

Capítulo 7. Situación actual del recurso agua

*José Luís González Barrios
Luc Descroix Jambon
Ignacio Sánchez Cohen*

Introducción

Ya desde el siglo XVI se documentaba al agua como el principal factor de los asentamientos humanos en el antiguo territorio de la Comarca Lagunera (Corona, 2005). La importancia de los ríos, arroyos y lagunas fue evidente para los primeros pobladores que asentaron sus comunidades cerca de los cauces y embalses naturales, mucho antes del panorama actual dominado por lagunas secas, canales de riego, extensas tierras de cultivo, presas y ciudades.

El agua sigue siendo un recurso muy importante para el desarrollo económico de la Comarca Lagunera, sin embargo, con el paso del tiempo, ese desarrollo ha generado recíprocamente una demanda hídrica cada vez mayor y la derrama económica de las actividades productivas no ha ayudado a ordenar el consumo de este recurso, cuyas reservas aun mal estimadas y poco seguras, parecen disminuir hasta agotarse. La elevada extracción de aguas subterráneas, por ejemplo, se ha mantenido durante los últimos sesenta años, provocando un abatimiento sostenido de casi 1.5 m por año y un deterioro gradual de la calidad del agua. Los escenarios futuros con un consumo hídrico igual, son insostenibles para esta región desértica que requiere urgentemente de un ordenamiento en el uso y manejo del agua.

Este capítulo presenta una aproximación del estado que guarda el recurso agua en la Comarca Lagunera y sus principales fuentes de abasto hídrico.

La Comarca Lagunera inmersa en la cuenca hidrológica Nazas-Aguanaval

La Comarca Lagunera es una importante región económica en el norte centro de México que abarca quince municipios (47,980 km²) de los estados de Coahuila y Durango, donde se generan abundantes bienes y servicios relacionados con la actividad agropecuaria e industrial. Sin embargo, la Comarca Lagunera forma parte de una región hidrológica natural más grande que esos quince municipios, la cual tiene una extensión total de 92,000 km² y está enclavada en los estados de Zacatecas, Coahuila y Durango (Figura 1). Esta región hidrológica llamada también Región hidrológica número 36 (RH36), está formada por las cuencas endorreicas de los ríos Nazas y Aguanaval, cuyas aguas bajaban libremente hacia las planicies de la Comarca Lagunera, antes de la construcción de las presas regionales y desembocaban antiguas lagunas de Tlahualilo, Mayrán y Viesca.

La Comarca lagunera se ubica en la parte mas baja de la inmensa región hidrológica Nazas-Aguanaval y debido a sus características de aridez climática y a su ubicación topográfica (entre 1000 y 1200 m de altitud), ningún desarrollo agrícola, urbano o industrial hubiera podido llevarse a cabo sin el dominio de su hidrología natural. La Comarca Lagunera es ante todo una zona receptora y transformadora del agua y de otros recursos que provienen de partes más altas y húmedas de su región hidrológica.

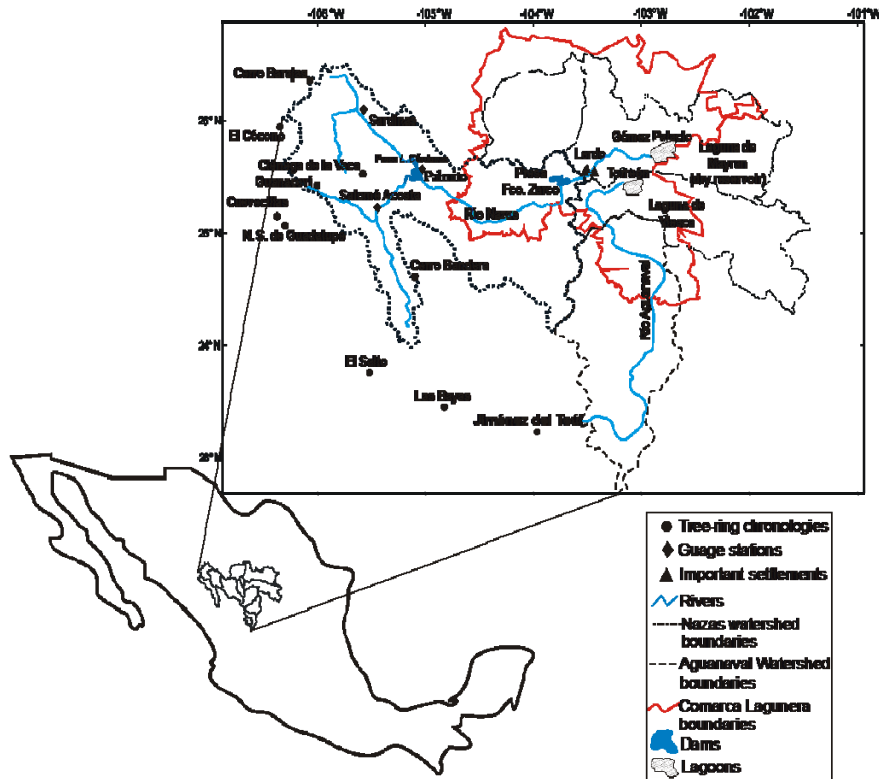
Actualmente, las abundantes aguas de escurrimiento superficial que bajan de la Sierra Madre Occidental (parte alta de la cuenca del río Nazas), son almacenadas principalmente en las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco y utilizadas en la agricultura del distrito de riego numero 017, ubicado en la Comarca Lagunera.

Un balance global de la cantidad de agua que se consume actualmente en la Comarca Lagunera arroja resultados deficitarios en relación a la cantidad de agua que recibe de las presas regionales. La cantidad de agua consumida por año es muy superior, desde hace más de 60 años, a la del agua renovable de lluvia almacenada por año (Rigal, 1988; CNA, 2000). Esto ha generado una fuerte presión en las reservas de agua subterránea, en particular para el acuífero principal de la Comarca Lagunera de donde se extrae una cantidad de agua mucho mayor de la que se recarga, para cubrir las necesidades hídricas de las actividades productivas, principalmente ligadas al riego agrícola. Esta situación no puede perdurar mucho tiempo ya que las reservas de agua subterránea se agotan (los gastos de los pozos disminuyen) y el costo de extracción es cada vez mas elevado.

Es urgente encontrar alternativas para reducir las necesidades de agua de los principales consumidores que son: la actividad agropecuaria (92%), el uso público urbano (6%) y la industria (2%). Esto va desde la

adopción de sistemas mas especializados para el uso y la transformación del agua hasta el cambio de actividad productiva.

Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera en la región hidrológica Nazas-Aguanaval



El balance deficitario de la Comarca Lagunera no es ajeno a la situación que presenta su principal zona de abasto: la parte alta de la Región Hidrológica 36. En ella se observa una degradación rápida de las grandes áreas de pastizal por efecto del sobre pastoreo excesivo (Viramontes, 1995; Viramontes y Descroix, 2000) y una pérdida de áreas boscosas por desmonte y tala masiva (Rodríguez, 1997; Descroix et al., 2004). Esa degradación del medio biofísico en la parte alta tiene graves repercusiones hidrológicas para la parte baja donde se ubica la Comarca Lagunera, lo cual agrava los problemas de hábitat de numerosas especies biológicas (Hernandez, 2007). Esta situación es parecida a lo que sucede en otras regiones similares de América Latina y de África (Leprun y Da Silveira, 1992; Ferrer et al., 1984; Pourrut y Nuñez, 1995; Bille, 1992; Sirculon, 1992; Faures, 1997).

El agua de lluvia como fuente de abasto

La pluviometría anual promedio de la región hidrológica Nazas-Aguanaval es de 360mm, lo cual es notoriamente insuficiente para una agricultura de temporal; sin embargo, ese promedio engloba áreas en donde las precipitaciones anuales son de 170mm (en las lagunas de Viesca y Mayrán, zonas de evaporación natural de las aguas de la cuenca endorreica) y otras áreas donde alcanzan 900mm (en el límite más elevado de la región hidrológica hacia el Océano Pacífico).

La variabilidad espacial que se observa en las lluvias se debe a las condiciones geográficas de la RH36; las más importantes son la distancia al Océano Pacífico y la altitud. La exposición y la vegetación son también importantes en esa repartición geográfica de las lluvias.

La distancia entre un punto de medición de la lluvia y el Océano Pacífico esta correlacionada negativamente con su pluviometría anual, ya que del océano llegan las masas de aire húmedo que aportan las lluvias a la RH36. Sin embargo, esas masas de aire se secan al pasar tierra adentro, sobre todo al atravesar la Sierra

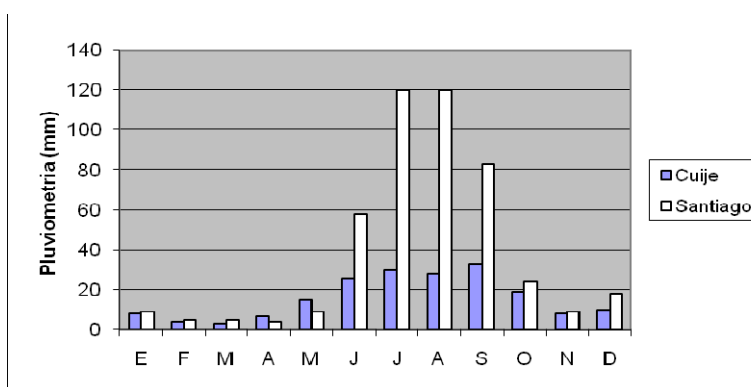
Madre Occidental. Así pues, la pluviometría anual disminuye en promedio 150mm por cada 100 km de alejamiento del litoral.

La altitud es otro factor que explica la repartición de las lluvias. Las masas de aire húmedo al elevarse para pasar la cadena montañosa, se enfrían por la altitud, lo cual provoca una condensación de la humedad y la precipitación. La altitud máxima de la Sierra Madre, en la parte alta, es de 3,300 m, pero no existe ningún paso a menos de 2,500 m: la cadena montañosa constituye pues un obstáculo importante para el paso de las masas de aire. En la RH36 el gradiente pluviométrico es de 30 mm por cada 100 m de altitud.

Variabilidad temporal de la lluvia

Se puede constatar una fuerte irregularidad temporal tanto de un año al otro (variabilidad interanual) como a lo largo del mismo año (variabilidad intra-anual). Por el hecho de la localización de la RH36 en latitudes subtropicales, el clima se sitúa bajo la influencia de los desplazamientos de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), La estación caliente es la estación de lluvias y los meses de mayo y abril son los más secos; casi 80 % de las precipitaciones caen de junio a septiembre (figura 2).

Figura 2 Pluviometría anual en Santiago Papasquiario (parte alta) y en el Cuije (parte baja)



En general se considera que la irregularidad interanual crece inversamente al total de las precipitaciones; es decir que es extrema en las zonas más secas. Esto se observa claramente en la región hidrológica Nazas-Aguanaval, donde la irregularidad es más elevada en su parte baja árida a nivel de la Comarca Lagunera.

Agua de escurrimiento superficial

Con una pluviometría promedio anual de 360mm en toda la RH36, el coeficiente de escurrimiento promedio tiene un rango de 0 a 2%. En la superficie de la región, se considera que en las áreas donde las precipitaciones anuales son inferiores a 350mm no se producen escurrimientos de superficie (Descroix y Nouvelot, 1997), lo cual hace que la mitad de la Región hidrológica, incluida toda el área de la Comarca Lagunera, no produzca ningún escurrimiento en un año promedio.

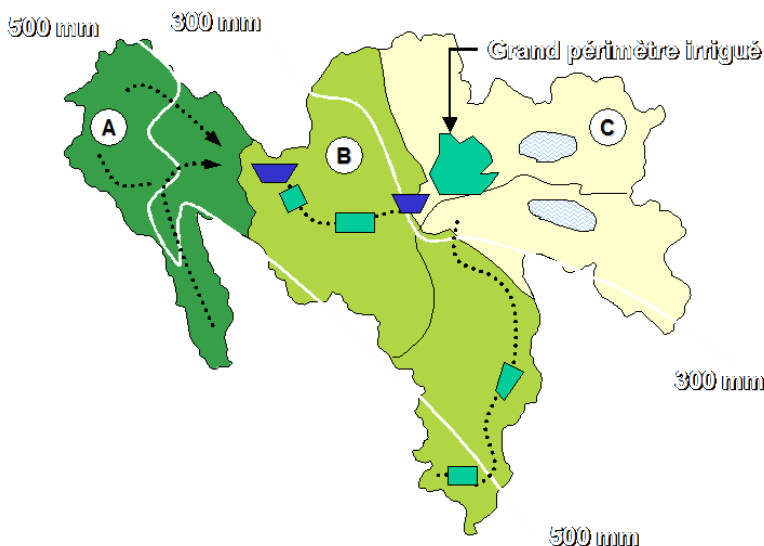
Las zonas de fuerte pluviometría tienen escurrimientos importantes. Arriba de 500mm de precipitación anual, se pueden alcanzar coeficientes de escurrimiento superiores a 5%; tal es el caso de las partes más elevadas de la región hidrológica (Sierra Madre Occidental), donde los coeficientes de escurrimiento sobrepasan el 15%. Entre esos dos extremos, la parte media semiárida tiene coeficientes de escurrimiento comprendidos entre 0 y 5% por año.

El río Nazas aporta 88% de las aguas de superficie que son utilizadas en el distrito de riego de la Comarca Lagunera; el resto proviene del río Aguanaval. Las aguas del Nazas provienen en su mayoría de la Sierra Madre Occidental, que no representa más que el 20% de la superficie de la RH36 (Descroix y Nouvelot, 1997).

La región hidrológica Nazas-Aguanaval puede ser dividida en tres grandes sub-regiones geo-climáticas (figura 3): la parte alta del Nazas, caracterizada por un clima sub-húmedo (con precipitaciones promedio anuales superiores a los 500mm y escurrimientos importantes); la parte semiárida de 300 a 500mm de precipitación promedio anual que comprende la cuenca media del Nazas y gran parte de la cuenca del Aguanaval (cuyas aguas son utilizadas localmente con presas y obras de derivación de crecidas); la parte baja,

árida (precipitación inferior a 300mm por año) donde no existe escurrimiento jerarquizado y que incluye el distrito de riego 017 de la Comarca Lagunera, principal consumidora del agua.

Figura 3. Sub-regiones geo-climáticas de la RH36



Los aportes a la presa Lázaro Cárdenas, situada a la salida de la cuenca alta del Nazas y que permite el abasto de agua de riego a la Comarca Lagunera son, en promedio, de 1,000 Hm³ por año, pero tienen una irregularidad muy grande a través de los años. El coeficiente de variación de esos aportes es bastante más elevado que el de las precipitaciones. Como ejemplo, se puede citar que en 1996 los aportes fueron siete veces más importantes que en 1995 y treinta veces superiores a los de 1994 (Nouvelot y Descroix, 1996).

Aguas subterráneas

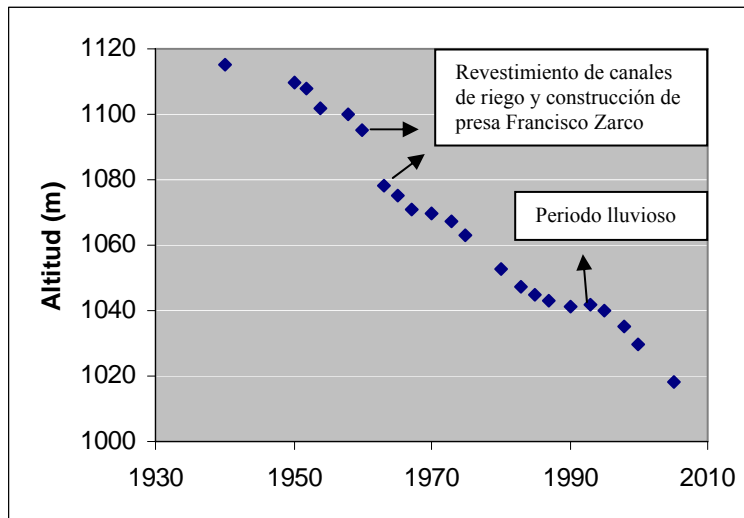
El potencial de aguas subterráneas en la Comarca Lagunera lo constituyen ocho acuíferos (Cuadro 1). La recarga estimada anual es de 830 Hm³ que representa apenas el 62% de las extracciones que se realizan para satisfacer los distintos usos. La mayoría de esos acuíferos están sobre-explotados (CNA 2002). Con una extracción anual promedio de 1010 Hm³, el acuífero principal de la Comarca Lagunera es objeto de una sobreexplotación intensa, tomando en cuenta que su recarga anual es de 519 Hm³. Esas aguas subterráneas representan la fuente de abasto más importante de agua potable, doméstica e industrial de la Comarca Lagunera (región que agrupa aproximadamente 1.5 millones de habitantes). Son también una fuente de agua complementaria indispensable para el riego.

Cuadro 1. Condición de los acuíferos en la Comarca Lagunera (de acuerdo a CNA, 2002 y Orona, 2006)

Acuífero	Numero de pozos	Recarga (Hm ³ /año)	Extracción (Hm ³ /año)	Condición geohidrológica
Principal	2350	518.9	1010.8	sobreexplotado
Ceballos	349	51.0	98.9	sobreexplotado
Oriente Aguanaval	313	46.9	66.9	sobreexplotado
Vicente Suárez	123	10.0	36.8	sobreexplotado
Villa Juárez	254	100.3	57.1	en equilibrio
Nazas	294	52.9	47.5	en equilibrio
Acatita	38	20.0	9.7	en equilibrio
Delicias	53	30.0	15.7	en equilibrio

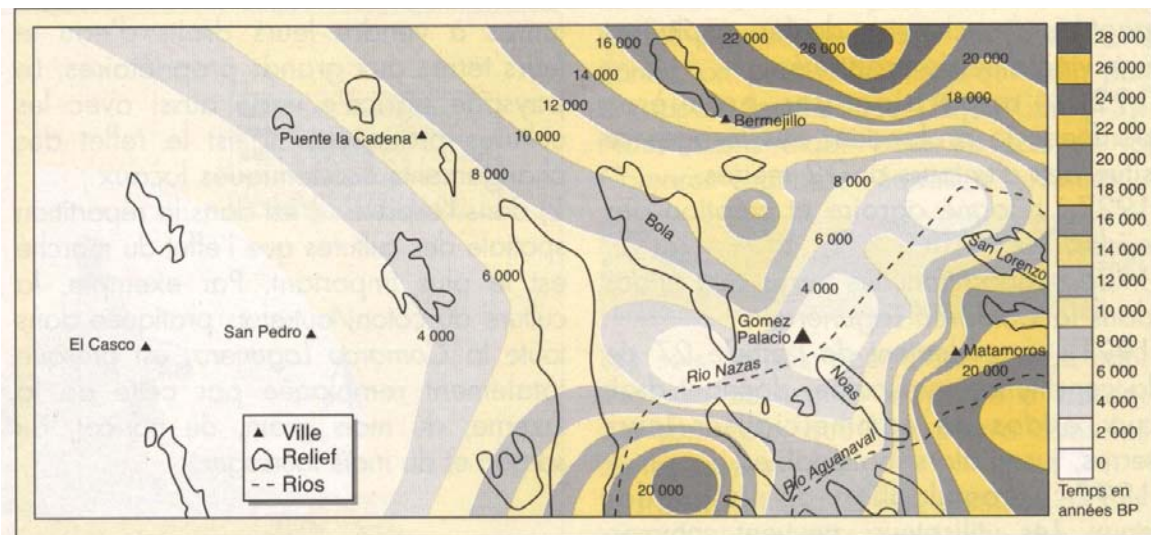
La figura 4 indica el abatimiento del acuífero principal que se ha observado desde mediados del siglo XX, con un valor promedio de 1.5 m por año aproximadamente. Se observan aumentos temporales del nivel a lo largo de los periodos más lluviosos, como el de 1968 y 1991, lo cual muestra la pronta respuesta del acuífero a la pluviometría. Esta respuesta es más fuerte en los pozos que están cerca del lecho del río Nazas, lo cual denota la importancia que tiene el lecho de este río en la recarga de los acuíferos (Gonzalez, 1992; Brouste, 1996; Brouste et al., 1997).

Figura 4 Abatimiento del acuífero principal en la Comarca Lagunera



De acuerdo a los estudios de datación isotópica realizados en la Comarca Lagunera (Brouste, 1996; Brouste et al., 1997), se pueden identificar tres grandes grupos de aguas subterráneas (figura 5): Las aguas recientes, de menos de 4000 años de residencia, se localizan en la zona de relieve del oeste de la Comarca Lagunera y también en su gran planicie cercana al lecho actual del río Nazas. Las aguas de edad intermedia (entre 4000 y 12000 años de antigüedad) que se encuentran al norte y al sur de las aguas más recientes, en la planicie. Las aguas antiguas con tiempos de estancia comprendidos entre 16000 y 30000 años, situadas en el extremo norte (municipios de Francisco I Madero, San Pedro y Tlahualilo) y en el sureste de la Comarca Lagunera (municipios de Matamoros y Viesca).

Figura 5 Edad del agua subterránea en la Comarca Lagunera (de acuerdo a Brouste, 1996).



Aguas residuales

Las aguas residuales domésticas urbanas e industriales representan un volumen importante a la escala de la Comarca Lagunera. Sin embargo ese volumen no puede ser reciclado porque no existe la infraestructura necesaria para darles tratamiento, por la dispersión espacial de los sitios donde se produce.

Las aguas residuales representan una fuente complementaria para la agricultura de riego. La zona conurbada de Comarca Lagunera produce aproximadamente 60 Hm³ por año de aguas residuales que podrían ser

utilizadas en el riego siempre y cuando recibieran un tratamiento fisicoquímico previo a su reuso, para evitar el riesgo sanitario (González y Loyer, 1995; González y Descroix, 2000).

Calidad del agua

Todos los grupos hidroquímicos clásicos del agua están presentes en la Región hidrológica Nazas-Aguanaval; los contenidos en minerales disueltos van de 25 a 16500 partes por millón y el pH de 6.3 a 9.2 (González Barrios, 1992; González Barrios, 1997).

Las aguas superficiales se caracterizan por un bajo contenido de minerales disueltos y son en general bicarbonatadas. De la parte alta a la baja de la cuenca del Nazas, las aguas de escurrimiento muestran un aumento en su contenido promedio de minerales disueltos: de 25 mg L⁻¹ en un afluente del Sextin en la parte alta, hasta 350 mg L⁻¹ en la presa San Fernando (situada 350 km aguas abajo). Este aumento en el contenido de minerales disueltos es producto del contacto entre el agua de escurrimiento y los diversos materiales geológicos y suelos que se encuentran en las vertientes; los escurrimientos mezclan todas las aguas al juntarse en la parte más baja localizada en la Comarca Lagunera.

Las aguas subterráneas presentan una variabilidad más importante, tanto en el contenido de minerales disueltos como en el tipo de familia hidroquímica. Un valor promedio no permitiría ver la gran variabilidad espacial de estas características fisicoquímicas que van de los 140 hasta los 16500 mg L⁻¹ en lo que respecta al contenido de sólidos totales disueltos. Sin embargo, la gran mayoría de las aguas subterráneas de la Comarca Lagunera están marcadas geoquímicamente por minerales como la Calcita y el Yeso, que han tenido contacto en tiempo suficientemente prolongado para saturarse de ellos.

En relación con la edad de las aguas subterráneas de la Comarca Lagunera se puede aludir que las aguas recientes o más jóvenes (entre 0 y 4,000 años) están ligadas con las aguas de lluvia y los escurrimientos superficiales recientes, cuyo contenido mineral es bajo; son de familia geoquímica carbonato-cálcica cuando están relacionadas directamente con las aguas de superficie, o de familia sulfato-cálcica cuando han sufrido una evolución geoquímica por contacto con aguas de edad intermedia. Las de edad intermedia (entre 4,000 y 12,000 años) muestran familias geoquímicas esencialmente sulfato-cálcicas debido al contacto con formaciones geológicas y edafológicas ricas en yeso. Las más antiguas (entre 16,000 y 30,000 años) son las más salinas y presentan una familia preponderante, la sulfato-sódica, como producto de un proceso de evolución geoquímica más lento y avanzado en el medio sedimentario profundo y antiguo donde, la disolución del yeso y el intercambio iónico con los materiales arcillosos han tomado mucha importancia.

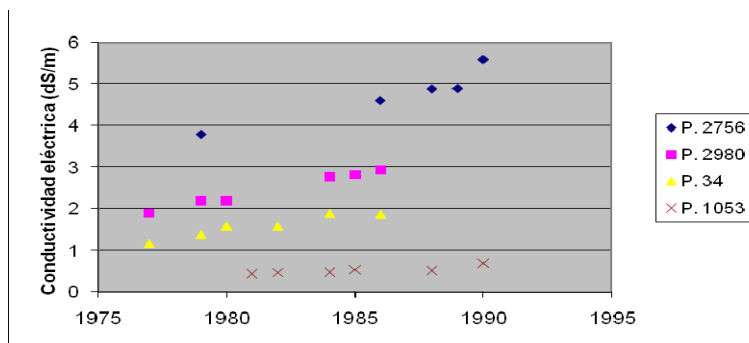
La calidad del agua subterránea en la Comarca Lagunera tiene además una tendencia dominante al aumento de su contenido en minerales disueltos (Figura 6). Esta tendencia evolutiva se puede asociar con la fuerte intensidad de extracción de agua que ha modificado el gradiente hidráulico subterráneo natural en los últimos sesenta años; este gradiente tiene una repercusión en relación con dos problemas de contaminación: el de las aguas dulces recientes (de donde se extrae el agua potable de la Comarca Lagunera) y las aguas antiguas de mala calidad, donde elementos traza y contaminantes como el arsénico, el cadmio y los nitratos, están presentes en concentraciones peligrosas para la salud humana; el otro problema es el de la contaminación de tierras agrícolas irrigadas con aguas salinas, cuyo potencial productivo se reduce año con año al recibir en promedio 7.6 toneladas de sales por hectárea anualmente (González, 1997; González et al., 2002).

Balance y futuro del agua

El balance anual de la cantidad de agua captada y consumida en la Comarca Lagunera puede resumirse en el cuadro 2. El déficit de agua anual es cubierto por las reservas de agua subterránea, que son fuentes de agua que pueden ser fósiles o nada renovables. Esto induce el abatimiento de acuíferos como el observado en el acuífero principal de la Comarca Lagunera. Sin embargo, el consumo de agua subterránea tiende a disminuir por el agotamiento de los pozos y por el costo de extracción que es cada vez mayor.

El crecimiento económico y demográfico de la Comarca Lagunera está provocando una mayor demanda de agua para las actividades económicas impulsadas en el sector terciario (servicios de fraccionamientos habitacionales y turismo, que son los que mayor valor agregado confieren al recurso hídrico. ¿Será esto último una etapa obligada de la reconversión productiva regional?

Figura 6 Aumento en el contenido de minerales de las aguas subterráneas de la Comarca Lagunera (ejemplo en cuatro pozos: 2756, 2980, 34 y 1053)



Cuadro 2. Balance de la cantidad de agua captada y consumida en la Comarca Lagunera

Captación	Hm ³ por año
Aguas superficiales	1200
Recarga de acuíferos	830
Subtotal	2030
Consumo	
Aguas superficiales	1200
Aguas subterráneas	1343
Subtotal	2543
Balance total (Captación – Consumo)	- 513 Déficit de agua

La población en la Zona conurbada de la Comarca Lagunera ha aumentado considerablemente en las últimas décadas: de 260,000 habitantes en 1960 a 840,000 en el año 2000 y actualmente cerca del millón y medio de habitantes, con un crecimiento poblacional anual de más de 4% en promedio. Numerosas industrias y negocios se instalan cada año en particular las industrias con facilidades arancelarias (maquiladoras), atraídas por los bajos costos de la mano de obra y la proximidad del mercado norteamericano. Habrá que vigilar de cerca la cantidad de agua consumida para no agravar la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Es igualmente primordial asegurar que no haya más contaminación del acuífero con productos usados en la agricultura, en la industria o por las descargas clandestinas que se hacen incluso en las principales áreas de recarga como el lecho del río Nazas.

Alternativas

Antes de la construcción de la presa Lázaro Cárdenas en 1946, ya existía una explotación intensa de las reservas de agua subterránea. La variabilidad de los aportes a la presa es muy fuerte a pesar de que provengan de la parte alta de la región hidrológica donde las lluvias son más constantes. La gran extensión de las áreas de riego y las sequías de las décadas de 1940 y 1950 aceleraron el abatimiento del acuífero.

A partir de ese momento, se ha pensado buscar volúmenes de agua complementarios en otras regiones hidrológicas vecinas para abastecer a la Comarca Lagunera, sin embargo, esas regiones también tienen un déficit en su balance hidrológico. La Comarca Lagunera utiliza la mayor parte de las aguas de escurrimiento superficial que se producen en la región hidrológica y las destina generalmente para el riego agrícola. Por esta razón los proyectos para importar agua de otros estados vecinos no son viables. En años recientes la Comisión Nacional del Agua (CNA), agencia encargada de la gestión del agua en México, analizó la posibilidad de realizar un túnel en la Sierra Madre Occidental para desviar las aguas de la vertiente oeste que drenan hacia el Océano Pacífico. Esta opción, a pesar de ser costosa es técnicamente posible ya que en esa vertiente occidental de la sierra llueve más de 1200mm por año y los coeficientes de escurrimiento son elevados; sin embargo, esa región hidrológica vecina también sufre periodos fuertes de sequía como los observados en

1994 y 1995, cuando las presas de sus valles bajos se vaciaron peligrosamente ocasionando pérdidas y zozobra para las poblaciones y usuarios que dependen de ellas. Así, la realización de ese proyecto de transvase hidrológico entre las dos regiones hidrológicas vecinas provocaría graves problemas ambientales a largo plazo y conflictos por el agua entre las dos regiones.

Otra alternativa es quizás la de inculcar una cultura de conservación del medio ambiente a largo plazo, como lo han hecho los habitantes de otras regiones similares del mundo: por ejemplo, la cuenca del Mar Mediterráneo (Floret et al., 1989); o en las sociedades hidráulicas del medio oriente o en el sureste asiático (Descroix et al., 2004).

Esas ideas y perspectivas son a considerar en el marco de la reforma a la Constitución mexicana, en donde los ejidos han desaparecido; sin embargo, no por ello se ha modificado el tipo de explotación de los suelos en las grandes zonas de pastizal; por el contrario, en los distritos de riego, la mayoría de los antiguos ejidatarios decidieron vender sus tierras y sus derechos de agua, permitiendo agrandar las explotaciones y las parcelas de los pequeños propietarios que son los que compran las tierras. En principio, esto podría conducir hacia una disminución del volumen de agua subterránea extraída. La reforma de la tenencia de la tierra condujo igualmente a revisar el precio del agua; los antiguos ejidatarios pagaban un precio simbólico hasta 1994; desde entonces el precio de venta ha repuntado, lo cual puede provocar una disminución en el consumo agrícola, al mismo tiempo que una optimización de su uso.

Las medidas a sugerir para evitar el alza en el consumo de agua en los años futuros son las siguientes:

1. Tecnificación del riego, con sistemas de riego por goteo, la fertirrigación y otras técnicas ya probadas experimentalmente en la Comarca Lagunera; su generalización podría permitir economizar 30% del volumen del agua utilizada.

2. Regreso a la producción diversificada; hoy día 80% de la superficie útil esta sembrada con forrajes como la alfalfa, el maíz y la avena, destinados a la alimentación del ganado lechero seleccionado y estabulado, lo cual, a pesar de los buenos rendimientos (mas de 30 litros por día por vaca) no es rentable en agua; ya que se requieren al menos 1000 litros de agua para producir un litro de leche (Jasso et al., 2005). La adopción de cultivos y de forrajes de invierno permitiría limitar la evaporación, de 30 a 40% en todo el año, pero con una ligera disminución de la calidad de los forrajes.

La adopción de esas medidas permitiría ahorrar mas agua a nivel agrícola, disminuyendo el bombeo de agua subterránea y a mediano plazo permitiría también disponer de la cantidad de agua necesaria para la industria y el desarrollo de los servicios urbanos. Habría que vigilar también el límite de consumo de las industrias y servicios que sean fuertes consumidores de agua. El tratado de libre comercio con América del Norte (TLCAN) ha conducido al gobierno mexicano a arreglar el problema del agua por la vía liberal; los usuarios privados han tenido más de una década para adaptarse al precio real del agua; son ellos en general los que tienen acceso a los capitales y cuentan con los medios para pagar el agua.

Conclusiones

Ya que no hay alternativas viables para aumentar el volumen de agua para consumo en la Comarca Lagunera, la única solución es hacer un uso mas eficiente del agua renovable (agua de lluvia) con que se cuenta en la región; esto sin tocar las reservas de agua subterránea cuya sobreexplotación actual provoca importantes problemas de calidad del agua.

Globalmente se tendría que reducir el consumo a un 40% del actual para poder reparar, a largo plazo, el desequilibrio hidrológico que se acumula desde hace aproximadamente sesenta años. Actualmente, los recursos hídricos renovables (agua superficial de la cuenca alta del Nazas) no alcanzan a cubrir la cantidad del agua que se consume en la Comarca Lagunera. Es imposible imaginar un escenario futuro viable para esta región sin pensar en la reducción efectiva del consumo de agua actual y en la reparación de su desequilibrio hidrológico.

En el medio agrícola, el más demandante, es urgente poner en práctica las técnicas de riego de precisión que permitan una economía del agua, manteniendo al mismo tiempo un nivel alto de producción. Otra opción también es promover los cultivos de invierno que consumen menos agua de riego y, en última instancia, la reconversión productiva del sector agrícola hacia otras actividades productivas menos demandantes de agua y que den mas valor agregado a este vital recurso.

El abasto de agua renovable depende de la Sierra Madre Occidental, en la parte alta de la región hidrológica, donde se lleva a cabo la mayor captación de aguas de lluvias para su almacenamiento en las presas y en los acuíferos regionales. Es pues muy importante proteger la vegetación y los suelos de la Sierra, que desde hace tres décadas son explotados de manera intensa, con un resultado perjudicial para sus vertientes que se degradan por la deforestación y el sobre pastoreo severos. Eso representa a mediano plazo menos agua renovable para la Comarca Lagunera y un riesgo de desertificación en el sentido de degradación de recursos naturales y pérdida de su diversidad biológica.

Es urgente tomar las medidas necesarias para contrarrestar la degradación del medio biofísico y disminuir el desequilibrio hidrológico en la Comarca Lagunera y toda gran su región hidrológica.

Fuentes de consulta

- Bille Jean-C. 1992. Tendances évolutives comparées des parcours d’Afrique de l’Ouest et Afrique de l’Est. In: “L’aridité, une contrainte au développement” Coll. Didactiques, ORSTOM éditions, Pp. 179-196.
- Brouste Laurent. 1996. Hydrochimie isotopique de la nappe phréatique de la Comarca Lagunera (Nord Mexique) Thèse Université Paris XI Orsay. 220 p.
- Brouste Laurent, Marlin Christine, Dever L., González Barrios José L. 1997. Hidroquímica y Geoquímica isotópica del manto freático de la Comarca lagunera (Norte de México). In: Memorias del 25 aniversario del CENID RASPA INIFAP SAGAR. Gómez Palacio Dgo. México Pp. 87-10.
- CNA. 2000. Programa hidráulico de gran visión 2001-2020 Región hidrológica Nazas-Aguanaval. Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte. Torreón Coahuila 49 p.
- CNA. 2002. El agua en la Comarca Lagunera. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte. Subgerencia de programación. Torreón Coahuila 20 p.
- Corona Páez Sergio A. 2005. La Comarca Lagunera, constructo cultural. Economía y fe en la configuración de una mentalidad multicentenaria. Ediciones de la Universidad Iberoamericana. Torreón Coahuila, México 153 p. ISBN: 968-5162-30-1.
- Descroix Luc y Nouvelot Jean François. 1997. Esguerrimiento y erosión en la Sierra Madre Occidental. Folleto científico No. 7, INIFAP/ORSTOM, Gómez Palacio, Dgo. 50 p.
- Descroix, Luc, González Barrios José L. y Estrada Avalos Juan, editores. 2004. La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Ediciones INIFAP-IRD, Gómez Palacio Durango, México, 2004, xiv +300 p. ISBN 968-800-584-3.
- Faurès Jean M. 1997 Evaluation régionale des ressources en eau au moyen d’un SIG: le cas du bassin du Niger. In : Actes de l’atelier “Télé-détection et ressources en eau” FAO, Montpellier Pp. 41
- Ferrer J. A., Mendia J., Irisarri H.-L. y Figueira H.-L. 1984. Degradación de los suelos en la alta cuenca del río Neuquén. Aplicación de la metodología de la FAO. Actas del seminario “Metodología regional del proceso de desertificación. Universidad nacional el Comahue Pp. 67-86.
- Floret Christian, Pontanier Roger et Souissi A. 1989. Optimisation de l’eau en zone aride méditerranéenne. In. Actas del seminario Mapimí, Orstom/Instituto de Ecología, Xalapa, México Pp. 273-284
- González Barrios José L. 1992. Eaux d’irrigation et salinité des sols en zone aride mexicaine: exemple dans la Comarca Lagunera. Tesis doctoral Université de Montpellier II, 315 p.
- González Barrios José L. 1997. El ensalitramiento por riego en la Comarca Lagunera. In: Memorias del 25 aniversario del CENID RASPA INIFAP SAGAR. Gómez Palacio Dgo. México Pp. 37-41.
- González Barrios José L. and Jean Y. Loyer .1995. Availability and quality of irrigation waters in arid lagunas of Northern Mexico. In. Transactions of the international symposium on salt affected ecosystem. ISSS-Univ. of Valencia Spain. Pp. 192-193.
- González Barrios José L. et Descroix Luc. 2000. Bilan et perspectives de la ressource en eau dans le bassin du Nazas-Aguanaval (Nord-Mexique). Géographie Alpine No. 2 Tome 88 Pp 115-129.

- González Barrios José L., Job Jean O., Ahlers Rhodante. 2002. Irrigation et salinisation des sols dans la partie basse aride du bassin Nazas-Aguanaval: le périmètre de la Comarca Lagunera (Nord-Mexique). *Science et Changements Planétaires* Vol.13 No.4 Pp 244-250.
- Hernández García, Lucina. 2007. Especies biológicas representativas de la Comarca Lagunera. Potencialidad y riesgos actuales. En: López, Alvaro y Sánchez, Alvaro (Editores). 2007. *Comarca Lagunera: procesos territoriales regionales en el contexto global*.
- Jasso Ibarra, Rodolfo., González Barrios José L., Estrada Avalos Juan, Sánchez Cohen Ignacio. 2005. Balance hidrológico en zonas áridas y sus repercusiones económicas. En: *Memorias de la XVII Semana Internacional de agronomía FAZ-UJED Gómez Palacio DGO. México*. Pp 1-8.
- Leprun Jean-C., et Da Silveira C.O. 1992. Analogies et particularités des sols et des eaux de deux régions semi-arides : le Sahel de l'Afrique de l'Ouest et le Nordeste Brésilien. In. *L'aridité une contrainte au développement*. Coll. Didactiques Orstom éditions Pp. 131-153.
- Nouvelot Jean François. et Descroix Luc. 1996. Aridité et sécheresse du Nord Mexique. *Trace* No. 30 Pp. 9-20.
- Orona Ignacio. 2006. Descripción funcional de la región hidrológica 36. *Memorias de Biodiversa Laguna ITESM. Torreón Coahuila*. 24 p.
- Pourrut Pierre y Nuñez R. 1995. Agua, ocupación del espacio y economía campesina en la región atacameña. Orstom/Universidad Católica del norte, Antofagasta Chile. 110 p.
- Rigal Guillemette. 1988. Etude du problème de l'irrigation dans une région agricole du centre nord Mexique. *Mémoire de fin d'études INAP-G Paris*. 100 p.
- Rodríguez María G. 1997. Determinación de la cobertura vegetal en la Sierra Madre Occidental para su calibración por percepción remota. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez del estado de Durango 57 p.
- Sirculon Jean. 1992. Caractéristiques des ressources en eau de surface en zones arides de l'Afrique de l'Ouest. Variabilité et évolution actuelle. In : *L'aridité une contrainte au développement*. Coll. Didactiques Orstom éditions. Pp. 53-68.
- Viramontes David. 1995. Caracterización de los suelos y la vegetación en la parte alta de la cuenca del Nazas. *Folleto científico No. 3 INIFAP/Orstom* 42 p.
- Viramontes David et Descroix Luc. 2000. Dégradation progressive du milieu et conséquences hydrologiques. Etude de cas dans la Sierra Madre Occidentale (Mexique) *Géographie Alpine* No. 2 Tome 88 Pp. 27-41.

Comarca Lagunera

Procesos regionales en el contexto global

**Álvaro López López
Álvaro Sánchez Crispín
(Coordinadores)**

**Instituto de Geografía
Dirección General de Asuntos del Personal Académico
Universidad Nacional Autónoma de México**

Índice

	Pág.
Presentación	
Introducción <i>Álvaro López López</i>	5
 <i>Primera parte: aspectos generales</i>	
Capítulo 1 Delimitación geográfica <i>Álvaro Sánchez Crispín</i>	9
Capítulo 2 Comparación geográfica <i>Enrique Propin Frejomil</i>	21
Capítulo 3 Historia Ambiental <i>Lilia Susana Padilla Sotelo</i> <i>Ana María Luna Moliner</i>	29
 <i>Segunda parte: medio físico</i>	
Capítulo 4 Paisajes geográficos <i>Josefina Gabriel Morales</i> <i>José Luis Pérez Damián</i>	45
Capítulo 5 Diagnóstico inicial del medio físico <i>Marta Concepción Cervantes Ramírez</i> <i>Angélica Margarita Franco González</i>	61
Capítulo 6 Dinámica atmosférica y climatología <i>Rebeca Granados Ramírez</i> <i>Gabriela Gómez Rodríguez</i>	75
Capítulo 7 Situación actual del recurso agua <i>José Luís González Barrios</i> <i>Luc Descroix Jambon</i> <i>Ignacio Sánchez Cohen</i>	85
Capítulo 8 Procesos de desertificación <i>Marisela Pando Moreno</i> <i>Enrique Jurado Ybarra</i>	95
Capítulo 9 Especies biológicas representativas: potencialidad y riesgos actuales <i>Lucina Hernández García</i>	107
Capítulo 10 Áreas naturales protegidas y desarrollo regional <i>Gerardo Jiménez González</i> <i>Celso M. Valencia Castro</i>	117

Tercera parte: población y urbanización

Capítulo 11	Dinámica espacial de la población <i>María del Carmen Juárez Gutiérrez</i>	131
Capítulo 12	Migración interna <i>Mariana Campos Sánchez</i> <i>Carmen Juárez Gutiérrez</i>	143
Capítulo 13	Expansión urbana <i>Lilia Susana Padilla Sotelo</i> <i>Alejandrina De Sicilia Muñoz</i>	155

Cuarta parte: actividad económica

Capítulo 14	Ganadería lechera: ¿un sector integrado? <i>Lilia Susana Padilla Sotelo</i> <i>Juan Sebastián Barrientos Padilla</i>	171
Capítulo 15	Minería y metalurgia <i>E. Eva Saavedra Silva</i> <i>Josefina Morales Ramírez</i>	181
Capítulo 16	Industria <i>Monique Parker Gorovich</i> <i>Carlos Portal Salas</i>	195
Capítulo 17	La experiencia maquiladora <i>Monique Parker Gorovich</i> <i>Josefina Morales Ramírez</i> <i>E. Eva Saavedra Silva</i>	211
Capítulo 18	Transporte <i>Oscar Reyes Pérez</i> <i>Valente Vázquez Solís</i>	227
Capítulo 19	Turismo <i>Valente Vázquez Solís</i>	237