, 101 se encuentren en estado de sobreexplotación,<sup>9</sup> adicionando, así, un elemento extra de presión, a la ya de por sí delicada situación del agua.

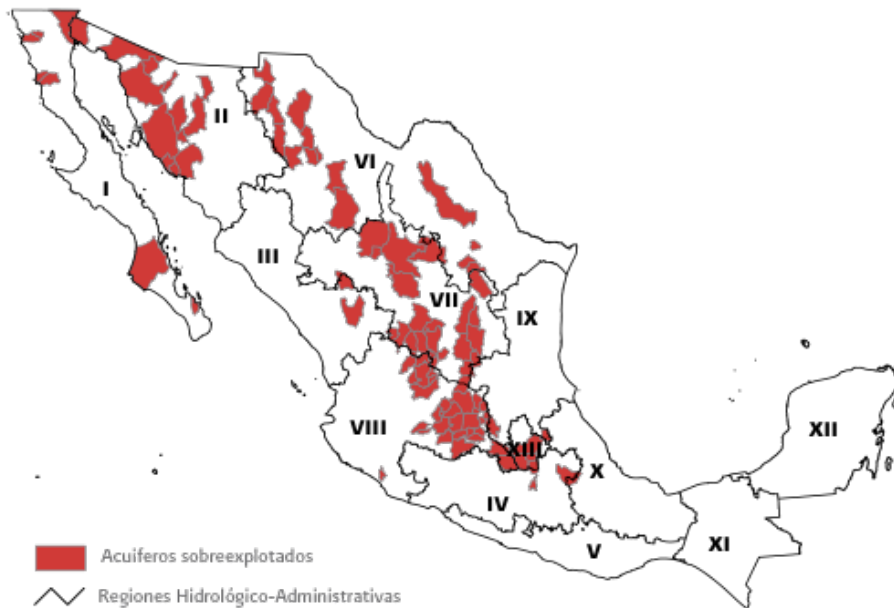
**Figura 1.5. México: Grados de presión sobre recursos hídricos por región Hidrológico-Administrativa, 2007.**



Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2008.

<sup>9</sup> Sobreexplotación definida por CONAGUA como la relación extracción recarga mayor o igual que 1.

**Figura 1.6 México: Acuíferos sobreexplotados por región Hidrológico-Administrativa, 2007.**



Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2008.

De acuerdo con las figuras y datos presentados anteriormente, no resulta sorprendente que los acuíferos sobreexplotados se encuentren principalmente en las zonas con mayor actividad económica, con mayor densidad de población y con menor disponibilidad natural media de agua. La figura 1.6 muestra la localización geográfica de los acuíferos en situación de sobreexplotación, observamos que ésta localización es congruente con los datos que analizamos anteriormente.

## **CAPITULO III.- TARIFA 09**

### **3.1.-Definición de subsidio**

Dentro de las acciones que el Estado puede emprender en la economía los impuestos y los subsidios son, sin duda, las herramientas más importantes y por ende más utilizadas. Estos instrumentos de intervención tienen implicaciones y efectos muy importantes en la distribución y en los incentivos económicos, de los cuales nos ocuparemos más adelante en este capítulo.

Para nuestro análisis nos centraremos en los subsidios, para lo cual utilizaremos la definición del Diccionario de la Real Academia de la lengua Española. Se define subsidio a una “Prestación pública asistencial de carácter económico y de duración determinada.”<sup>10</sup>. Esta definición tiene dos características relevantes. La primera es el carácter “asistencial” y, la segunda, es la “duración determinada”. Ambas son interesantes puesto que limitan el accionar de los subsidios a un grupo determinado de agentes y a un tiempo determinado.

Lamentablemente esta definición ignora que existen distintos tipos de subsidios que no sólo son asistenciales como, por ejemplo, los subsidios que corrigen externalidades (positivas o negativas), y existen también los subsidios distorsionadores.

Otra definición más sencilla y económicamente más exacta es la que proporciona Varian (2006) al decir que los subsidios son una transferencia neta de recursos, es decir, lo contrario a los impuestos.

---

<sup>10</sup> Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. 22a. edición.

Existen distintas clases de subsidios entre los que destacan:

- Subsidios a la cantidad: en la que el Estado transfiere una cantidad de dinero que depende de la cantidad que compre del bien.
- Subsidios ad valorem: Basado en el valor del bien subsidiado.
- Subsidio a tasa fija.

Los subsidios tienen efectos importantes en la toma de decisiones ya que afectan de forma positiva la restricción presupuestaria de los agentes (Varian, 2006). De esta manera se pueden cambiar los patrones de consumo de los agentes.

### **3.2.-Subsidios distorsionadores y sus efectos.**

Debido a que los subsidios tienen efectos reales en la toma de decisiones podríamos decir que estos instrumentos distorsionan el mercado<sup>11</sup>. Sin embargo, hay subsidios que resuelven externalidades en el consumo o la producción, o que corrigen problemas distributivos.

Esta sección se concentrará en el análisis de las distorsiones creadas en los patrones de consumo y en la pérdida de eficiencia y bienestar por la aplicación de subsidios.

Para poder conocer el efecto distorsionador de un subsidio primero definamos el papel de los precios. “Los precios desempeñan dos papeles fundamentales en el sistema de mercado: la asignación y la distribución”(Varian, 2006). La función de asignación consiste en reflejar la escasez relativa del bien. En el caso de una intervención por parte del Estado

---

<sup>11</sup> Véase Varian, Hal. Op cit. pp.314.

que modifique el precio, éste dejará de reflejar la escasez relativa de un bien cambiando su asignación.

De acuerdo con Baumol y Oates (en Marceu et al, 1993) un subsidio desplaza la curva de oferta a la derecha, el producto y los niveles de contaminación se incrementarán por encima de los niveles que hubieran alcanzado en ausencia de la intervención del gobierno.<sup>12</sup> Marceu y Migué (1993) dicen que “los costos mínimos se reducen y resulta una sobreoferta”. Esta sobreoferta es resultado de un exceso de entrada de productores incentivados por la renta artificial creada por el subsidio.

Pensemos en un subsidio al consumo de agua. Los productos cosechados bajo ese régimen serán más baratos que los que se cosechan sin subsidio. De esta forma existirán incentivos para trasladarse a las tierras subsidiadas debido a las rentas artificiales creadas por el subsidio. Si el recurso subsidiado no cuenta con derechos de propiedad bien definidos entonces aparecen los “buscadores de renta” (Krueger 1974).<sup>13</sup> Esta figura tiene implicaciones importantes de política, ya que puede desviar los subsidios y pervertir sus propósitos. “La búsqueda de rentas (...) explica por qué los subsidios (...) son más populares que los impuestos” (Marceu y Migué, 1993).

---

<sup>12</sup> Aunque el artículo de Marceu y Migué hablan de las distorsiones de los subsidios a la contaminación. Este es un ejemplo muy útil para estudiar las distorsiones que podrían aplicarse a la degradación por sobreexplotación de recursos naturales.

<sup>13</sup> Un buscador de renta es aquel individuo que busca un ingreso sin participar en ningún proceso productivo. En cierto sentido podría ser el análogo del “Free-rider” pero del lado de la producción.

“Incluso las subvenciones que se conceden “por una buena razón” pueden ser sumamente difíciles de retirar. ¿Por qué? Porque crean un electorado político que acaba dependiendo de ellas” (Varian, 2006).

Todas estas distorsiones hacen deseable que los subsidios sean analizados ampliamente antes de su implementación ya que pueden crearse incentivos perversos que acabarán por provocar una pérdida neta del bienestar social.

14

### **3.3.-El problema de la Tarifa 9**

En el marco de la apertura comercial de México y la decreciente productividad del sector agropecuario se implementaron diversos subsidios a la producción agrícola. Podríamos cuestionar los resultados en materia productiva de estos apoyos pero nos concentraremos en las distorsiones ambientales que provocan.

Dentro del paquete de apoyos que se otorgan a los productores agrícolas se destacan la Tarifa 9-CU y Tarifa 9-N, que se definen como “Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola” de cargo único y nocturna respectivamente.

Aquí se presentan las consideraciones en el decreto de modificación de la Tarifa 9 que fueron publicadas en 2007<sup>15</sup> y que muestran las justificaciones y el marco legal de su aplicación:

---

<sup>14</sup> Al respecto hay autores como Joyce Meng que señalan los beneficios de contar con subsidios al agua. Revisar: Meng, Joyce. Water subsidies design: implications and consequences. Octubre 2008. Jstor.org

<sup>15</sup> Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de Diciembre de 2007.

“(...)de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 31 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, compete a esta Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la participación de las de Economía y de Energía, y a propuesta de la Comisión Federal de Electricidad, fijar las tarifas eléctricas, así como su ajuste...

“(...)el artículo 5 de la Ley de Energía para el Campo estipula que esta Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en coordinación con las de Energía; de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, establecerá los precios y tarifas de estímulo de los energéticos agropecuarios, considerando las condiciones económicas y sociales prevalecientes en el ámbito nacional e internacional...

“en el Acuerdo Nacional para el Campo suscrito el 28 de abril de 2003 se estableció el compromiso del Gobierno Federal de ofrecer a los usuarios agrícolas la posibilidad de acceder a un nivel tarifario que les permita beneficiarse de un menor cargo por el consumo de energía eléctrica en la medida en que administren su demanda y dicho consumo se dé en un horario nocturno..

“(...)las tarifas agrícolas de estímulo por el consumo de energía eléctrica son parte de las diferentes medidas que se han instrumentado a favor de los productores agrícolas para incrementar la productividad y competitividad de ese sector, al ofrecerles cargos fijos por energía consumida que, manteniendo constante el patrón de consumo, permiten mantener sin variación el costo de la energía eléctrica en los costos totales de producción, con lo que se ha fomentado el desarrollo rural nacional”...



Las razones para la aplicación de una tarifa especial para el bombeo de agua para riego son congruentes con la situación del campo mexicano en su conjunto. En 2003, el sector agrícola contribuyó con 2.21% del PIB. Sin embargo, absorbió cerca del 16% de la población ocupada. En materia de valor de la producción por trabajador, se calcula que en el año 2001 esta ascendía a 3,758 dólares anuales mientras que la contraparte norteamericana producía 67,871 dólares, por trabajador (Muñoz et al, 2007). Así, la tarifa subsidiada se presenta como una compensación a la baja productividad del sector agropecuario.

El sector agrícola usa cerca del 77% del volumen total de agua concesionada. Sin embargo, en 2002, la eficiencia en su uso representó el 63.8%. El resto fue evaporado filtrado o desperdiciado por lo que en realidad sólo se aprovechó el 49% del total del agua (35.81 km<sup>2</sup> aprox.) (Piña et al, 2007)

El costo promedio de producir en México energía es de 63 centavos por Kilowatt-hora (Kw/h), y el costo de transmisión es de 81 centavos por Kw/h, lo que asciende a 1.44 pesos por unidad de energía utilizada (Muñoz et al, 2007). En diciembre de 2007, en el marco de la modificación a la Tarifa 9-CU y Tarifa 9-N se establece que el cargo por Kw/h será de 40 centavos para la Tarifa de Cargo Único ,y de 20 centavos para el bombeo realizado en periodo nocturno.

De acuerdo con Muñoz et al (2007) el subsidio denominado Tarifa 09 es muy desigual, con un coeficiente Gini<sup>16</sup> de 0.9, es decir muy desigual. Si tomamos en cuenta que sólo 30% de los productores cuentan con algún sistema de riego, esto es, el subsidio deja fuera al 70% de los campesinos.

Este subsidio no sólo es desigual en el agregado total de los productores sino incluso dentro de la población beneficiada se registran terribles diferencias en la distribución del subsidio que, en 2004, ascendió a 7,327 millones de pesos. De los cerca de 105 mil usuarios sólo 33 usuarios recibían un subsidio superior a los 500 mil pesos. En el otro extremo, 17 mil usuarios recibían menos de 500 pesos al año.

Como se ha argumentado, este subsidio es altamente distorsionador, inequitativo y podríamos inferir que tiene un efecto negativo en la explotación no sustentable de los recursos hídricos subterráneos. En la siguiente sección revisaremos a detalle los efectos de la Tarifa 09 en la demanda de agua.

### **3.4.-Efectos del subsidio en la demanda de agua**

Hemos revisado, aunque de manera superficial, la situación del campo mexicano y la situación de los recursos hídricos. Hemos analizado, también, las medidas que ha tomado la autoridad para mejorar la situación de los productores agrícolas del país. Ahora pasaremos a exponer los efectos de estas políticas en la demanda de agua subterránea.

---

<sup>16</sup> El índice de Gini refleja el nivel de concentración del ingreso, en donde 0 es absoluta igualdad y 1 es la concentración en un solo individuo.

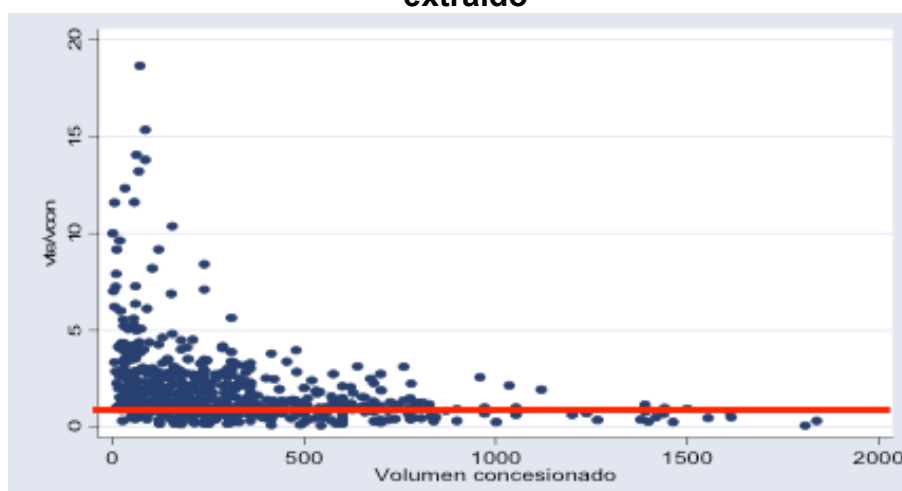
De acuerdo con Shah et al (en Tortajada et al, 2004), “el suministro y fijación de energía precios de la energía eléctrica son fuerzas primarias que impulsan el bombeo de agua subterránea para riego”.

Al año en México se extraen 28km<sup>3</sup> de agua. En India se extraen 150km<sup>3</sup>, en China 90km<sup>3</sup> y en Pakistán 45km<sup>3</sup>. Sin embargo, en un análisis por hectárea, en México se utiliza el doble de km<sup>3</sup> de agua por hectárea. (Shah et al, 2004).

Y es que a la distorsión que el subsidio “Tarifa 9” crea, se suma el hecho que la agricultura no debe pagar por derechos de agua. Por lo que la tasa de crecimiento de nuevas conexiones eléctricas para la agricultura de servicio eléctrico ha crecido a una tasa de 7.65% desde 1970, de las cuales 98% son conexiones para bombeo(Shah et al, 2004).

Otro efecto perverso en la demanda de agua se refiere al mal uso de las concesiones otorgadas, ya que de acuerdo con Muñoz et al (2007) en el 80% de los casos, el volumen extraído excedía el volumen concesionado.

**Grafico 3.1 Relación del volumen concesionado contra el volumen total extraído**



FUENTE: Muñoz et al. (2007). Análisis del subsidio a la tarifa 09. INE

Este gráfico nos muestra la dispersión entre el volumen total extraído y el volumen concesionado. Si el volumen extraído fuera igual al concesionado los puntos estarían concentrados en la línea roja, sin embargo se observa que los volúmenes extraídos reales superan por mucho los volúmenes concesionados. Según Muñoz et al (2007) esto se debe a que no se cuenta con un control adecuado de los volúmenes extraídos. Se observa también que, a medida que crece el volumen concesionado tiende a respetarse más ese límite, esto puede deberse a que a conforme crece la concesión es más difícil, o más caro extraer la cantidad de agua concesionada.

El siguiente efecto sobre la demanda de agua se refiere a la tecnología de riego utilizada. Debido a que el sector agrícola no paga derechos de agua y el costo que se cubre para la extracción es el de la electricidad que se encuentra subsidiado a través de la Tarifa 9, no existen incentivos para la utilización de tecnologías eficientes.

Un ejemplo de ello es que el riego por goteo representa solamente 8.2% contra el 74.8% del riego de aspersión (Muñoz et al, 2007)<sup>17</sup>. Por lo que es evidente que, debido a que no se cuentan con las señales o incentivos adecuados, se da un problema de elección adversa.

En conclusión, ante la distorsión provocada por el subsidio Tarifa 09 podemos observar que el uso es muy ineficiente y privilegia el desperdicio al utilizar tecnologías menos eficientes.

---

<sup>17</sup> El riego de aspersión tiene una eficiencia de 60% mientras que el riego por goteo tiene una eficiencia de entre 90 y 95%.

## **CAPÍTULO IV.- ALTERNATIVAS REGULATORIAS**

Hemos analizado, de manera somera, la situación de los acuíferos en México, la situación del campo en materia de tecnificación de riego y las razones por las que se establecieron los subsidios a las tarifas eléctricas conocidos como Tarifa 9CU y Tarifa 9N. De igual forma, hemos revisado las distorsiones causadas por este subsidio y sus consecuencias en la sobreexplotación de los mantos freáticos.

Este capítulo se centrará en las alternativas para la regulación comenzando, por supuesto, por el marco legal que harían realidad estas alternativas.

### **4.1.-Marco Legal**

La Tarifa 9 CU y Tarifa 9N están sustentadas en la Ley de Energía para el Campo promulgada en 2002, que es el marco sobre el cual descansan todos los apoyos energéticos al sector agrícola. Aquí los artículos relevantes para este análisis:

**Artículo 4o.** El Poder Ejecutivo Federal establecerá el programa, mediante precios y tarifas de estímulo de los energéticos agropecuarios.

El Poder Ejecutivo Federal incluirá dentro del proyecto de Ley de Ingresos y del proyecto de Decreto de Presupuesto de Egresos de la Federación, las previsiones necesarias para atender la operación del Programa.

**Artículo 7o.** La cuota energética se otorgará previo dictamen de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y se utilizará exclusivamente en:

I. Motores para bombeo y rebombeo agrícola y ganadero, tractores y maquinaria agrícola y motores fuera de borda, que se utilicen directamente en las actividades objeto de esta Ley, según lo establecido en el artículo 3o. fracción I..

Como ya habíamos mencionado en este mismo apartado, esta ley se promulga como un intento por darle competitividad al sector agrícola en México, y es parte de un paquete de apoyos otorgados por el Estado Mexicano.

La Constitución Política promulgada en 1917 le confiere al Estado Mexicano la propiedad de los recursos naturales a través del artículo 27, que dice:

LA PROPIEDAD DE LAS TIERRAS Y AGUAS  
COMPRENDIDAS DENTRO DE LOS LÍMITES DEL  
TERRITORIO NACIONAL, CORRESPONDE  
ORIGINARIAMENTE A LA NACION, LA CUAL HA  
TENIDO Y TIENE EL DERECHO DE TRANSMITIR  
EL DOMINIO DE ELLAS A LOS PARTICULARES,  
CONSTITUYENDO LA PROPIEDAD PRIVADA.

Este artículo otorga control particular al Estado sobre los recursos hídricos, lo que es de suma importancia en cuanto a regulación se refiere.

En materia de regulación hídrica existe la Ley de Aguas Nacionales. En ella se inscriben, de manera específica, las reglas para el uso y aprovechamiento de los recursos acuáticos. Su edición más reciente data de Diciembre de 1992.

El artículo 14 bis 6, inscrito en esta ley, establece los instrumentos de política que pueden ser utilizados para regular las aguas nacionales. Estos últimos se detallan a continuación:

ARTICULO 14 BIS 6. SON INSTRUMENTOS  
BASICOS DE LA POLITICA HIDRICA NACIONAL:

I. LA PLANIFICACION HIDRICA; INCLUYE LOS  
AMBITOS LOCAL, ESTATAL, CUENCA  
HIDROLOGICA, REGION HIDROLOGICA-  
ADMINISTRATIVA Y NACIONAL;

II. EL REGIMEN DE CONCESIONES,  
ASIGNACIONES Y PERMISOS REFERENTES A  
LOS DERECHOS POR EXPLOTACION, USO O  
APROVECHAMIENTO DEL AGUA, POR EL USO DE  
LOS BIENES NACIONALES CONFORME A LO  
DISPUESTO EN EL ARTICULO 113 DE LA  
PRESENTE LEY, ASI COMO LOS PERMISOS DE  
DESCARGA;

III. LA GESTION DE AGUAS NACIONALES, PARA RACIONALIZAR LAS NECESIDADES DE AGUA, Y CONTRIBUIR AL MEJORAMIENTO DE LA ECONOMIA Y FINANZAS DEL AGUA Y SU GESTION;

IV. EL COBRO DE DERECHOS CAUSADOS POR LA EXPLOTACION, USO O APROVECHAMIENTO, DESCARGA Y PROTECCION DEL AGUA;

V. LA PARTICIPACION DE LAS ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD Y DE LOS USUARIOS, Y SU CORRESPONSABILIDAD EN EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES ESPECÍFICAS;

VI. LA PREVENCION, CONCILIACION, ARBITRAJE, MITIGACION Y SOLUCION DE CONFLICTOS EN MATERIA DEL AGUA Y SU GESTION;

VII. LOS APOYOS SOCIALES PARA QUE LAS COMUNIDADES RURALES Y URBANAS MARGINADAS ACCEDAN AL AGUA Y AL SANEAMIENTO, Y

VIII. EL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION SOBRE CANTIDAD, CALIDAD, USOS Y CONSERVACION DEL AGUA.



Con este artículo podemos imaginar un sinnúmero de opciones de política como instrumentos económicos, instrumentos de comando y control, instrumentos de acción colectiva, etc.

Otra ley que le otorga certeza jurídica a las instituciones vigilantes de los recursos naturales de este país es la Ley General de Equilibrio Ecológico promulgada en 1988.

En el capítulo II, artículo 5º se establece que:

Son facultades de la Federación:

I.- La formulación y conducción de la política ambiental nacional;

II.- La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal;

III.- La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación, originados en el territorio o zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o en zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado;

Desde el punto de vista jurídico, el Estado cuenta con todas las herramientas para tener control sobre el uso racional de los recursos naturales del país, por lo que las opciones de política presentadas a continuación son plausibles desde el punto de vista legal.

#### **4.2.-Incentivos económicos**

Como vimos anteriormente, en el apartado 4.1, el Estado Mexicano cuenta, como herramienta de regulación, con instrumentos económicos. Estos instrumentos inducen un cambio en la conducta de los agentes económicos mediante la internalización de los costos del deterioro del entorno (Panayotou, 1998)<sup>18</sup>.

Panayotou (1998)<sup>19</sup> clasifica los instrumentos económicos en siete categorías principales:

- Derechos de propiedad
- Creación de mercados
- Instrumentos fiscales
- Sistemas de derechos y cargos
- Instrumentos financieros
- Sistemas de responsabilidad
- Bonos ambientales y sistema de depósito-reembolso

---

<sup>18</sup> citado en: Aroche, Fidel y Escalante, Roberto (2003)

<sup>19</sup> citado en: Aroche, Fidel et al. Op. Cit.

Estos instrumentos tienen como objetivo resolver las externalidades y enviar las señales adecuadas para que los agentes puedan tomar las decisiones óptimas.

Ya que la agricultura no tiene que pagar por derechos de agua (Shah et al, 2004), es razonable pensar que no se reciban las señales adecuadas por parte de los agentes y, por tanto, existan problemas de información derivando en la elección adversa de la cantidad de agua extraída del acuífero.

De acuerdo con Shah et al (2004), cualquier intento por reducir la extracción de agua subterránea “debe considerar la preferencia de los agricultores por el riego excesivo, como estrategia para disminuir el riesgo.

“Siguiendo un criterio económico, los agricultores deberán adoptar un comportamiento conservacionista cuando el costo del agua aumente hasta acercarse a su valor marginal” (Shah et al, 2004). De igual forma, cuando los costos son bajos artificialmente (como por ejemplo en presencia de un subsidio), y las utilidades no concuerdan con éstos, la elasticidad de la demanda de los insumos permanece baja y los aumentos adicionales en los precios tienen poco o nulo efecto.

Por otro lado ya que la inversión en la tecnología de riego es bastante elevada la tendencia es a maximizar el bombeo para, así, recuperar la inversión lo más pronto posible.

Con estas descripciones podemos ver que existe un amplio margen de maniobra para actuar ante la sobreexplotación de los mantos acuíferos y reducir el nivel de extracción hasta uno ambientalmente sustentable.

#### **4.2.1.-Desacoplamiento del subsidio**

El instrumento que analizaremos es el desacoplamiento del subsidio, que cae dentro de la categoría de instrumentos fiscales, y consiste en aumentar la tarifa eléctrica y reintegrar el mismo monto a los productores a través de una transferencia.

En este sentido las aportaciones de Muñoz et al (2007) son imprescindibles para el análisis. Estos autores enuncian distintas opciones para la aplicación de este programa, entre las que se encuentran regresar el subsidio como un promedio de consumo de todos los usuarios, lo que resolvería el problema de la desigualdad distributiva del mismo pero afectaría a los grandes productores. Existe, también, la opción de aplicar el instrumento sólo en los acuíferos sobreexplotados que representaría incluir cerca del 30% de los usuarios, entre otras combinaciones que se mencionan en el trabajo de Muñoz et al (2007)<sup>20</sup>.

Para nuestro análisis utilizaremos la opción de reintegrar el subsidio de acuerdo a las cifras históricas, es decir se les reintegrará de acuerdo al consumo histórico registrado, ya que es políticamente más viable y más sencillo de operar, debido a que, en estricto sentido, los agricultores recibirán el mismo monto del subsidio pero en efectivo.

---

<sup>20</sup> Para una lista completa de las diferentes opciones de aplicación del desacoplamiento del subsidio véase Piña et al, 2007. Op. cit.

Estimaciones del Instituto Nacional de Ecología señalan que ante un cambio de 100% en el precio de la energía eléctrica para el bombeo, la demanda por agua caería 15%, es decir la elasticidad precio de la demanda de agua es de 0.15 (Muñoz et al, 2007).<sup>21</sup>

El desacoplamiento del subsidio implicaría un aumento del la tarifa hasta alcanzar los 0.63 pesos por KW/h de electricidad. Hal Varian (2006) propone un análisis para este tipo de casos basado en el análisis del efecto-renta y el efecto-sustitución propuesto por E. Slutsky.<sup>22</sup>

Supongamos el incremento del precio de la tarifa eléctrica como un impuesto  $t$  que sea “lo suficientemente alto como para estar en el rango de elasticidad de la demanda” (Shah et al, 2004). Ahora supongamos la electricidad como un bien normal<sup>23</sup>. Aceptando lo anterior tenemos que la demanda de electricidad que denominaremos  $x$  pasará a  $x'$ <sup>24</sup>. El precio después del impuesto cambiará de  $p$  a  $p'=p+t$ .

La recaudación total del impuesto quedará entonces de la siguiente forma:

$$R = tx' = (p-p')x'$$

---

<sup>21</sup> Ya que la agricultura no paga por derechos de agua se considera el precio de la electricidad como un precio sombra. Véase Varian, 2006. Op. cit.

<sup>22</sup> Se utiliza este análisis para observar el efecto que tienen cambios en la renta y los precios sobre la demanda. Véase Varian, H, 2006. Op. cit. Cap 8.

<sup>23</sup> Es decir que a mayor precio menor consumo.

<sup>24</sup> Este cambio se deriva del efecto-renta y el efecto-sustitución obtenido por la derivada:

$$x' = dx = \frac{\partial x}{\partial p} t + \frac{\partial x}{\partial m} tx$$

donde el primer término indica la respuesta de la demanda a la variación del precio multiplicada por la variación de éste. El segundo término implica la variación de la renta (se usa renta en el sentido español, en Latinoamérica también se puede utilizar ingreso) multiplicada por la cantidad en que ha variado la renta: la renta aumenta en la cantidad en que se ha recaudado el impuesto.

En este caso los ingresos recaudados serán función de la nueva demanda y no de la demanda anterior.

Ahora supongamos que “y” representa todos los demás bienes consumidos y su precio es 1 entonces la restricción presupuestaria quedará de la siguiente forma:

$$px+y=m$$

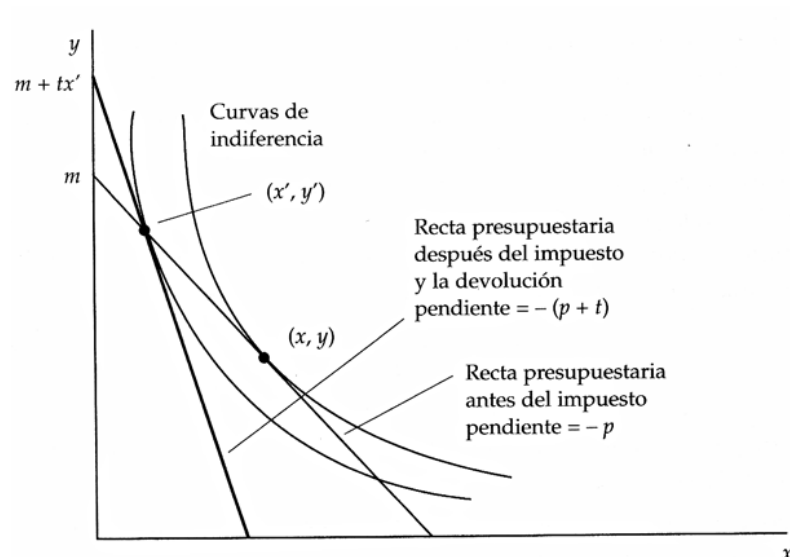
y una vez que se empiece a cobrar el impuesto la restricción presupuestaria quedará:

$$(p+t)x'+y'=m+tx'$$

En esta nueva restricción presupuestaria vemos como el precio ya ha sido aumentado por el impuesto de igual forma que el ingreso cambia con la devolución.

Este cambio en el precio de “x” (electricidad) pero aumento en la renta causará que la renta presupuestaria cambie de pendiente con lo que los agentes preferirán consumir menos del bien “x,y” más del bien “y” (otros bienes).

Gráficamente el nuevo equilibrio quedaría:



Fuente: Varian, Hal. 2006

Evidentemente pueden encontrarse objeciones sobre esta alternativa, entre las que podríamos mencionar, por ejemplo, es que no resuelve la concentración del subsidio en pocos productores. Sin embargo, la transferencia en efectivo genera incentivos para el cambio de tecnología de riego que disminuya el consumo de agua.

Evidentemente esta política es perfectible, sin embargo, es un primer acercamiento positivo a los esfuerzos por reducir la sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos del país.

#### 4.2.2.-Mercado de derechos

El agua es un bien con características económicas muy particulares. En el primer capítulo analizamos, por ejemplo, el uso de consumo y el uso de no consumo. Este recurso tiene características que lo convierten en un bien

privado, es decir, un bien excluyente y rival, pero cuenta, por otro lado con características de bien público. Es decir justamente lo contrario a las características anteriormente mencionadas.

La conformación de un mercado de agua requiere la definición clara de derechos de propiedad sobre ésta. Constitucionalmente las aguas nacionales pertenecen a la Nación y pueden ser concesionadas. Sin embargo, en la realidad ha resultado una tarea poco menos que imposible otorgar derechos sobre el uso del recurso a todos los usuarios. Los órganos reguladores no cuentan con la capacidad técnica ni humana para otorgar y supervisar las concesiones otorgadas. En 2004, de los 105 mil beneficiados por la Tarifa 09, 43% no contaba con una concesión (Muñoz et al, 2007).

Sin embargo, también en las normas regulatorias de las concesiones encontramos incentivos perversos que provocan desperdicio o, en el mejor de los casos, uso de tecnologías de riego menos eficientes. Uno de estos incentivos es que existe una suspensión de derechos por volúmenes no utilizados (Shah et al, 2004).

Al permitirse el intercambio de los derechos excedentarios se crean incentivos para disminuir el consumo y obtener rentas extraordinarias a través del intercambio de derechos de agua.

De acuerdo con Simpson et al (1997) “la experiencia muestra que en donde aparentemente existen diferencias entre oferta y demanda y donde existen prerrequisitos para el mercado de transferencia de derechos, los mercados de agua evolucionan por sí solos”



Existen muchos argumentos a favor y en contra de la construcción de un mercado de derechos. Bauer (1997), al describirnos la experiencia chilena, enumera tres importantísimos a favor:

- Los mercados de agua incrementan la eficiencia económica, asignando el agua a su uso más valioso<sup>25</sup>.
- La forma en que los precios envían señales que coordinan información dispersa y preferencias es otra de las fortalezas importantes del mercado.
- Los mercados más libres obtendrán los precios correctos, fortaleciendo los incentivos a la conservación ya que el excedente podría ser vendido.

Dentro de las dificultades que podemos encontrar para el correcto funcionamiento se mencionan dos cruciales para el análisis:

- Los recursos hídricos generalmente se encuentran interconectados, con lo cual se generan externalidades negativas. Resolver las externalidades requiere regulaciones que necesariamente limitan el libre mercado.
- Debido a que la oferta de agua cambia en el espacio y el tiempo, la información es incierta o costosa y los derechos de propiedad son difíciles de definir claramente.

---

<sup>25</sup> De acuerdo con la teoría económica, el uso más valioso se da cuando el agente con mayor disposición a pagar (y por ende el que más valor otorga al recurso) obtiene el recurso.

De acuerdo con Simpson (1997), “la función primaria de un sistema de mercado es permitir las ofertas coincidir con las demandas cambiantes en un sentido que refleje la prioridad económica de las demandas competidoras”. En este sentido, el mismo autor propone una serie de requisitos para que un mercado de derechos funcione adecuadamente:

- **Debe haber un producto intercambiable en el mercado perfectamente definido.** Este producto debe ser medible, controlable e intercambiable como un bien comercial<sup>26</sup>. En el caso de los mercados de derechos de agua, se pueden desarrollar sólo si la propiedad, cantidad, cuantificación y confianza están bien definidos.
- **La demanda debe exceder la oferta.** En muchas regiones existe agua suficiente por lo que no hay competencia de demandas. De cualquier modo la demanda cambia a lo largo del tiempo y la oferta disminuye cuando la calidad del recurso se deteriora. Los desbalances estacionales en la oferta y demanda crean escasez. Incluso, asumiendo que la oferta y demanda coinciden, es posible crear escasez a través de métodos administrativos como la reducción de permisos. La escasez incrementa la necesidad de ajuste y los mercados de agua proveen una arena equitativa para asignar el agua hacia el uso más eficiente.
- **La oferta derivada del uso de derechos de agua debe ser transportada donde el agua se necesita.** Esto es particularmente

---

<sup>26</sup> Recordar que los bienes privados comerciales tal y como los definió Samuelson son bienes excluyentes y rivales.

importante cuando se compran derechos de zonas geográficas distantes ya que de otro modo no se pueden ejercer dichos derechos.

- **El intercambio debe darse en un marco de confianza:** el comprador debe sentirse confiado en que recibirá y podrá usar el derecho adquirido.
- **El sistema de derechos debe ser capaz de resolver conflictos derivados del intercambio.** Como ya hemos mencionado el marco institucional es vital para el correcto desenvolvimiento de los mercados de derechos, y no se descarta la aparición de fricciones entre los agentes como resultado de los procesos de intercambio, por lo que se debe contar con un marco legal que permita dirimir los conflictos.
- **El sistema debe ser capaz de racionar la oferta durante la escasez y el exceso.**
- **Debe existir un mecanismo de compensación en caso que los derechos de un usuario sean confiscados en beneficio social.** Aún cuando los mercados tienen la virtud de asignar el agua para su uso más valioso, existirán situaciones que ameriten asignar el agua con base en criterios de carácter social y no sólo económico, como en el caso de una sequía severa y prolongada, por ejemplo. En estos casos deberá existir un mecanismo que compense los derechos confiscados en pro del beneficio colectivo.
- **Los mercados deben ser cultural y socialmente aceptados como medio de asignación de recursos.** Existen sociedades que culturalmente no tienen desarrollado el sistema de mercado para

asignar los recursos, por lo que tratar de imponer este sistema resultaría inútil.

- **Debe ser financieramente sustentable.** Si el sistema necesita ser subsidiado constantemente, entonces no será una solución viable en el largo plazo.

En México la experiencia en la transmisión de derechos se ciñe a un marco institucional definido por la Ley Federal de Derechos, y se encuentra regulado por la Comisión Nacional del Agua. De acuerdo con Aguilar y Canizales (2007)<sup>27</sup> la escasez generada por la sobreexplotación y las declaratorias de vedas hacen más difícil la expedición de nuevos títulos de concesión, por lo que la transmisión de títulos se convierte, en muchos casos, en la única forma de acceder a los recursos hídricos.

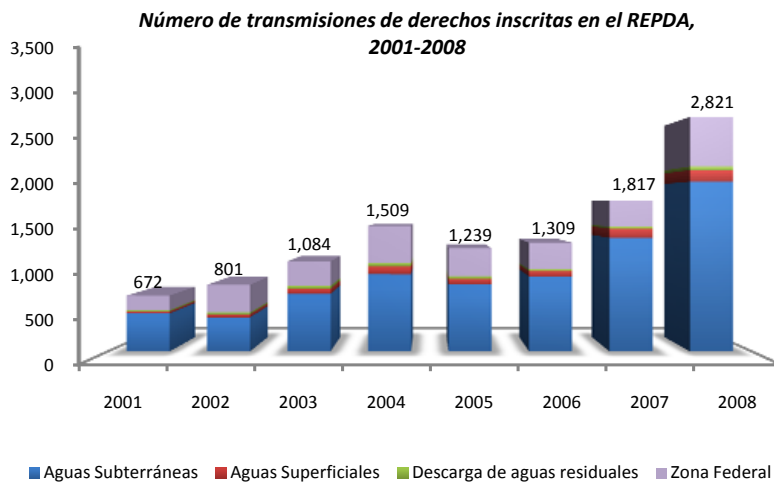
De acuerdo con el “Reporte Económico de administración del agua” (CONAGUA, 2009), el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), en el periodo 2001-2008, registró 11,252 transmisiones de derechos sustentados y concesiones otorgadas por CONAGUA. Sólo en 2008 se registraron 2,821 transmisiones, lo que representó un aumento de 55%, respecto al nivel del año anterior.

A continuación se presenta una gráfica que muestra el desarrollo del mecanismo de transmisión de derechos:

---

<sup>27</sup> Citado en “Reporte Económico de administración del agua. CONAGUA, 2009

Gráfico 4.1.-

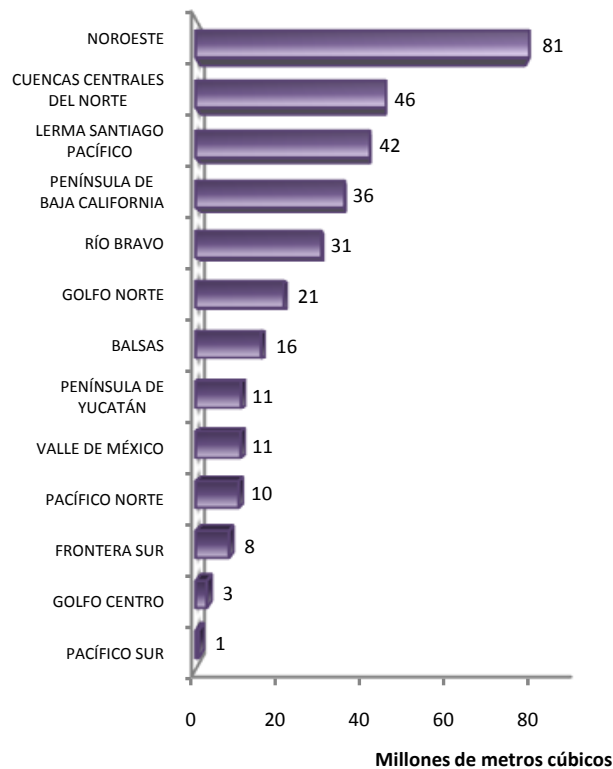


Fuente: “Reporte Económico de administración del agua”. CONAGUA, 2009

Es interesante observar que a pesar de la caída en 2005, la tendencia es claramente creciente, y que el mayor volumen de transmisiones de derechos se da en aguas subterráneas.

La hipótesis de que la escasez y la sobreexplotación estimulan la transmisión de derechos (afirmaciones que hacen Simpson et al, 1997 y Aguilar y Canizales, 2007), se confirma cuando observamos la distribución geográfica de estos intercambios:

**Gráfico 4.2.- Volúmenes de Aguas nacionales transmitidos por organismo de cuenca, 2008.**



Fuente: "Reporte Económico de administración del agua". CONAGUA, 2009

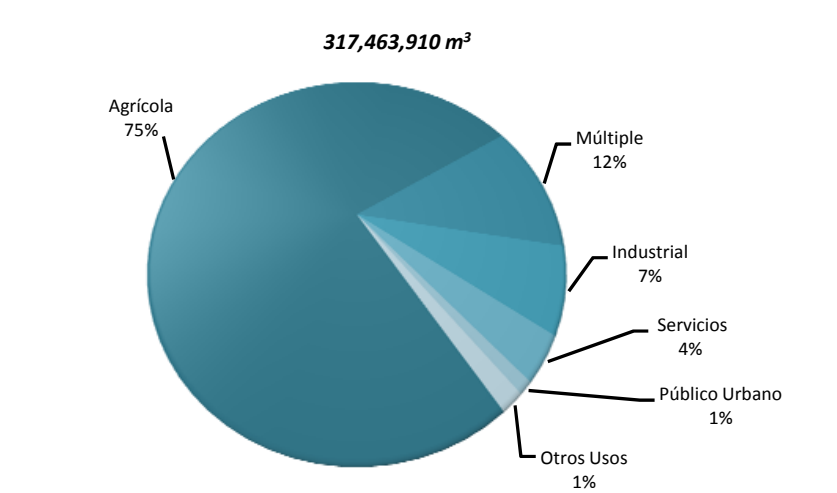
Con esto podemos deducir que el grado de presión sobre los recursos hídricos tiene una correlación positiva con el número de metros cúbicos que se transmiten. Con excepción del Valle de México, que tiene una presión sobre los recursos hídricos de más del 100%, el resto de las regiones confirman esta afirmación.

Es pertinente afirmar que en muchos casos, la transmisión de derechos de agua en México tiene que ver más que con mecanismos económicos, con procesos de influencia política y, sobre todo, con la corrupción entre usuarios

económicamente más poderosos y el personal que administra los distritos de riego en terreno.

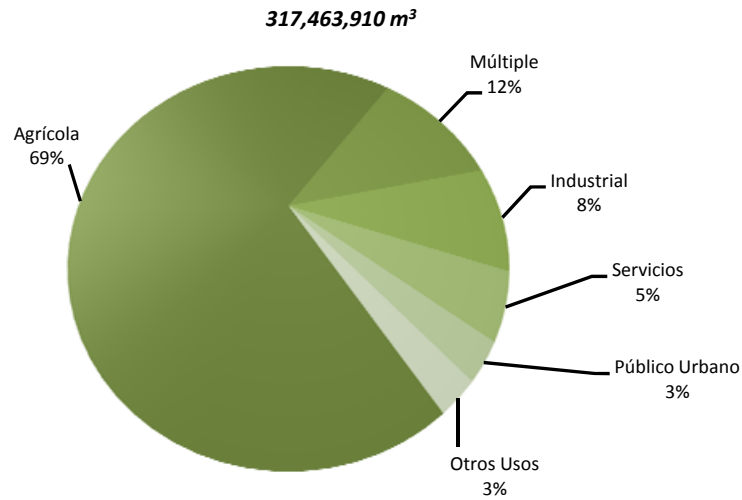
Este análisis se vuelve aún más relevante cuando observamos el origen y destino de los derechos de agua transmitidos:

**Gráfico 4.3.-Volumen de aguas nacionales transmitidos en 2008 por tipo de uso inicial.**



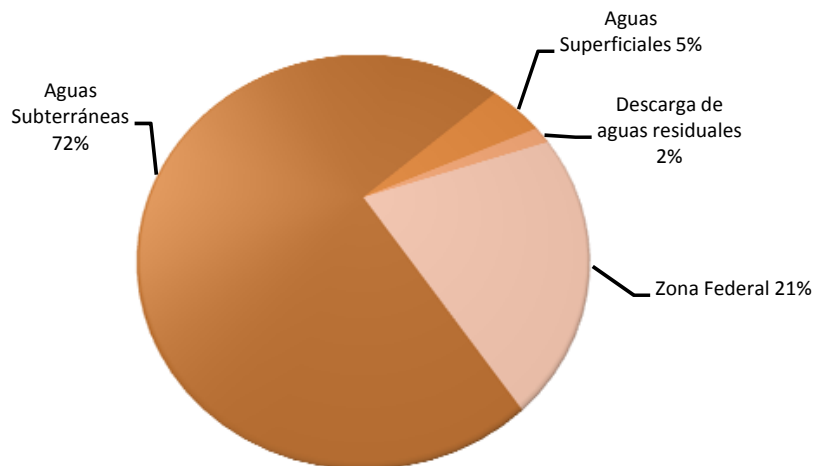
Fuente: "Reporte Económico de administración del agua". CONAGUA, 2009

**Gráfico 4.4.-Volumen de aguas nacionales transmitidos en 2008 por tipo de uso final.**



Fuente: "Reporte Económico de administración del agua". CONAGUA, 2009

**Gráfico 4.5.-Tipos de derechos transmitidos registrados en el REPDA, 2008**



Fuente: "Reporte Económico de administración del agua". CONAGUA, 2009

Con esto podemos suponer que el mercado de derechos, si se utiliza adecuadamente, puede convertirse en una herramienta poderosa para regular el volumen de agua subterránea extraída y cambiar el estado de



sobreexplotación en que se encuentran los 101 acuíferos mencionados, ya que la Tarifa 09 se aplica únicamente a los consumidores agrícolas y la transmisión de derechos se da principalmente en este sector.

Sin embargo cabe hacer la aclaración que, los mercados por sí solos, no eliminan distorsiones como la corrupción, existe evidencia empírica que demuestra que, aún con mercados que funcionan correctamente la transmisión de derechos es muy baja, lo que puede llevarnos a pensar en otros problemas como la dotación inicial de derechos u otros documentados en Lewin (2003) o en Bauer (1997) que tratan el tema para el caso chileno.

#### **4.2.3.-Fijación de precios de recursos hídricos**

Hasta ahora hemos analizado dos alternativas económicas para la regulación de la extracción de agua subterránea. La primera incide directamente en el subsidio Tarifa 09 que modifica la restricción presupuestaria de los agentes y, por consiguiente, disminuye la cantidad de agua extraída. La segunda busca reducir el consumo a través de la reasignación de los recursos hídricos por el mecanismo del mercado de derechos que, además, elimina el incentivo negativo creado por la legislación que dicta que los excedentes de agua no utilizados sean removidos. Ahora pasaremos a analizar la alternativa más obvia, aunque políticamente más complicada. Esto es, la fijación de precios por derechos de agua que se convierte en la herramienta económica de regulación por excelencia.

De acuerdo con Dinar y Subramanian (1997), la fijación de precios es una herramienta clave para mejorar la asignación y promover la conservación. “Los precios que reflejan de manera precisa la escasez o el valor económico

del agua brinda información a los usuarios que utilizan para tomar decisiones” (Dinar y Subramanian, 1997)

De acuerdo con los mismos autores, si los precios no reflejan el valor del recurso y son fijados con otros propósitos entonces no enviarán las señales adecuadas a los usuarios (Dinar y Subramanian, 1997). El sistema de fijación de precios puede ser utilizado por las autoridades con varios fines como, por ejemplo, con fines distributivos, o de regulación de consumo. Sin embargo, si los precios no envían las señales adecuadas a los agentes, pueden obtenerse resultados no deseados como la sobreexplotación de los recursos hídricos.

En general se puede establecer un sistema de precios que cubra los costos de procesamiento y distribución de agua con una pequeña cuota destinada a la inversión en capital y al mantenimiento, es decir, costos de Operación y Mantenimiento (O y M) (Tsur y Dinar, 1995).

Podemos encontrar varios métodos de fijación de precios de agua (Tsur y Dinar, 1995) :

- **Volumétrico:** Se cobra al usuario una tarifa por el volumen consumido. Existen ciertas variantes de este sistema como, por ejemplo, el cobro por minuto dado un flujo conocido de agua, o el cobro por un volumen fijo aunque no sea consumido.
- **Por producción:** Se cobra al usuario una cantidad por cada unidad producida.
- **Por insumo:** Se cobra al usuario una especie de impuesto en cualquier insumo utilizado.

- **Por área:** El cobro se realiza por cada unidad de área irrigada, dependiendo del tipo y la extensión del cultivo. Generalmente, el precio para el agua bombeada es más elevado que para agua superficial.
- **Por niveles:** En este sistema se cobra una tarifa al volumen que excede un cierto margen concedido al usuario.
- **Tarifa en dos partes:** Para este método se cobra al usuario un precio marginal constante y una cuota fija anual por el derecho de comprar agua.
- **Tasa de mejoramiento:** La tarifa se carga por área, pero varía de acuerdo a como incrementa el valor de la tierra, por la provisión de tecnología de riego.
- **Mercados de agua:** El precio del agua se fija en mercados competitivos, por medio de derechos de agua, o por volúmenes.  
(Alternativa analizada en el apartado 4.2.1)

A continuación se cita fielmente el modelo propuesto por Tsur y Dinar (1995), para la micro-fundamentación de los sistemas de fijación de precios mencionados anteriormente:

Primero consideraremos el concepto de eficiencia propuesto por los autores en el mismo texto. Eficiencia se entiende como la asignación que maximiza el beneficio neto que se puede obtener con una cantidad disponible de un recurso(Tsur y Dinar, 1995). En presencia de restricciones distorsionantes

(por ejemplo impuestos o subsidios), es probable que no se alcance la eficiencia y se obtenga un resultado de “segundo mejor”<sup>28</sup>.

Ahora consideremos un número de campesinos donde  $i=1,2,3,\dots,n$ . Consideremos, también “ $L_i$ ” como la dotación de tierra (el tamaño de la granja) del granjero “ $i$ ”. Tendremos que “ $q$ ” y “ $x$ ” serán el agua por hectárea y otros insumos de producción, respectivamente. La función de producción será  $g_i(x,q)$  e indica la máxima producción por hectárea para cualquier combinación posible de “ $x$ ” y “ $q$ ”.

Tenemos que “ $p$ ” es el precio del producto obtenido y “ $r$ ” el precio de “ $x$ ”. El agua puede cobrarse de dos maneras: directamente (cobro volumétrico) o indirectamente (por unidad de producto, por unidad de insumo, por área, tarifa en dos partes, tarifa regulada). De acuerdo con lo anterior consideramos que “ $z^w$ ”, “ $z^g$ ”, “ $z^x$ ” y “ $z^a$ ” que representan las tarifas de agua de forma volumétrica, por unidad de producto, por unidad de insumo, por hectárea, respectivamente.

Entonces  $z = (z^w, z^g, z^x)$ .

Las ganancias estarán dadas por

$$(1) y_i = (p - z^g)g_i(x, q) - z^w q - (r + z^x)x - z^a, \quad i=1,2,3,\dots,n.$$

Los productores maximizarán “ $y_i$ ” eligiendo alguna combinación entre  $x$  y  $q$ .

Las condiciones de maximización están dadas por:

---

<sup>28</sup> Esta clase de resultados es mejor conocido con el anglicismo “second best” y se puede abundar en el caso revisando el artículo de Baumol y Bradford (1970) citado en Tsur y Dinar (1995)

$$(2a.) (p-z^g)g_{ix}(x_i^*(z), q_i^*(z)) - (r+z^x) = 0$$

$$(2b.) (p-z^g)g_{iq}(x_i^*(z), q_i^*(z)) = 0$$

Donde:  $g_{ix} \equiv \frac{\partial g_i}{\partial x}$  ,  $g_{iq} \equiv \frac{\partial g_i}{\partial q}$

$(p-z^g) > 0$  y  $p, r$  son suprimidos como argumentos de  $x^*$  y  $q^*$  por conveniencia.

Las soluciones a (2a.) y (2b.) representarán la demanda de insumos de los agricultores. Si se sustituyen en la ecuación (1) tendremos, entonces, las ganancias por hectárea:

$$(3) y_i(z, z^a) = (p-z^g)g_i(x_i^*(z), q_i^*(z)) - z^w q_i^*(z) - (r+z^x)x_i^*(z) - z^a$$

El modelo considera, también, la posibilidad que los agricultores tomen la decisión del tipo de cultivo que producirán. Los diferentes tipos de cultivos estarán representados por el subíndice  $j$ , donde  $j=0, 1, 2, 3, \dots, m$ . La expresión  $j=0$  representa cultivo sin riego. Con lo anterior tenemos que  $g_{ij}(x, q)$  será la producción por hectárea del agricultor  $i$  con el cultivo  $j$ ;  $x_{ij}$  y  $q_{ij}$  representan los insumos demandados por hectárea y las tarifas de agua serán:  $(z_j, z_j^a)$   $(z_j^w, z_j^g, z_j^x, z_j^a)$ .

Con propósitos de simplificación se hará el supuesto que los agricultores sólo producirán un tipo de cultivo a la vez y tomarán su decisión de acuerdo al cultivo que más ganancias genere, con cualquier tipo de cobro (o combinación) dado.

Con lo anterior llegamos a una función de indicación del cultivo que se producirá:

$$I_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{ij}(z, z^a) > y_{ik}(z, z^a) \forall k \neq j \\ 0 & \text{otro} \end{cases}$$

Esto significa que el agricultor decidirá cultivar  $j$  si  $I_{ij}=1$ , de otra forma  $I_{ij}=0$ .

Tenemos que la demanda por hectárea de agua y otros insumos será:

$$\text{Agua: } q_i^*(z, z^a) = \sum_{j=0}^m I_{ij}(z, z^a) q_{ij}^*(z, z^a)$$

$$\text{Otros insumos: } x_i^*(z, z^a) = \sum_{j=0}^m I_{ij}(z, z^a) x_{ij}^*(z, z^a)$$

El producto será entonces:

$$g_i(x_i^*(z, z^a), (q_i^*(z, z^a))) = \sum_{j=0}^m I_{ij}(z, z^a) g_{ij}(x_{ij}^*(z, z^a), (q_{ij}^*(z, z^a)))$$

Y las ganancias quedarán definidas como:

$$y_i(z, z^a) = \sum_{j=0}^m I_{ij}(z, z^a) y_{ij}(z, z^a)$$

La demanda agregada de agua de todos los agricultores será:

$$Q(z, z^a) = \sum_{i=0}^n L_i q_i^*(z, z^a)$$

Donde  $L_i$  denota la dotación de tierra por agricultor.

Cualquier cambio en  $z = \{z_j^w, z_j^g, z_j^x, z_j^a, j=0,1,2,\dots,m\}$  afectará la demanda de agua de dos formas: primero afectará la demanda de agua  $q_{ij}^*(z, z^a)$ . Segundo afectará la decisión del cultivo. De esta forma un incremento en  $z$  puede afectar  $I_{ij}$  y hará que los agricultores elijan una  $j$  que no exija agua

intensivamente. Por ejemplo, un aumento en  $z^w$  para todos los cultivos  $j$  podría llevar a tomar la decisión de cambiar a un cultivo menos intensivo en riego. O un aumento en  $z_1^a$  respecto a  $z_2^a$ , aunque no afecta, hará que el agricultor cambie del cultivo 1 al 2, aunque la demanda de agua por cultivo no cambie.

Cuadro 4.1.- Efectos de cambios de “z” en la demanda

Cambio	Efecto
$\Delta z$	Afecta $I_{ij}$ , hará que los agricultores elijan un cultivo que no exija agua intensivamente
$\Delta z^w \forall j$	El agricultor cambiará a un cultivo menos intensivo en riego o tendrá incentivos para mejorar la tecnología de riego, disminuyendo así la cantidad de agua demandada.
Si $\Delta z_1^a > \Delta z_2^a$	El agricultor cambiará del cultivo 1 al cultivo 2 aunque la demanda de agua por tipo de cultivo no cambie.
$\Delta z^g \forall j$	No tendrá efecto sobre la demanda de agua, y puede interpretarse sólo como un impuesto con fines exclusivamente recaudatorios.
$\Delta z^x \forall j$	No tendrá efecto sobre la demanda de agua pero afectaría las decisiones insumo/producto.
Si $\Delta z_1^g > \Delta z_2^g$	El productor cambiará del cultivo 1 al cultivo 2 puesto que le resultará menos oneroso el cobro por unidad de producto.

Fuente: Elaboración propia con base en Tsur y Dinar (1995).

Hemos analizado el comportamiento de la demanda, Analicemos, ahora, el lado de la oferta. Digamos que el costo de suministrar  $Q \text{ m}^3$  de agua es  $C(Q)$ , de tal suerte que el costo marginal será:

$$C'(Q) \equiv \frac{\partial C}{\partial Q}$$

La oferta de agua de corto plazo puede estar limitada por escasez, o por el límite de infraestructura. Por lo que  $Q \leq \bar{Q}$  donde  $\bar{Q}$  representa el límite de oferta o la capacidad total de suministrar agua.

El beneficio (B) de suministrar  $Q \text{ m}^3$  de agua, con una estructura de financiamiento de  $(z, z^a) \equiv (z^w, z^g, z^x, z^a)$  será:

$$B(z, z^a) = \sum_{i=1}^n L_i y_i(z, z^a) - C(Q(z)) + \sum_{i=1}^n L_i [z^g g_i(x_i^*(z), q_i^*(z)) + z^w q_i^*(z) + z^x x_i^*(z) + z^a]$$

Si utilizamos (3) entonces los beneficios quedan:

$$(4) \quad B(z) = \sum_{i=1}^n L_i [p g_i(x_i^*(z), q_i^*(z)) - r x_i^*(z)] - C(Q(z))$$

En ambos casos mantenemos el supuesto de un solo cultivo por agricultor.

Ahora pasaremos a analizar las condiciones de maximización de tres de las opciones de precio (volumétrico, por producto, por insumo), presentadas anteriormente.

Para el cobro volumétrico se supone que  $z^a = z^g = z^x = 0$ . Por lo tanto, el cobro se realiza únicamente a través de  $z^w$ . Con el objetivo de alcanzar el eficiente de Pareto el precio será igual a  $C'(Q)$ , es decir al costo marginal.

La condición de maximización será de B (4) con respecto de  $z^w$  será:



$$(5) \sum_{i=1}^n L_i [p g_{iq}(x_i^*(z^w), q_i^*(z^w)) - C'(Q(z^w))] q_i(z^w) = 0$$

La provisión de agua  $Q(z^w)$  será estrictamente menor a  $\bar{Q}$ , y el precio será de  $z^w = C'(Q(z^w)) \forall i$ .

En caso de existir costos de implementación<sup>29</sup>, el precio volumétrico tendría que cambiar y desviarse del nivel de costo marginal, con lo que estaríamos en presencia de una distorsión que nos llevaría a un resultado de “second best”.

Ahora, analicemos el caso del cobro a través del producto, o de los insumos. En este caso,  $z^a = z^x = z^w = 0$  y el precio se dará en función de  $z^g$ .

Tenemos que encontrar un precio por unidad de producto que maximice B (4). Este precio debe satisfacer la condición de maximización:

$$(6) \sum_{i=1}^n L_i [z^g g_{ix}(x_i^*, q_i^*) x_i^{*'} - C'(Q) q_i^{*'}] = 0$$

donde

$$x_i^{*'} \equiv \frac{\partial x_i^*}{\partial z^g}, q_i^{*'} \equiv \frac{\partial q_i^*}{\partial z^g}$$

Si asumimos que la función de producción  $g(q, x)$  es estrictamente convexa, creciente y continua, las derivadas parciales  $x_i^{*'}$  y  $q_i^{*'}$ , y asumiendo que  $C'(Q(z^g)) > 0$ , la condición de maximización puede escribirse:

$$(7) z^g g_x(x^*, q^*) x^{*'} - C'(Q) q^{*'} = 0$$

---

<sup>29</sup> Es decir, los costos derivados de la administración del sistema, cobro de cuotas, lectura de medidores, resolución de conflictos, entre otros. Se puede abundar en el tema en: Tsur y Dinar (1997).

Por tanto, la condición que satisface (7), dado que  $g_x(x^*, q^*) = r / (p - z^g)$  ( $p < 1 + r x^{*'} / C'(Q) q^{*'}$ ), es:

$$(8) \quad z^g = \frac{p}{1 + r^{*'} / (C'(Q) q^{*'})}$$

Esta será una solución “second best”, porque el precio del agua será cero y sólo será cobrada a través de cada unidad producida, por lo que es posible que se distorsionen las decisiones de insumo/producto.

Para el caso del cobro por unidad de insumo, la solución es razonablemente parecida, por lo que no se replicará. Sin embargo, la solución puede cambiar por la tecnología de producción.

Para el caso mexicano se han establecido precios para todos los usos, menos para el uso agrícola. Esto ha provocado que se generen distorsiones y los agentes no tengan las señales adecuadas y, por tanto, no se alcance la asignación eficiente.

El mecanismo de regulación vía asignación de precios es la más adecuada para alcanzar una asignación eficiente y lograr reducir la sobreexplotación de los acuíferos. Sin embargo, este tipo de medidas son políticamente muy complicadas, por lo que se antoja difícil que, en el corto plazo, se establezcan precios de eficiencia para el sector agrícola, bajo el argumento de darle competitividad al campo y con propósitos “redistributivos”. Además, los costos de implementación sería muy altos, ya que no se cuenta ni con personal ni con tecnología para llevar a cabo la administración del sistema.

### **4.3.-Instrumentos de comando y control**

Los instrumentos de comando y control, definidos por Field y Field (2009), son aquellos en que, con el propósito de lograr un comportamiento socialmente deseable, las autoridades simplemente dictan la conducta permisible en leyes o reglamentos. Después, simplemente la hacen cumplir a través de cualquier instrumento: policía, multas.

Obviamente el instrumento básico de las políticas de comando y control es el poder coercitivo de las autoridades que llevarán a cabo el cumplimiento de la norma. La explicación central tras estos instrumentos es simple, “si quieres que la gente no haga algo, simplemente emite una ley que lo haga ilegal y envía a las autoridades a hacerla cumplir” (Field, 2009).

De acuerdo con Revollo (2002), los instrumentos de comando y control más comunes son:

- **Estándares**
- **Permisos**
- **Licencias**

También podemos encontrar entre estos instrumentos las prohibiciones (temporales o permanentes).

Dentro de los estándares podemos encontrar las siguientes categorías (Field y Field, 2009):

- **Estándares ambientales:** Un límite cualitativo establecido sobre el ambiente. Puede ser, por ejemplo, una medida de calidad del aire o del agua, en un medio determinado.

- **Estándares de emisión:** Un límite cuantitativo que no puede excederse y que se mide directamente sobre la emisión de contaminantes de los agentes. Para efectos prácticos, los estándares de emisión actúan de la misma forma para limitar la extracción de recursos cuando el límite que se fija es para limitar el consumo de recursos naturales.
- **Estándares tecnológicos:** Este tipo de estándares obliga a los agentes a adoptar un tipo de tecnología en particular que asegure mayor eficiencia o limpieza.

Los instrumentos de comando y control pueden ser, en apariencia, simples y directos porque, aparentemente, establecen metas (o límites) claros, y apelan al sentido ético de los agentes (Field yField, 2009).

En cuanto al cumplimiento se tienen dos dimensiones, el monitoreo y el sistema de sanciones (Field y Field, 2009). Si todos los agentes conocen las sanciones correspondientes al violar la norma y la tasa de castigos es alta entonces, los agentes tenderán a cumplirla más.

En México se utilizan tres instrumentos que entran dentro de esta clasificación:

- **Concesiones:** Permisos otorgados por la Comisión Nacional del Agua que autorizan la extracción de un volumen determinado de agua por cierto periodo.

- Zonas de disponibilidad: Este es un sistema que entra dentro de la categoría de estándares de emisión (extracción). Al respecto la SEMARNAT<sup>30</sup> define disponibilidad como: “El volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas” (Chávez, 2004)
- Zonas de veda: Este instrumento es una prohibición de construir más pozos en los acuíferos declarados en veda.

Las dificultades para la efectividad de estas medidas son evidentes . Por ejemplo: “La normatividad permite a los usuarios hacer ellos mismos la declaración de los volúmenes consumidos” (Aguirre, 2004)<sup>31</sup>. Esto hace que no se tenga un registro certero de los volúmenes de agua consumidos por los usuarios.

Otra dificultad es la falta de un registro fidedigno de los usuarios de agua. De acuerdo con Piña et al (2007), de los 105 mil usuarios de la Tarifa 09, en 2005, 43% no contaba con una concesión, lo que hace difícil tener control. Incluso esto dificulta el cobro.

Para Shah et al (2004) “La mejora en la eficiencia (de riego), acompañada por una reducción en la capacidad de bombeo y la sustitución de cultivos por

---

<sup>30</sup> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

<sup>31</sup> Aguirre, Alma Alicia. “Mecanismos e instrumentos económicos de gestión del agua” en Graizbord, Boris et al. “El futuro del agua en México”. Colmex, U de G, UCLA, PROFMEX. 2004

unos de menor demanda de agua es la única forma real de reducir la extracción”. Podemos interpretar esta aseveración como la sugerencia de adopción de estándares tecnológicos y ambientales para la regulación de extracción.

Shah et al (2004) van más allá al sugerir:

- Restricciones a conexiones nuevas
- Topes de capacidad de amperaje (para la bombas)
- Reducciones de horas de suministro (de energía eléctrica)
- No permitir que los propietarios establezcan la capacidad de sus propios transformadores.

Al referirse a los títulos de concesión, los mismos autores afirman: “Todos los títulos de concesión para uso agrícola especifican que el usuario debe instalar un medidor de caudal y notificar el volumen a CONAGUA (...) tanto los usuarios, como CONAGUA admitieron que los volúmenes extraídos superan a los concesionados”. “La CONAGUA tiene poco personal y admite su incapacidad para hacer visitas de supervisión”

Indudablemente el sistema de concesiones requiere de un esfuerzo muy grande para llevar a cabo el monitoreo del volumen extraído. Necesita, también, de un padrón confiable que agrupe a todos los usuarios efectivos de agua lo que, con el presupuesto asignado a este organismo, es poco más que imposible.

Si analizamos los otros dos instrumentos la historia no es muy diferente. Aunque los 101 acuíferos sobreexplotados cuentan con disponibilidad

publicada en el Diario Oficial de la Federación y tienen, también, zonas de veda declaradas, sigue en aumento el número de pozos nuevos. Shah (2004) señala que ya que no existe una prohibición a conexiones eléctricas para bombeo nuevas, y éstas han ido en aumento. La prohibición (veda) no se respeta.

#### **4.4.-Instituciones de acción colectiva**

Hasta ahora hemos analizado instrumentos económicos que involucran al Estado o al mercado, todas ellas ampliamente estudiadas y puestas en práctica en todo el mundo. Sin embargo, es pertinente preguntarnos si las únicas alternativas pasan por el mercado o el control del Leviatán<sup>32</sup>.

Al analizar los recursos de uso común (RUC), “los analistas, con frecuencia, exigen la imposición de una solución por un actor externo (...) Un conjunto de defensores supone que una autoridad central debe asumir una responsabilidad continua para tomar decisiones unitarias sobre un recurso en particular. El otro supone que una autoridad central debe parcelar los derechos de propiedad sobre el recurso y permitir que los individuos persigan sus propios intereses dentro de un conjunto de derechos de propiedad bien definidos”(Ostrom, 2009).

“La teoría convencional (de los recursos de uso común) supone que los individuos que se enfrentan a un dilema, debido a las externalidades creadas por sus propias acciones, generarán estimaciones estrechas que los

---

<sup>32</sup> Como llamara Elinor Ostrom a la acción del Estado en su libro. Ostrom, Elinor. “El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva”.FCE. México. 2009

conducirán a dañarse a sí mismos y a otros sin encontrar formas de cooperación entre sí para evitar el problema”(Ostrom, 2009).

El análisis que inaugura los estudios sobre los efectos de los efectos de la maximización individual en el uso de recursos de acceso común es Garret Hardin, que en su artículo seminal de 1968, “The tragedy of the commons”, describe el único resultado trágico de un juego no cooperativo entre agentes que comparten un pastizal y que tratan de maximizar sus ganancias induciendo el sobrepastoreo. El artículo trata de llamar la atención sobre el problema de la sobrepoblación en un tono malthusiano,. Sin embargo, llama la atención sobre un problema no estudiado por la economía antes, y es sobre las externalidades que se originan al explotar un recurso de uso común como si fuera un bien privado.

Al respecto existen opiniones divididas, Ostrom (2009) y Williamson (2004) aseguran la existencia de una alternativa diferente al mercado o al Estado en que los agentes cooperarán y se obtendrá un resultado eficiente en el sentido de Pareto. Existen otros autores, por ejemplo Stiglitz (2000), que son más escépticos al respecto: “ Si los argumentos (a la solución privada de externalidades) según los cuales los mercados privados pueden internalizar las externalidades son correctos, ¿es necesario que el Estado haga algo más que definir con claridad los derechos de propiedad? Y si estos argumentos son correctos, ¿por qué los acuerdos de cooperación privados no han sido capaces de resolver tantas externalidades?” Y va más allá al decir: “Los problemas de la búsqueda voluntaria de una solución eficiente son aún mayores si la información es imperfecta”(Stiglitz, 2000).



Al respecto Stiglitz (2000) detalla cuatro puntos por lo que la solución privada de externalidades podría fallar:

- Problema de polizón (free-rider)
- Problemas de información
- Costos de transacción
- Problemas adicionales de los litigios (incertidumbre sobre los resultados, diferencia de acceso).

Al respecto, Ostrom (2009) responde que “los individuos cooperarán entre sí para apropiarse de los recursos comunes” si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cuando no se permite a los usuarios de un recurso comunicarse, tendrán a sobreexplotarlo a un nivel agregado que se acerca al nivel previsto por la teoría convencional (e.g. Tragedy of the Commons).
- Cuando se permite a los usuarios comunicarse, obtienen beneficios conjuntos sustancialmente mayores.
- Cuando los pagos son relativamente bajos, la comunicación cara a cara permite a los usuarios alcanzar y mantener acuerdos cercanos a los niveles óptimos.
- Cuando los pagos son más altos, algunos participantes están tentados a incumplir los acuerdos.
- Si se ofrece la oportunidad de participar en monitoreo costoso y en la aplicación de sanciones, los usuarios están dispuestos a pagar para castigar a quienes sobreutilicen el recurso común.

- Cuando los usuarios discuten y acuerdan abiertamente sus propios niveles de uso y sus sistemas de sanciones, el incumplimiento se mantiene bajo y se obtienen resultados cercanos a los óptimos.

Sobre esta base descansan los esfuerzos realizados en México y California para la gestión de los recursos hídricos subterráneos, los cuales analizaremos a continuación.

#### **4.4.1.-Comités Técnicos de Aguas Subterránea (COTAS)**

De acuerdo con Ley de Aguas Nacionales, uno de los instrumentos de básicos de la política hídrica nacional es la participación de las organizaciones de usuarios. En este marco es que se crean en 1992, con la promulgación de la nueva Ley de Aguas Nacionales, los Comités de Aguas Subterráneas (COTAS).

“Para contribuir a la vigilancia y control de la explotación de los mantos subterráneos de agua, se contempla la creación y desarrollo de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas “COTAS”, definidos como organizaciones auxiliares de los Consejos de Cuenca, formadas esencialmente de usuarios de las aguas subterráneas de cada acuífero, por representantes de la sociedad organizada y por representantes gubernamentales, quienes participan con fines sólo de asistencia técnica y asesoramiento”(CONAGUA, 2010).

De acuerdo con el mismo organismo, los COTAS tienen como objetivo principal la estabilización, recuperación y preservación de los acuíferos sobreexplotados y prevenir la sobreexplotación de aquellos que aún no se encuentran comprometidos (CONAGUA, 2010).

Estos organismos son constituidos en una región territorial determinada, que puede cubrir uno o más acuíferos y que cuenta con representación de todos los usuarios de agua, con representantes libremente elegidos en asamblea especialmente conformada para tal objeto.

De los 101 acuíferos sobre explotados, sólo 38 cuentan con un Comité Técnico de Agua Subterránea establecido. La lista completa se presenta en el anexo II.

En una evaluación al sistema de administración a través de los COTAS en Guanajuato, Foster et al (2004) afirman que “En la fase inicial, el objetivo principal de los COTAS fue esencialmente crear consenso para realizar en el futuro una gestión integrada de los recursos hídricos y para aceptar las iniciativas de gestión de la demanda, y se ha puesto énfasis en:

- Mejorar la información sobre los usuarios de agua subterránea y establecer un diálogo con ellos.
- Proporcionar servicios a la comunidad de usuarios de agua subterránea.
- Apoyar campañas de comunicación pública sobre la importancia, la situación y las necesidades de gestión de agua subterránea.
- Facilitar el monitoreo sobre el uso y los niveles del agua subterránea.”

Aunque no se aventuran a realizar una evaluación cuantitativa de los resultados alcanzados desde la constitución de estos organismos, los autores dicen que no se podrá avanzar al respecto en tanto se les tome en cuenta de manera aislada y no se permita la injerencia en las decisiones sobre los volúmenes a explotar (Foster et al, 2004).

Sin duda se ha subestimado el poder que tiene la acción colectiva en el manejo de recursos naturales, y se ha sobreestimado la capacidad del Estado para mejorar la administración y la capacidad del mercado para mejorar la asignación. Hacen falta más esfuerzos colectivos de manejo de recursos, darle más autonomía y poder de decisión a los órganos para que puedan llevar más eficientemente la administración de sus recursos.

Por supuesto esto no debe significar la ausencia absoluta del Estado, quien sería el principal encargado de monitorear las actividades y, en su caso, dirimir los posibles conflictos resultantes. También estos organismos requerirán más democracia vigilada y sancionada.

#### **4.4.2.-La experiencia del sur de California**

Tradicionalmente el estado de California, en Estados Unidos, ha tenido una distribución del agua muy desigual. El Norte tiene grandes yacimientos y flujos de éste recurso, cuenta con un clima muy favorable que contribuye a que la disponibilidad de agua sea muy aceptable. El sur, por su parte, cuenta con un clima árido (muy parecido al clima del norte de México) además de una concentración poblacional mucho mayor que la de su contraparte del norte. Sin embargo, cuenta con yacimientos de agua subterránea.

Desde 1870 comenzó la explotación de los acuíferos en el sur de California con el establecimiento de los primeros pobladores de esta área de Estados Unidos. El desarrollo de pozos se intensificó desde 1909 a raíz de las constantes sequías que padecía la zona y la introducción de una nueva tecnología, la bomba de turbina para pozos profundos.

La calidad del agua continuó deteriorándose y en 1945 se comenzaron las acciones legales para controlar el uso de agua subterránea. Un año después, se conformó la Asociación de la Cuenca del Oeste (West Basin Association), la primera en su tipo y que tenía por objeto (1) proveer agua suplementaria a los productores más grandes, (2) limitar la extracción de agua subterránea y (3) proporcionar opciones de derecho de bombeo a aquellos que no tuvieron acceso a la oferta suplementaria.

El suministro de agua siempre ha sido una preocupación central en el estado de California, sobretodo en su zona sur. Prueba de ello es que es ahí donde se han puesto en práctica múltiples instrumentos de gestión de recursos hídricos, muchos de ellos innovadores, como el Banco de Agua para la sequía de 1991 (The 1991 Drought Water Bank) que, ante la perspectiva de una sequía prolongada, compró agua del norte de California, por adelantado, para enfrentar dicha situación.

Regresando a la situación de los recursos hídricos en el sur de California, y su arreglo institucional, de acuerdo con Ostrom (2009), el arreglo institucional, previo a las reformas emprendidas en materia de derechos de agua, conducía a un escenario crítico de sobreexplotación, por la competencia en el bombeo.

Los derechos de propiedad eran asignados de acuerdo a la propiedad de la tierra. Así, tenían dos tipos de usuarios. Por una parte, los propietarios que usaban el agua en sus propias tierras y, por otra, los que usaban esos derechos en otras tierras. “En una región donde el agua es escasa, el

derecho común no proporciona derechos firmes a un propietario de la tierra sobre el recurso del agua” (Ostrom, 2009).

Ya que este sistema de derechos llevaba a un equilibrio de Nash por la competencia de bombeo, desde 1944 se observó un deterioro en la cantidad y calidad del agua de los acuíferos del sur de California. Es en este contexto que los productores, preocupados por la decadente situación de sus recursos de agua, deciden reunirse y acordar que:

- “Que se creara una asociación permanente de todos los productores de agua interesados, a fin de seguir discutiendo los problemas comunes y las posibles acciones conjuntas.
- Que se llevara a cabo un estudio técnico de fuentes alternativas de agua para el área.
- Que los productores de agua consideraran iniciar acciones legales similares a las recientemente concluidas en la cuenca de Raymond, para reducir el bombeo total y racionar el abastecimientos limitado de agua en la Cuenca del Oeste entre todos los productores.” (Ostrom, 2009)

Es así como en 1945 se crea la Asociación de Agua de la Cuenca del Oeste (de la cual habíamos hablado anteriormente), un organismo encargado obtener, discutir y difundir la mejor información técnica disponible sobre la Cuenca del Oeste. Después de su fundación siguieron el ejemplo varios productores de otras cuencas como la Cuenca del Valle Central. Surgieron muchos problemas entre los productores de distintas cuencas ya que, al encontrarse en un juego no cooperativo, el resultado de explotación era el

mismo que cuando las cuencas estaban desorganizadas. Estos conflictos fueron resueltos en los tribunales, a través de litigios. “Las asociaciones voluntarias proporcionan un mecanismo para compartir costos, y el estado de California ofreció condiciones que redujeron el nivel de estos costos. Mantener un sistema legal en el que los individuos tienen la capacidad de iniciar litigios a fin de desarrollar derechos firmes y transferibles a una cantidad definida es una de las contribuciones de este sistema” (Ostrom, 2009).

A pesar de que “en la mayor parte del sur de California han resuelto (los productores) sus conflictos en torno al abastecimiento limitado de agua, protegiendo las cuencas subterráneas en contra de las condiciones continuas de sobreexplotación, esa experiencia no ha sido universal” (Ostrom, 2009).

Los mantos acuíferos localizados en el condado de San Bernardino continúan en estado de sobreexplotación a pesar de los esfuerzos realizados. Sin embargo, una de las fallas es la consideración de la organización de manera regional y no a manera de cuenca, esto es, la organización agrupa a todos los productores de la región de San Bernardino e ignora las diferencias entre cuencas, cayendo en uno de los viejos vicios del arreglo institucional anterior (Ostrom, 2009).

El sistema empleado en el sur de California en el que las instituciones de acción colectiva tienen una participación muy activa en la resolución de conflictos generados por la explotación de los mantos acuíferos y los resultados obtenidos son un buen indicio para considerar esta clase de arreglos institucionales en la nueva gestión de los recursos hídricos.

## **V.-CONCLUSIONES**

A lo largo de cuatro capítulos hemos esbozado un análisis sobre la situación actual de los recursos hídricos subterráneos en México desde la perspectiva de la Economía Ambiental.

Para ello nos hemos valido de herramientas de análisis económico para estudiar el problema y las posibles soluciones (todas ellas ya puestas en práctica en México).

No existen soluciones absolutas y verdaderas para todo espacio y tiempo. Por lo general, pretender aplicar una panacea asegura un fracaso en la resolución del problema que se desea atender (Ostrom, 2007).

Indudablemente se presentan problemas de crecimiento económico por agotamiento de recursos naturales, tal y como fue señalado en la justificación.

Sin duda alguna el agua es el recurso natural más valioso. No hay proceso productivo en la tierra que no involucre directa o indirectamente el uso de ésta. También es indispensable para la vida en la Tierra y para la regulación de ciclos importantísimos de ésta.

Recordemos que el 97.5% del agua total del planeta no está disponible para consumo humano. Esto hace que llevemos el análisis de todos los instrumentos conocidos por el hombre hacia la resolución de este problema creciente.

En México, la distribución desigual del agua, debido a la geografía, ha provocado el rápido desarrollo y sobreexplotación del complejo sistema de



reserva de agua subterránea. Esta situación se concentra en el norte y centro del país donde, en algunos casos, el grado de estrés sobre el recurso llega a ser de casi el 200% (CONAGUA, 2010).

Es en este marco llevamos a cabo el análisis de un subsidio otorgado a los productores agrícolas que hace más barata la extracción de agua subterránea. La Tarifa 09 representa un esfuerzo económico (y político) del Estado por nivelar los niveles de competitividad de los productos agrícolas en el mercado internacional. Este subsidio no ha sido eficaz y ha provocado una distorsión en el precio de agua que tiene como resultado la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

No ha sido objeto de esta investigación el estudio de los efectos redistributivos de este ni de ningún otro subsidio al campo, sin embargo, es importante señalar que sería de suma importancia el estudio de los resultados redistributivos obtenidos con las transferencias a la producción del campo. En este trabajo el único resultado que fue tomado en cuenta fue el de la ineficiencia creada en la asignación de los recursos hídricos. Al respecto hayamos que la decisión de los productores en cuanto a la cantidad de agua utilizada en sus cultivos se encuentra condicionada a las señales (distorsionadas por el subsidio) que envía el costo de los factores productivos (principalmente el agua).

El marco legal vigente permite la aplicación de varios instrumentos de distinta índole. Por ejemplo, los instrumentos económicos, que van desde la reingeniería del subsidio, la creación de mercados de derechos hasta la fijación de precios de agua para el sector agrícola, por lo que es justo

suponer que la regulación no se ha dado por otros motivos que escapan los económicos o legales.

De todos los instrumentos económicos el único que atañe directamente al subsidio Tarifa 09 es la reingeniería. Al respecto Muñoz et al (2007) ofrecen distintas formas de aplicación de esta medida. Esta medida es quizás la más importante en materia de gestión de los acuíferos sobreexplotados. Sin embargo, es políticamente complicada.

La creación de un mercado de derechos eficiente, por otro lado, exige un marco regulatorio muy bien definido y la participación activa de los agentes involucrados. Un mercado sin reglas bien establecidas e instituciones que vigilen su cumplimiento difícilmente podrá convertirse en el instrumento adecuado para resolver el problema de la sobreexplotación. Además, el hecho de existir costos de transacción muy elevados resta eficiencia a esta medida.

No debe perderse de vista que el instrumento económico por excelencia son los precios. La fijación de precios permitiría al sistema ajustarse de acuerdo a la oferta y a la demanda de agua, enviraría señales de valor y escasez que los agentes utilizarían para tomar decisiones. Sin embargo, este instrumento también es políticamente complicado. El hecho de existir tarifas diferenciadas para los distintos sectores complica la aplicación de esta medida ya que permite el arbitraje.

La forma en que los precios pueden ser cobrados representa otro dilema que resolver. Algunas opciones ofrecen una mayor eficiencia, otras mayor equidad, otras una administración más eficiente. El método a elegir

representará, en gran medida, el éxito futuro de la aplicación de este instrumento.

Los instrumentos de comando y control representan el otro extremo del paradigma ortodoxo de la regulación de la explotación de los recursos naturales. Los defensores de estas medidas argumentan que es el Estado quien debe tomar el control sobre los recursos naturales y decidir cuál es el nivel socialmente aceptable para su explotación.

Los instrumentos que utiliza el Estado mexicano, que entran dentro de esta categoría son: las concesiones, las zonas de veda y las declaraciones de zonas de disponibilidad. De acuerdo con Shah et al (2004), estas medidas han sido muy ineficientes. En principio, porque no cuentan con recursos suficientes para tener una vigilancia cercana que garantice su cumplimiento.

En el norte de México, el número de pozos sigue en aumento, haciendo evidente la incapacidad de la Comisión Nacional del Agua para hacer cumplir sus disposiciones en cuanto a las zonas de veda y las declaraciones de disponibilidad.

El sistema de concesiones es una medida de control que resulta fundamental para llevar un registro sistemático de los usuarios de agua y de los usos que se le da a éste recurso. Sin embargo, debido a la falta de recursos, la CONAGUA no cuenta con un registro confiable al respecto. Tal y como decía Muñoz et al (2007), 43% de los usuarios de la Tarifa 09 no contaba con una concesión y aún así disfrutaba del subsidio.

Estos instrumentos pueden ser una buena opción siempre y cuando se cuente con el aparato coercitivo adecuado para llevar a cabo una vigilancia estricta en el cumplimiento de las medidas, adoptadas unilateralmente por la autoridad central.

Por último, tenemos a las instituciones de acción colectiva. Este sistema rompe los dogmas tradicionales de la regulación, es decir el Estado y el mercado, e introduce una nueva dimensión al estudio de la gestión de recursos de uso común. El potencial de estas instituciones radica en que la solución es endógena, es decir, nace del seno mismo de los involucrados en el problema.

Durante mucho tiempo se subestimó la capacidad de estas instituciones como verdaderos reguladores. Sin embargo, la experiencia internacional dicta que son una herramienta muy valiosa para coadyuvar en la correcta administración de los recursos de acceso común.

Indudablemente es necesario que los usuarios, los gobierno y el mercado sean parte de una solución integral a los problemas de sobreexplotación hídrica. No podemos pensar en una solución única que resuelva de tajo los problemas que han sido acarreados de décadas atrás-

Lo que es incuestionable es que hemos llegado a una crisis ambiental mundial que debe resolverse de manera inmediata, y que no puede esperar a que se conjuguen las voluntades políticas, económicas y sociales para llegar a una solución. Es ahora cuando la sociedad civil debe llegar a acuerdos que contengan, en sí mismos, las soluciones a los problemas de mitigación y

adaptación a los cambios ambientales que irremediablemente sufrirá nuestro planeta y, por consiguiente, nuestra forma de vida.

Este trabajo es una humilde aportación al estudio del problema de los recursos acuáticos subterráneos en México, y espera ser una contribución valiosa a la solución de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Angeles Sevilla, Alejandro.(2004) **La sobre explotación de mantos acuíferos en México :efectos económicos y a la salud**. Intituto de investigación económica y social Lucas Alamán. México.
- AQUASTAT. FAO  
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/mexico/indexesp.stm>  
consultado el 11 de Agosto de 2010.
- (2005)**California Water Strategic Plan**. Chapter 4. California.
- Aguilar, Ana Mónica y Canizales, Rogelio.(2009) **Reporte Económico de Administración de agua**. CONAGUA. Primer trimestre de 2009.
- Aguirre, Alma Alicia.(2004) “**Mecanismos e instrumentos económicos de gestión del agua**” en Graizbord, Boris et al. “**El futuro del agua en México**”. Colmex, U de G, UCLA, PROFMEX.
- Bauer, Carl(1997).**Bringing water markets down to the Earth: The Political Economy of Water Rights in Chile, 1976-95**. World Development, Vol. 25, No. 5, pp. 639-656
- Carabias, Julia et al.(2005)**Agua, medio ambiente y sociedad : hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México**. Ed. UNAM. México.
- Chávez, Adolfo.(2004)**La explotación racional de las aguas subterráneas: comentarios sobre la situación actual**. en Tortajada, Cecilia et al. **Hacia una gestión integral del agua en México: Retos y alternativas**. Porrúa. México
- Cisneros, Jorge.(2005) **Comparative Analysis of the Water Sector-Related Policies : exploration o Impacts on Water Productivity**. World Bank Mexico.
- Constantino Toto, Roberto M.(2006) **Agua :seguridad nacional e instituciones : conflictos y riesgos para el diseño de las**

**políticas**. México.

- Dinar, Ariel. Saleth, Maria.(2004) **Institutional Economics of water**. USA
- Dinar, Ariel.(2000) **The Political economy of water pricing reform**. World Bank. University of Oxford. USA.
- Field Barry, Field Martha.(2009)**Environmental Economics. An Introduction. 5th edition**.Pearson. USA.
- Foster, Stephen et al.(2004) **México- Los COTAS. Avances en la gestión participativa del agua subterránea en Guanajuato**.World Bank.
- Foster, Stephen(1999).**Essential Concepts for Groundwater regulators**. en Salman, M.C. Groundwater. Legal and policy prospectives.World Bank. November 1999
- Hardin, G.(1968) **The tragedy of the commons**. Science, 162(1968):1243-1248.
- Komives, Kristin et al.(2006) **Agua, electricidad y pobreza : ¿quién se beneficia de los subsidios a los servicios públicos?**. World Bank. Bogotá Colombia.
- KRAUTKRAEMER, Jeffrey.(1998) **Non-renewable resource scarcity**. Journal of Economic Literature  
Vol. XXXVI (December 1998), pp. 2065-2107
- Krueger, Anne (1974). **The Political Economy of the Rent Seeking society**. *The American Economic Review*  
Vol. 64, No. 3 (Jun., 1974), pp. 291-303
- Lewin Paul (2003). **Análisis de la eficiencia del mercado de derechos de aprovechamientos de aguas en Chile**. Documentos de trabajo.
- Magrat, Jean et al .(1999) **Concept and importance of non-renewable resources**. En Foster, Stephen, et al. Non-Renewable groundwater resources.UNESCO
- Melgarejo Moreno, Joaquín, coord.(2005) **Los Mercados del agua**. Madrid.
- Meng, Joyce. (2008) **Water subsidies design: implications**

**and consequences.** Octubre 2008.

- Migué, Jean-Luc. Marceu, Richard.(1993) **Pollution Taxes, Subsidies, and Rent Seeking.** The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economique, Vol. 26, No. 2 (May, 1993), pp. 355-365
- Muñoz Piña, Carlos, et al (2007). **Análisis al subsidio a la Tarifa 09.** INE. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental.
- Murayama, Ciro.(2006) **El agua en números.** Periódico La Crónica de hoy. 17 de Marzo.
- OECD.(1997) **The price of water, experience in OECD countries.**
- Ostrom, Elinor et al (1997). **Going beyond panaceas.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Vol. 104, No. 39 (Sep. 25, 2007), pp. 15176-15178
- Ostrom, Elinor.(2009) **El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva.** FCE. México
- Ostrom, Vincent (1962). **The political economy of water development.** The American Economic Review, Vol. 52, No. 2, Papers and Proceedings of the Seventy -Fourth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1962), pp. 450-458
- Ravallion, Martin .**The mystery of the vanishing benefits: An introduction to impact evaluation** .*The World Bank Economic Review*; 2001; 15, 1; ABI/INFORM Global pg. 115.
- Revollo, Daniel (2002). **Internalización de las externalidades por contaminación ambiental a través de instrumentos basados en el mercado: Aplicación de un impuesto sobre descargas industriales hídricas en el río Choqueyapu.** Tesis de Licenciatura. Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Roberto I. Escalante Semerena, Aroche Reyes, Fidel. (2003)



**Instrumentos económicos para la gestión ambiental : el caso de los aceites lubricantes usados en Mexico.**

- Romer, David. (2009) **Macroeconomía Avanzada.** McGraw Hill.
- Salaman, M.C. (1999) **Groundwater. Legal and policy prospectives.**World Bank. November
- Saldívar, Américo.(2007) **Las aguas de la ira: economía y cultura del agua en México. ¿Sustentabilidad o gratuidad?.**UNAM. México
- Samuelson, Paul y William Nordhaus, (1999), **Economía,** McGraw-Hill Interamericana.
- Shah, Tushaar et al. (2004) **La fijación de precios y el suministro de energía para el manejo de la demanda de agua subterránea: enseñanzas de la agricultura Mexicana.** en Tortajada, Cecilia et al. **Hacia una gestión integral del agua en México: Retos y alternativas.** Porrúa. México.
- Shah, Tushaar. (2004) **Governing the groundwater economy: comparative análisis of national institutions and policies in South Asia, China and Mexico.** En: Ballabh. **The Governance of Water.** Routledge. UK.
- Simpson, Larry. Ringskog, Klas. (1997) **Water Markets in the Americas.**World Bank.
- Stiglitz, Joseph.(2004) **La economía del sector público. 3ª Edición.** Antoni Bosch. España.
- Subramanian, Asok y Dinar, Ariel (1997). **Water pricing experiencias. An International perspective.** World Bank Technical paper no. 386. WB. October 1997.
- **The 1991 Drought Water Bank.** Department of Water Resources. California.
- Tortajada, Cecilia, editor.(2004) **Precio del agua y participación pública-privada en el sector hidráulico.** Ed. Porrúa. México.
- Tsur y Dinar (1997). **The Relative Efficiency and**

**Implementation Costs of Alternative Methods for Pricing Irrigation Water.** The World Bank Economic Review. Mayo 1997. Volumen 11. Número 2.

- Varian, Hal.(2006) **Microeconomía intermedia.7ª edición.** Antoni Bosch. España
- Vlachou, Andriana et al.(2010) **Climate change: The Kyoto political economy of Kyoto flexible mechanism.** Review of Radical Political Economics. Volume 42, Number 1. Winter 2010.
- Williamson, Oliver.(2004) **The economics of governance.** Berkeley.

**ANEXO I.- LISTADO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS 101 ACUÍFEROS  
SOBREEXPLOTADOS**

<b>ACUÍFERO</b>	<b>EXTRACCIÓN hm3/año</b>	<b>RECARGA hm3/año</b>	<b>RELACIÓN EXTRACCIÓN / RECARGA</b>	<b>CONDICIÓN GEOHIDROLÓGICA</b>
MEOQUI-DELICIAS	329.2	211.2	1.559	SOBREEXPLOTADO
LA PAILA	40.9	14.7	2.785	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE MEXICALI	602.0	520.5	1.157	SOBREEXPLOTADO
LOS PLANES	11.0	9.4	1.170	SOBREEXPLOTADO
SONOYTA- PUERTO PEÑASCO	46.3	41.4	1.118	SOBREEXPLOTADO
MESA DEL SERI- LA VICTORIA	120.0	73.0	1.644	SOBREEXPLOTADO
CAMPO MINA	35.2	24.0	1.467	SOBREEXPLOTADO
NAVIDAD-POTOSI- RAICES	144.3	98.0	1.472	SOBREEXPLOTADO
JARAL DE BERRIOS-VILLA DE REYES	213.2	132.1	1.614	SOBREEXPLOTADO

ABREGO	22.2	20.0	1.112	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE IXTLAHUACAN	4.0	3.0	1.333	SOBREEXPLOTADO
VILLANUEVA	18.2	14.2	1.282	SOBREEXPLOTADO
OJOCALIENTE	80.0	56.6	1.413	SOBREEXPLOTADO
GUADALUPE DE LAS CORRIENTES	35.3	13.0	2.718	SOBREEXPLOTADO
PUERTO MADERO	18.5	8.9	2.083	SOBREEXPLOTADO
OJOS NEGROS	25.5	19.0	1.343	SOBREEXPLOTADO
MANEADERO	30.6	20.8	1.472	SOBREEXPLOTADO
SAN QUINTIN	24.4	19.0	1.284	SOBREEXPLOTADO
SANTO DOMINGO	314.0	188.0	1.670	SOBREEXPLOTADO
LOS CHIRRIONES	54.2	30.0	1.807	SOBREEXPLOTADO
BUSANI	20.0	15.5	1.290	SOBREEXPLOTADO
COSTA DE HERMOSILLO	430.4	250.0	1.722	SOBREEXPLOTADO
RIO SONORA	74.6	66.7	1.119	SOBREEXPLOTADO
RIO ZANJON	115.6	94.8	1.220	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE	117.4	100.0	1.174	SOBREEXPLOTADO

GUAYMAS				
SAN JOSE DE GUAYMAS	8.1	4.5	1.796	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE SANTIAGUILLO	60.0	50.7	1.183	SOBREEXPLOTADO
VALLE DEL GUADIANA	148.3	133.1	0.503	SOBREEXPLOTADO
TEPALCINGO- AXOCHIAPAN	66.6	43.8	1.521	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE TECAMACHALCO	279.0	157.1	1.776	SOBREEXPLOTADO
MONCLOVA	108.0	30.0	3.600	SOBREEXPLOTADO
SALTILLO-RAMOS ARIZPE	37.3	29.5	1.266	SOBREEXPLOTADO
REGION MANZANERA- ZAPALINAME	69.9	55.5	1.260	SOBREEXPLOTADO
ASCENSION	191.5	132.2	1.449	SOBREEXPLOTADO
BAJA BABICORA	134.1	90.6	1.480	SOBREEXPLOTADO
BUENAVENTURA	103.5	66.5	1.557	SOBREEXPLOTADO

CUAUHTEMOC	190.9	115.2	1.657	SOBREEXPLOTADO
CASAS GRANDES	200.5	180.0	1.114	SOBREEXPLOTADO
PRINCIPAL- REGION LAGUNERA	930.9	518.9	1.794	SOBREEXPLOTADO
EL BARRIL	53.0	31.6	1.677	SOBREEXPLOTADO
VILLA DE ARISTA	74.8	48.2	1.551	SOBREEXPLOTADO
SAN LUIS POTOSI	113.5	78.1	1.453	SOBREEXPLOTADO
BENITO JUAREZ	23.0	20.1	1.145	SOBREEXPLOTADO
AGUANAVAL	102.0	85.7	1.191	SOBREEXPLOTADO
CALERA	125.0	83.9	1.490	SOBREEXPLOTADO
CHUPADEROS	138.0	72.8	1.896	SOBREEXPLOTADO
LA BLANCA	29.5	20.5	1.439	SOBREEXPLOTADO
LORETO	81.4	52.5	1.550	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE AGUASCALIENTES	430.0	235.0	1.830	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE CHICALOTE	48.0	35.0	1.371	SOBREEXPLOTADO
EL LLANO	24.0	15.0	1.600	SOBREEXPLOTADO

VALLE DE CALVILLO	40.0	25.0	1.600	SOBREEXPLOTADO
LAGUNA SECA	398.0	128.5	3.097	SOBREEXPLOTADO
CUENCA ALTA DEL RIO LAJA	412.0	139.7	2.949	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE LEON	204.0	156.1	1.307	SOBREEXPLOTADO
RIO TURBIO	148.0	110.0	1.345	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE CELAYA	593.0	286.6	2.069	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE LA CUEVITA	8.5	5.9	1.441	SOBREEXPLOTADO
IRAPUATO-VALLE	583.2	522.2	1.117	SOBREEXPLOTADO
PENJAMO-ABASOLO	440.2	225.0	1.956	SOBREEXPLOTADO
CIENEGA PRIETA-MOROLEON	142.9	85.0	1.681	SOBREEXPLOTADO
LA BARCA	84.2	67.0	1.256	SOBREEXPLOTADO
ENCARNACION	72.6	63.0	1.152	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE TOLUCA	422.4	336.8	1.254	SOBREEXPLOTADO

IXTLAHUACA- ATLACOMULCO	208.0	119.0	1.748	SOBREEXPLOTADO
PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD	34.3	28.7	1.195	SOBREEXPLOTADO
BRISEÑAS- YURECUARO	144.8	114.0	1.270	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE QUERETARO	109.7	70.0	1.567	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE AMAZCALA	40.0	34.0	1.176	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE TULANCINGO	111.5	39.1	2.850	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE SAN JUAN DEL RIO	284.1	191.5	1.484	SOBREEXPLOTADO
ZONA METROPOLITANA DE LA CD. DE MEXICO	507.4	279.0	1.819	SOBREEXPLOTADO
CHALCO- AMECAMECA	128.4	74.0	1.735	SOBREEXPLOTADO
TEXCOCO	465.4	48.6	9.575	SOBREEXPLOTADO



CUAUTITLAN- PACHUCA	483.3	203.0	2.381	SOBREEXPLOTADO
SAN SIMON	23.3	14.0	1.664	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE SAN LUIS RIO COLORADO	153.0	100.0	1.530	SOBREEXPLOTADO
CABORCA	376.7	300.0	1.256	SOBREEXPLOTADO
SAHUARAL	81.3	70.0	1.162	SOBREEXPLOTADO
RIO BACOACHI	13.8	11.0	1.255	SOBREEXPLOTADO
EL SAUZ- ENCINILLAS	117.9	106.5	1.107	SOBREEXPLOTADO
FLORES MAGON- VILLA AHUMADA	333.7	295.6	1.129	SOBREEXPLOTADO
CHIHUAHUA- SACRAMENTO	124.8	65.8	1.897	SOBREEXPLOTADO
JIMENEZ- CAMARGO	580.6	405.0	1.434	SOBREEXPLOTADO
TABALAOPA- ALDAMA	65.6	55.1	1.191	SOBREEXPLOTADO
CEBALLOS	154.9	93.8	1.651	SOBREEXPLOTADO

ORIENTE				
AGUANAVAL	66.9	52.0	1.287	SOBREEXPLOTADO
VICENTE SUAREZ	63.0	13.0	4.846	SOBREEXPLOTADO
VANEGAS- CATORCE	17.6	13.6	1.294	SOBREEXPLOTADO
SALINAS DE HIDALGO	25.4	16.7	1.521	SOBREEXPLOTADO
CEDRAL- MATEHUALA	54.0	43.4	1.244	SOBREEXPLOTADO
VILLA HIDALGO	5.2	4.0	1.300	SOBREEXPLOTADO
MATEHUALA- HUIZACHE	37.0	31.6	1.171	SOBREEXPLOTADO
VENADERO	5.8	5.0	1.160	SOBREEXPLOTADO
DR. MORA-SAN JOSE ITURBIDE	58.0	32.0	1.813	SOBREEXPLOTADO
SAN MIGUEL DE ALLENDE	29.4	16.5	1.782	SOBREEXPLOTADO
SILAO-ROMITA	408.4	272.0	1.502	SOBREEXPLOTADO
LA MURALLA	32.0	29.0	1.103	SOBREEXPLOTADO
VALLE DE	190.0	160.2	1.186	SOBREEXPLOTADO

ACAMBARO				
SALVATIERRA- ACAMBARO	109.0	82.0	1.329	SOBREEXPLOTADO
MORELIA- QUERENDARO	318.0	225.6	1.410	SOBREEXPLOTADO

Fuente: Estadísticas del agua en México. CONAGUA 2010.

En este cuadro se pueden observar los 101 acuíferos sobreexplotados publicados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la condición de sobreexplotación se declara cuando la relación extracción-recarga es mayor o igual a 1.

## ANEXO II.- LISTADO DE ACUÍFEROS CON COTAS

Acuífero	Estado
ASCENSION	Chihuahua
BUENAVENTURA	Chihuahua
LA PAZ	Baja California Sur
MANEADERO	Baja California
CUAUHTEMOC	Chihuahua
JIMENEZ-CAMARGO	Chihuahua
BAJA BABICORA	Chihuahua
OJOS NEGROS	Baja California
AGUANAVAL	Zacatecas
ORIENTE AGUANAVAL	Coahuila
PRINCIPAL-REGION	
LAGUNERA	Coahuila
SAN QUINTIN	Baja California
SAN SIMON	Baja California
	Baja California
SANTO DOMINGO	Sur

MESA DEL SERI-LA  
VICTORIA Sonora

RIO ZANJON Sonora

VALLE DE AMAZCALA Guanajuato

EL BARRIL Zacatecas

SILAO-ROMITA Guanajuato

VALLE DE LA CUEVITA Guanajuato

RIO TURBIO Jalisco

PENJAMO-ABASOLO Guanajuato

VALLE DE LEON Jalisco

LAGUNA SECA Guanajuato

VALLE DE CELAYA Guanajuato

CIENEGA PRIETA-

MOROLEON Guanajuato

IRAPUATO-VALLE Guanajuato

SALVATIERRA-

ACAMBARO Guanajuato

VALLE DE  
QUERETARO Querétaro

VALLE DE SAN JUAN

DEL RIO

Querétaro

VALLE DE

TECAMACHALCO

Tlaxcala

VALLE DE

TULANCINGO

Hidalgo

VALLE DEL GUADIANA Durango

VALLE DE

SANTIAGUILLO

Durango

CEDRAL-MATEHUALA San Luis Potosí

CHUPADEROS

San Luis Potosí

VILLA DE ARISTA San Luis Potosí

CALERA

Zacatecas