

# Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Revista semestral del Departamento de Producción Agrícola y Animal  
de la UAM-X ISSN 1 665-1189



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

24

diciembre 2012



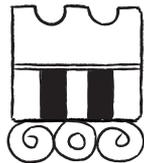
# **Sociedades Rurales**

**Producción y Medio Ambiente**



# Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

**Dr. Enrique Fernández Fassnacht**

Secretaria General

**Mtra. Iris Santacruz Fabila**

### UNIDAD XOCHIMILCO

Rector

**Dr. Salvador Vega y León**

Secretaria

**Dra. Patricia E. Alfaro Moctezuma**

### DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

**Dr. Fernando de León González**

Jefa del Depto. de Producción Agrícola y Animal

**Dra. Ana María Rosales Torres**

Director de la revista

**Adolfo Álvarez Macías**

#### Comité editorial

**Encarnación Aguilar Criado**, Universidad de Sevilla

**Benjamín Ortiz Espejel**, Universidad Iberoamericana,  
Campus Puebla

**Raquel Marbán Flores**, Universidad Complutense

**Luis Amado Ayala Pérez**, UAM-X

**Dan Badulescu**, British Columbia University, Canadá

**José Alfredo Cesín Vargas**, UAER, UNAM

**J. Charles Donato Rendón**, Universidad Nacional de Colombia

**Antonio Flores Macías**, UAM-X

**Rey Gutiérrez Tolentino**, UAM-X

**Germán Mendoza Martínez**, UAM-X

**Raúl Moreno M.**, Consultor Internacional Costa Rica

**Mario Noa Pérez**, Universidad de Guadalajara

**María Teresa Núñez Cardona**, UAM-X

**Guadalupe Prado Flores**, UAM-X

**Guillermo Téllez**, Universidad de Arkansas

**Jorge Ignacio Servín Martínez**, UAM-X

**Juan Ku Vera**, Universidad de Yucatán

Diseño y formación

**D. C. G. Mary Carmen Martínez Santana**

Corrección

**D. C. G. Amada Pérez**

### SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO

AMBIENTE. Año 2012, número 24, julio-diciembre de

2012, es una publicación semestral de la Universidad

Autónoma Metropolitana, a través de la Unidad

Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud,

Departamento de Producción Agrícola

y Animal. Prolongación Canal de Miramontes 3855,

Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Delegación Tlalpan,

C.P. 14387, México, D.F., y Calzada del Hueso 1100,

Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960,

México, D.F., Tel. 54837231 y 54837230. Página electrónica

de la revista: <http://srpma.xoc.uam.mx>

y dirección electrónica: [aalvarez@correo.xoc.uam.mx](mailto:aalvarez@correo.xoc.uam.mx)

Editor Responsable Adolfo Álvarez Macías.

Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo

del Título No. 04-2011-081214583100-203, ISSN en trámite,

ambos otorgados por el Instituto Nacional del

Derecho de Autor. Responsable de la última actualización

de este número: Mary Carmen Martínez Santana, asesor

externo, correo: [macma\\_577@hotmail.com](mailto:macma_577@hotmail.com),

fecha de última modificación: 6 de mayo de 2013.

Tamaño del archivo 4400 kB.

Las opiniones expresadas por los autores no

necesariamente reflejan la postura del

editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o

parcial de los contenidos e imágenes de la publicación

sin previa autorización de la Universidad Autónoma

Metropolitana.

Suscripción anual (2 números)

México: \$220.00

Estados Unidos: \$50.00 USD

Centro América y Sudamérica: \$40.00 USD

Europa: \$60.00 USD

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

# Índice

<b>Editorial</b>	9
<b>Política de la revista</b>	13
<b>ARTÍCULOS CIENTÍFICOS</b>	
<b>La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca</b> <i>Marta Magdalena Chávez Cortés y Gilberto Sven Binnqüist Cervantes</i>	15
<b>La trayectoria tecnológica de los biocombustibles en Brasil y México. Dos historias contrastantes</b> <i>Arcelia González y Yolanda Castañeda</i>	51
<b>Desarrollo, comunidad y poder en el noreste argentino. La comunidad <i>gom</i> de Pampa del Indio y el Proyecto de Producción Bovina y Caprina</b> <i>Pablo Quintero</i>	87

<b>Vulnerabilidad social frente a huracanes en la comunidad Ixil, Yucatán</b> <i>Gemma Millán Malo, Denise Soares y Roberto Romero Pérez</i>	137
---	-----

#### ARTÍCULOS DE REVISIÓN

<b>Cinco tipos de contaminantes de medios bióticos y abióticos y sus riesgos sobre la salud</b> <i>Guadalupe Prado y Giselle Moreno</i>	171
--	-----

<b>Integración bioquímica para modelar las respuestas metabólicas en la producción láctea de bovinos lecheros</b> <i>Arturo César García Casillas y Lisandro Atilio Montiel Ramos</i>	195
--	-----

<b>Los Sistemas Acuícolas de Recirculación: ¿una alternativa para el cultivo sustentable de peces ornamentales en el Estado de Morelos?</b> <i>Omar Domínguez Castanedo</i>	213
--	-----

#### RESEÑAS

<b>El agua en Chihuahua: Un presente que se bebe al futuro</b> <i>Victor Manuel Quintana Silveyra</i>	233
--	-----

<b>Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas</b> <i>Rodolfo Montaña Salazar</i>	259
--	-----

<b>Guía de autores</b>	269
------------------------	-----

# Editorial

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, sigue experimentando cambios que se orientan a cumplir, cada vez con más rigor, con los criterios de calidad que dictan los organismos especializados. Por ello, en los tres últimos números se han incrementado las contribuciones de los autores y se ha abierto el espacio para los de artículos de revisión, atendiendo las valiosas indicaciones de nuestros colaboradores. Estas adecuaciones han tenido algunas repercusiones negativas, como el retraso de los dos últimos números, sin embargo, se está tratando de evitar en lo posible esta circunstancia.

Para lograr estos avances, destaca la colaboración de diversos actores como: autores, árbitros, comentaristas y editoras, así como el respaldo de la Dirección de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud. En esa línea, la dirección de la revista refrenda el reto de impulsar otras medidas que permitan elevar la calidad de las contribuciones (en forma y fondo); agilizar los periodos de interacción con autores y árbitros, ampliar la cartera de los dos personajes antes referidos, ampliar la difusión de la revista y acreditarla ante otras instancias reconocidas.

Bajo este marco, se mantiene la convocatoria para que investigadores y estudiosos de distintas instituciones nacionales y del extranjero, y desde las diferentes disciplinas que se entrecruzan en el desarrollo de las sociedades rurales, producción y medio ambiente, propongan nuevas contribuciones derivadas de sus investigaciones, sea individual o colec-

tiva, esto último mediante la conformación de números temáticos. La participación puede ser directa o a través de la invitación de pares académicos, estudiantes de posgrado y cualquier otro actor con potencial para proponer trabajos de calidad suficiente que sean objeto de publicación.

En este nuevo número se vuelven a presentar trabajos diversos en cuanto a su temática, traduciendo las crecientes preocupaciones y áreas de especialidad de los autores. Así, en el primer artículo se propone una evaluación de la presión que ejerce la agricultura sobre los recursos hídricos en los Valles Centrales de Etna, Zimatlán y Tlacolula, en el estado de Oaxaca, a partir de la noción de huella hídrica agrícola. Ello, requirió el diseño de indicadores que cuantifiquen el grado de presión que ejerce la actividad agrícola sobre el agua. En el segundo artículo se analiza la trayectoria tecnológica que se ha seguido en la producción de biocombustibles en Brasil, y la que se pretende seguir en México, las autoras revisan algunos de los casos de proyectos de biocombustibles y se anotan algunas conclusiones finales para ambos países.

En una tercera contribución, se explora los itinerarios del Proyecto de Producción Bovina y Caprina que intentó introducir la cría de ganado caprino para los qom, y de ganado vacuno para los pobladores criollos de la zona de la Pampa del Indio, que es una localidad situada en el noreste de la Provincia de Chaco en Argentina. En el cuarto artículo, a través de la noción de vulnerabilidad y bajo el enfoque metodológico y conceptual de medios de vida, se examina la dinámica de una comunidad indígena del estado de Yucatán. Los resultados aportan elementos sobre la relación de la sociedad con sus recursos e indican la importancia de fortalecer los procesos de gestión de riesgos.

Posteriormente, en tres artículos de revisión bibliográfica se abordan temáticas distintas. En el primero de ellos, se revisa la importancia y peligrosidad de residuos de hidrocarburos aromáticos policíclicos, policlorobifenilos, dioxinas, plaguicidas organoclorados y plaguicidas organofosforados, seleccionando cinco compuestos representativos de cinco familias de contaminantes, y se describen sus características fisi-

coquímicas, comportamientos básicos de su transporte y procesos biológicos manifiestos en su acción tóxica. En el segundo artículo, se hace un análisis exhaustivo de los elementos científicos y técnicos sobre la gluconeogénesis hepática en los bovinos lecheros, enfatizando en la estructura de modelos esquemáticos de integración bioquímica, especialmente durante el balance energético negativo con el fin de alcanzar un adecuado equilibrio entre el consumo de energía, por parte del animal, y la energía requerida para el mantenimiento y la preñez, y el mantenimiento y la lactancia; todo ello con el fin de facilitar la comprensión de los procesos bioquímicos que ocurren antes y después del parto, así como la fisiología y bioquímica de la lactancia temprana, eventos de vital importancia en la producción y rentabilidad en bovinos lecheros. En una tercera contribución de este tipo, se analiza la viabilidad de la implementación de los Sistemas Acuícolas de Recirculación en la acuicultura ornamental del estado de Morelos, deduciendo que estos sistemas no representan una alternativa viable para lograr que el proceso acuícola sea sustentable y detectándose algunas mejoras del proceso productivo para revertir la tendencia actual.

Finalmente, se reseña un enérgico movimiento de productores agropecuarios de varios municipios del norte del estado de Chihuahua en contra de las perforaciones y los aprovechamientos ilegales de aguas en la cuenca del río del Carmen. Se hace un detallado recuento de esta lucha, que ha implicado hechos violentos y lamentables desde 2011 hasta la fecha. Se concluye que es necesario promover, tanto entre los productores como en los consumidores una nueva cultura del agua basada en los conceptos de bien público, de sustentabilidad, de recurso que no es sólo objeto de apropiación, sino que también puede producirse y multiplicarse; para ello, la función comprometida e informada de los poderes públicos resulta vital. Por último, se reseña el libro *Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas*, resultado del trabajo de investigación de 13 autores comprometidos con estudio de la relación del territorio con el medio ambiente, binomio difícil de compatibilizar cuando se trata de

reconocer procesos humanos ligados a él, los cuales generan intereses económicos, políticos y sociales. Otro tema central en el libro es la búsqueda de un método científico que se amolde a estudiar los fenómenos sociales que se presentan con esta dualidad territorio-medio ambiente.

Nuevamente, se reitera que el proceso de mejora general en que se encuentra inmersa la revista se mantendrá, informando oportunamente de los avances que se vayan consumando. En esa perspectiva, son bienvenidas todas las sugerencias y observaciones que se consideren pertinentes y coadyuven en este progreso.

**Adolfo Álvarez Macías**  
Director

## Política de la revista

La División de Ciencias Biológicas y de la Salud, a través del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, continúa sumando esfuerzos para avanzar en la consolidación de la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, publicación que inició en el año 2000 y que con este número, completa sus ediciones hasta el año 2012. Desde su inicio se diseñó con el objetivo central de comunicar y promover los avances significativos del desarrollo de las ciencias y campos de conocimiento asociados al estudio multidisciplinario de la producción y los cambios sociales, económicos, tecnológicos y ambientales en los territorios rurales, en el marco de las transformaciones que experimenta el sistema alimentario mundial.

Los temas prioritarios de la publicación comprenden los procesos que inciden en los distintos modelos de producción agropecuaria, silvícola, acuícola y pesquera, así como otras actividades similares, bajo los métodos de análisis y la aplicación del conocimiento socioeconómico, ambiental y biológico en regiones rurales y otras zonas que mantienen vínculos con lo rural. La revista trata de abarcar, de manera integral, los cuerpos de conocimientos y metodologías de las ciencias biológicas y las sociales que analizan y explican los problemas científicos, tecnológicos y culturales de las sociedades y territorios rurales, la agricultura, los recursos naturales, la alimentación y el desarrollo regional. Asimismo, pretende contribuir en la búsqueda de soluciones para los diversos problemas y retos globales, nacionales, regionales y locales

Así, *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* intenta orientarse hacia la evaluación de la investigación de frontera y el nivel actual

de la discusión entre disciplinas relacionadas con el área emergente de estudio y el debate del desarrollo sustentable en sociedades rurales. Desde esa perspectiva, se intenta que las distintas contribuciones a la revista asocien el rigor científico con una visión humanista que brinde proyección y sentido a los resultados presentados.

En ese marco, la política de la revista promueve la publicación de trabajos que aporten información inédita y original, para ello se cuenta con cuatro secciones: i) Artículos de investigación, ii) Artículos de revisión y Notas de investigación, iii) Ensayos y revisiones bibliográficas y iv) Reseñas de libros y comentarios.

Ante esto, la publicación se mantiene como un campo abierto, crítico y constructivo que busque enriquecer las explicaciones científicas e interpretaciones que coadyuven al desarrollo rural, agropecuario, alimentario y regional, teniendo como principios rectores la equidad, la sostenibilidad y la competitividad.

A parte de las contribuciones individuales también se viene fomentando la edición de números temáticos, desarrollados por grupos formales e informales de investigación para el abordaje de objetos de estudio comunes bajo distintas ópticas analíticas, métodos de trabajo e, incluso, disciplinas. Para los interesados en esta segunda opción se les ruega contactar a la Dirección de la revista, para coordinar de la mejor manera posible alternativas de esta naturaleza.

En síntesis, esta revista se mantiene como una casa abierta para contribuciones del medio científico, tecnológico y del desarrollo que permitan avanzar en esta intencionalidad.

Para mayor información sobre la publicación, favor de dirigirse a:

Adolfo Álvarez Macías, director de la revista

Edificio 34, tercer piso, jefatura del Departamento de Producción Agrícola y Animal, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, México, DF, Tels. 5483-7230 y 7231.

aalvarez@correo.xoc.uam.mx

La guía para autores también puede consultarse en:

<http://srpma.xoc.uam.mx>

# La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca.

Marta Magdalena Chávez Cortés<sup>1</sup> y Gilberto Sven Binnqüist Cervantes<sup>1</sup>

**Resumen.** *La producción de alimento y la suficiencia alimentaria plantean un gran reto que está ligado a la disponibilidad de agua: sólo se puede proveer más comida si hay agua disponible en el momento adecuado, en el lugar adecuado, y en la cantidad y calidad suficientes. Esta presión se agrava cuando se conjugan condiciones hidrológicas adversas y cuando los cultivos que poseen altos requerimientos de agua deben regarse para solventar la demanda no satisfecha con la lluvia. Esta situación es propia de los Valles Centrales que rodean la ciudad de Oaxaca y, por ello, enfrentan el reto de reducir el consumo de agua, al mismo tiempo que se preserva el paisaje agrícola y se produce alimento. Este reto puede superarse aplicando distintas medidas pero, para apoyar su instrumentación, se requiere contar primero con indicadores que cuantifiquen el grado de presión que ejerce la actividad agrícola sobre el uso del agua. Con este fin, en este trabajo se presenta una evaluación de la presión que ejerce la agricultura sobre este recurso en los Valles Centrales de Etna, Zimatlán y Tlacolula, a partir de la noción de huella hídrica agrícola.*

**Palabras clave:** *Huella hídrica, agricultura, Valles Centrales de Oaxaca.*

<sup>1</sup> Laboratorio de Planeación Ambiental, Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, e-mail: ccmm1320@correo.xoc.uam.mx

**Abstract.** *Food production and guaranteeing food supply pose a great challenge linked to water availability: more food can only be provided if there is enough water at the right time and place, with enough quality and in enough quantity. This pressure is aggravated in the presence of adverse hydrological conditions and when crops with high water requirements must be watered to supply the demand not satisfied by rain. Such scenario is common in the Central Valleys surrounding the city of Oaxaca. Here, the challenge is that of reducing water consumption, at the same time preserving agricultural landscape while producing more food. It can be overcome through the application of several measures but, in order to support their implementation, indicators are needed first to quantify how much pressure does agricultural activity exert on water supply. To this end, the present paper shows the evaluation of pressure by agriculture on this resource in the Central Valleys of Etna, Zimatlán and Tlacolula, employing the concept of agricultural water footprint.*

**Keywords:** *Water footprint, agriculture, Oaxaca's Central Valleys*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la humanidad enfrenta una serie de retos globales que es necesario atender para construir la sustentabilidad. Uno de los más preocupantes es tener que alimentar a una población cada vez más creciente, lo que significa proveer de alimento a 9 mil millones de personas a nivel mundial, para el año 2050 (Grau y Tabora, 2011). Este hecho está íntimamente ligado con la actividad agrícola, pues, desde la perspectiva de la multifuncionalidad de la agricultura (MFA),<sup>2</sup> una de sus funciones es precisamente la suficiencia alimentaria (Ayala-Ortiz y García-Barrios, 2009).

<sup>2</sup> Entendida como los productos, servicios y externalidades generadas por esta actividad productiva, los cuales impactan directa o indirectamente a la economía y a la sociedad en su conjunto (Bonnal *et al.*, 2003).

Esta situación se perfila particularmente preocupante en el contexto nacional, pues varios autores han documentado la pérdida de autosuficiencia alimentaria debido, entre otras muchas cosas, al cambio de la producción agrícola por la pecuaria y a la falta de incentivos (Arroyo, 1989). Así, al decir de Calva (2007) y Ramírez (2010), México ha generado una dependencia alimentaria que se ha convertido ya en un fenómeno estructural, generando condiciones de vulnerabilidad en diferentes formas y escalas, misma que se vincula a un deterioro, desgaste y agotamiento de los soportes materiales de la agricultura, principalmente el suelo y *el agua*, así como a la disminución de la producción.

Siguiendo este argumento, es claro que la producción de alimentos, así como la suficiencia alimentaria plantean un fuerte reto en lo que respecta al agua: sólo se puede proveer suficiente comida si hay agua disponible en el momento adecuado, en el lugar adecuado, y en la cantidad y calidad suficientes (Lundqvist y Steen, 1999). Es por ello que, para producir al menos lo que se consume internamente de manera sostenida, se requerirá, entre otras cosas, mejorar la productividad del agua en la actividad agrícola; esto es, reducir el uso del agua a través de la innovación, conservación, redistribución y cambio de patrones de uso y reuso del recurso (Brandes *et al.*, 2005); Sobre todo considerando que a esta actividad productiva se le han reconocido otras funciones fundamentales: la conservación del medio ambiente y del pasaje rural; contribuir a la viabilidad de las áreas rurales y favorecer el desarrollo territorial equilibrado (Crecente, 2002).

En el caso de la conservación del medio ambiente, el uso del agua es clave, pues al igual que todo recurso natural, puede agotarse si se rebasan los límites de renovación de los ecosistemas a consecuencia de una demanda excesiva con respecto a su disponibilidad natural (Falkenmark *et al.*, 2007). Tal como sucede en los Valles Centrales de Oaxaca, donde el agua subterránea es la fuente que suministra alrededor de 40% de la demanda agrícola, además de abastecer el uso urbano y el industrial (Binnqüist, 2011).

En otras palabras, la agricultura de riego en los Valles Centrales de Oaxaca, así como en otros lugares, enfrenta límites ecológicos y, por sí sola, no podrá enfrentar exitosamente las necesidades crecientes de producción de alimento porque las disponibilidades de agua se han convertido en un factor limitante de sus alternativas tecnológicas, especialmente en áreas pobres afectadas por la falta de agua (Toledo, 2002). Esta condición ha sido reconocida en la región de estudio (Noticias Móvil, 2012), y se explica porque la precipitación promedio anual es de sólo 650 mm, la infiltración natural es limitada, y las fallas geológicas presentes en la Sierra de San Felipe actúan como una barrera hidrológica que limita la escorrentía subterránea proveniente de la Sierra de Juárez hacia los Valles Centrales (Binnqüist, 2011). Asimismo, la expansión creciente del área conurbada de la ciudad de Oaxaca ha favorecido la urbanización de importantes áreas naturales para la infiltración, y los acuíferos de ETLA, Zimatlán y Tlacolula son muy vulnerables a la contaminación. Los pozos profundos (31, es decir 65%) presentan una vida útil limitada, pues tienen galerías filtrantes por las que penetra el agua contaminada del río Atoyac hacia el acuífero –que en ocasiones llega a rebasar los límites permisibles considerados en la norma ambiental–, volviendo poco útil este recurso (Binnqüist, 2011).

Todos estos factores han contribuido a que la Conagua declare una veda a la entrega de concesiones para la extracción adicional del agua de los acuíferos (Conagua, 2009). Aunado a esto, la producción de alimento en la región, que es uno de los temas clave aquí, presenta bajos rendimientos en relación con su consumo de agua. En resumen, se está dejando atrás la ocupación agrícola sustentable (Consejo, 2009).

Ante la importancia del tema de la autosuficiencia alimentaria y su fuerte dependencia del recurso agua, cualquier evaluación del carácter multifuncional de la agricultura debe basarse en el reconocimiento de la necesidad urgente de producir mejor con menos agua, menos suelo y menos agroquímicos. Producir más alimentos con menos *agua* sólo puede alcanzarse si el agua que está disponible para la agricultura se usa

de manera más productiva. De acuerdo con Lundqvist y Steen (1999), esto merece poner atención en tres aspectos: 1) negociaciones del uso del agua dentro del sector agrícola; 2) negociaciones sobre el uso del agua entre sectores, en primera instancia entre el sector urbano y el rural y 3) la necesidad de balancear las funciones y beneficios derivados del uso directo del agua con la preocupación por lograr un desarrollo territorial más acorde con los principios de la sustentabilidad ambiental; para lo cual es indispensable realizar inversiones a nivel institucional, de conocimiento y capacidad humana (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007).

En cualquiera de los aspectos mencionados, determinar las cantidades de agua requeridas para producir diferentes cultivos en contextos biofísicos diferentes, así como el rendimiento económico de los cultivos por unidad de agua, es un requerimiento importante en términos de transitar hacia una agricultura más sustentable. En el primero porque, con la demanda creciente de agua por parte de otros sectores, la presión sobre el sector agrícola para usar el agua de manera más eficiente, y usándola en aquellos cultivos que son más demandados por los consumidores o que ofrecen mejores rendimientos económicos por unidad de agua irá aumentando. Por lo que habrá que vislumbrar nuevas estrategias para proteger la producción de cultivos con valor biocultural, partiendo del conocimiento de consumo de agua que su producción demanda y analizando la magnitud que esta situación representa en el contexto de la gestión del agua para diversos sectores sociales y económicos.

En el segundo, porque la política actual de la Conagua para enfrentar el déficit en cuencas cerradas, es redistribuir el agua, pasando volúmenes o derechos de agua de quienes poseen o utilizan mayor cantidad con menor valor económico agregado, hacia aquellos usos más eficientes, productivos o imprescindibles del agua. Por supuesto, esto agudiza el dilema entre si es prioritario destinar el agua proveniente de los ríos, lagos o acuíferos al consumo directo humano, a la producción de alimentos, o al desarrollo de actividades de servicios con alto valor

agregado por metro cúbico. De aquí la necesidad de encontrar, urgentemente, alternativas para satisfacer las distintas necesidades en función de los niveles de la demanda. En el tercero, porque en los programas de ordenamiento territorial no se considera como criterio en las evaluaciones de aptitud, la cantidad de agua requerida para mantener, en el espacio y tiempo, los usos y destinos del suelo propuestos, hecho que pone en riesgo la resiliencia social y ambiental de los territorios.

Dada la vulnerabilidad de los Valles Centrales de Oaxaca al crecimiento urbano y su orientación agrícola bajo condiciones de una amplia brecha entre oferta y demanda de agua (Conagua, 2011), es importante realizar estudios que sirvan de base para intentar establecer políticas que den viabilidad a las zonas rurales a través del sostenimiento de la agricultura, y que de manera sinérgica, promuevan la protección y el uso sustentable de los recursos hídricos.

Una forma de analizar estos aspectos, es a través de indicadores de sustentabilidad capaces de medir las presiones ejercidas por actividades antrópogénicas –como es el caso de la agricultura– sobre los recursos que generan los ecosistemas (Roth *et al.*, 2001). Uno de estos indicadores es la Huella Hídrica (HH), desarrollado por Hoekstra y Hung en el año 2002 con el objeto de desarrollar un indicador que relacionara el uso del agua con el consumo humano (Hoekstra y Hung, 2002). Este concepto se deriva de la noción de “agua virtual”, la cual se entiende como el volumen de agua requerido para producir una unidad de bien o servicio (p.e. m<sup>3</sup>/ Ton de maíz) (Allan, 1998). Virtual significa que la mayoría de agua usada para producir un bien no está contenida en el mismo; así, la HH de un individuo, de un grupo de personas o de un país, se entiende como el total de agua utilizada para producir los bienes o servicios consumidos por el individuo, por ese grupo de personas o por el país (Chapagain y Hoekstra, 2004).

En el caso de la agricultura, el consumo de agua que este sector hace con respecto a otro, ya sea en un país o en una región, siempre se ha presentado como un porcentaje del agua disponible, el cual da cuenta

de la proporción que constituye el agua concesionada con respecto a la disponibilidad natural. Pero, si bien, estos datos son útiles para cuantificar de manera general el nivel de explotación de los recursos hídricos locales, no proporcionan información sobre qué cultivos son los que ejercen mayor presión hídrica en función de sus requerimientos de agua y nivel de producción, y sobre el tipo de fuente (cuerpos de agua o precipitación) sobre la cual se ejerce esa presión.

En este sentido, uno de los aspectos más relevantes de la huella hídrica es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre huella hídrica azul, huella hídrica verde y huella hídrica gris. En el caso de la agricultura, se denomina huella hídrica azul a la cantidad de agua utilizada en la producción de cultivos, cuando la fuente de agua son ríos, lagos y acuíferos. Asimismo, la huella hídrica verde se refiere a la cantidad de agua utilizada en la producción de cultivos cuando se utiliza el agua que proviene de las precipitaciones, la cual queda retenida en el suelo. Por su parte, la huella hídrica gris está ligada a la contaminación del recurso, posterior a su utilización en la actividad agrícola (Falkenmark, 2003). Es así que, la estimación de la huella hídrica de la agricultura ha surgido como un indicador complementario al de la huella ecológica; por ejemplo, en el cálculo de la sustentabilidad del uso de los recursos naturales por parte del hombre (Rodríguez *et al.*, 2008; Hoekstra, 2007).

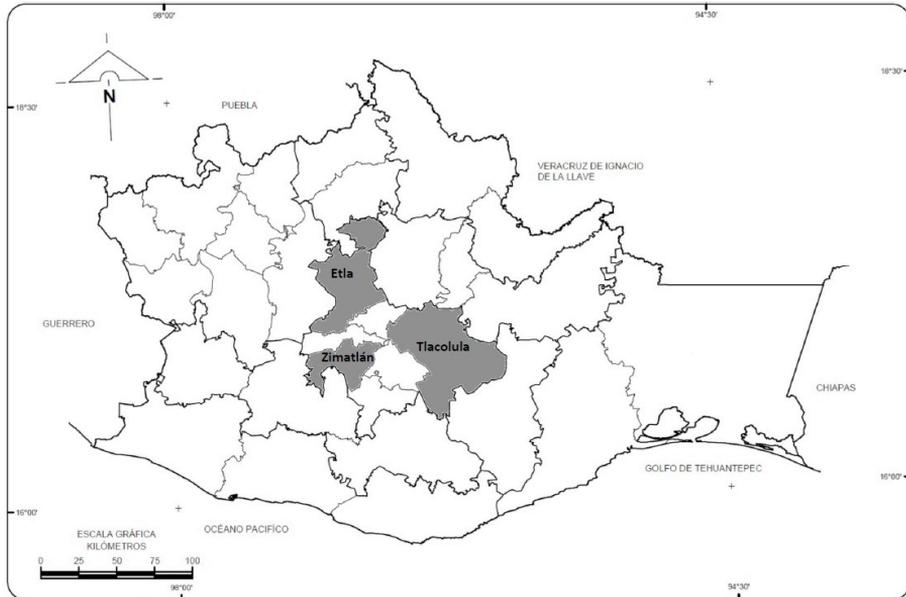
Distinguir entre estas tres clases de huella hídrica es importante, ya que cada una implica diferentes impactos sobre el ambiente y requieren diferentes políticas de administración y gestión del agua y del territorio (Pérez, 2008). Sin embargo, es necesario resaltar aquí que, debido a la dificultad para medirla, la huella hídrica gris es la que menos ha sido abordada en la literatura. Ejemplos de trabajos recientes que han abordado el cálculo de la huella hídrica agrícola son el de Mekkonen y Hoekstra (2010), quienes cuantificaron la huella hídrica azul, verde y gris de la producción global de 126 cultivos; el de Ridoutt *et al.* (2010), en donde se hace la misma cuantificación para la producción de mango Austra-

liano; el de Deuret *et al.* (2011), que se enfoca en la evaluación de la huella hídrica como instrumento para medir el impacto hidrológico de la producción primaria en el caso del kiwi, y el de Arévalo y colaboradores (2011), quienes hacen un estudio de la huella hídrica del sector agrícola de Colombia, resaltando los productos agrícolas con mayor huella y su representación espacial a nivel municipal y departamental. En el caso de México, se registra una escasa publicación de trabajos sobre HH a nivel de región, o incluso a nivel de productos o actividades productivas en particular, de aquí el aporte de este trabajo.

En este contexto, el objetivo de esta investigación es estimar la presión que ejerce la agricultura sobre el recurso agua en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, a través del cálculo de la huella hídrica agrícola verde y azul. Estas categorías resultan de interés, ya que darán cuenta de la presión hídrica que ejercen la agricultura de temporal y la de riego, respectivamente.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA, MÉTODOS Y TÉCNICAS

Los distritos o también denominados valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula se ubican en la región de los Valles Centrales, localizada entre el Nudo Mixteco, la Sierra de Juárez y la Sierra Madre del Sur en la porción central del estado de Oaxaca (figura 1) (Gobierno del estado de Oaxaca, 2011). Cada distrito agrupa diversos municipios: Etna (23), Zimatlán (13) y Tlacolula (25), que en conjunto conforman una superficie de 653,358 hectáreas.

**Figura 1. Los Valles Centrales de Oaxaca**

Fuente: INEGI, 2000.

En estos territorios se presenta variaciones climáticas que van desde los subgrupos de climas semicálidos, hasta los secos y templados. La temperatura promedio es de 20°C y la precipitación media anual varía de 515 al 615 mm. Hidrológicamente, los tres valles pertenecen a la Subregión Hidrológica “Rio Verde”, siendo los ríos Verde y Atoyac los escurrimientos superficiales de mayor importancia. Con respecto a la disponibilidad de agua subterránea; el acuífero de Valles Centrales está integrado por un sistema de cuatro microcuencas ubicadas en Coyotepec, Tlacolula, Oaxaca y Ocotlán, parte de la cuenca del río Atoyac. De acuerdo con los datos del Comité Técnico de Aguas Subterráneas de Valles Centrales de Oaxaca (Cotas), de este acuífero se extraen 193.1

Hm<sup>3</sup>/año para atender las demandas de agua de los servicios públicos urbanos, agrícola, industrial y de servicios. De la disponibilidad total de agua de la cuenca, 63% (121.8 Hm<sup>3</sup>) se extraen del acuífero y el resto (763 Hm<sup>3</sup>) corresponde a aprovechamientos de aguas superficiales. Se tiene registro de 7500 aprovechamientos de aguas subterráneas, destacando, por tipo de obra, el pozo noria.

El acuífero de los Valles Centrales está sobreexplotado debido a la excesiva extracción ocasionada por la construcción de pozos profundos con infraestructura inadecuada; esto justificó que la Conagua estableciera un decreto de veda, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 25 de septiembre de 1967. En dicho decreto se delimita su extensión y límites geopolíticos bajo la justificación del interés público y para procurar la conservación de los acuíferos en condiciones de explotación racional y para controlar las extracciones de los alumbramientos existentes y los que en el futuro se realicen, por tanto, se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo. La veda queda comprendida en la tercera clasificación del artículo 11 del Reglamento de la Ley Reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 constitucional en materia de aguas del subsuelo y establece que excepto cuando se trate de alumbramientos para usos domésticos, nadie podrá extraer aguas del subsuelo dentro de la zona vedada, ni modificar los aprovechamientos existentes, cambiar el uso del agua o incrementar los gastos de extracción sin el permiso correspondiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, los cuales deben estar fundados en estudios geohidrológicos individuales.

Por otro lado, la agricultura de los Valles Centrales prospera fundamentalmente sobre suelos de tipo cambisol y vertisol, ambos aptos para la agricultura, aunque el primero requiere de sistemas de riego y el segundo puede utilizarse tanto en riego como en temporal. Cabe destacar que la producción agrícola de la región de los Valles Centrales de Oaxaca se sitúa en el cuarto lugar a nivel estatal al tener una participación de 12 por ciento. La región que más aporta al valor de la producción estatal es

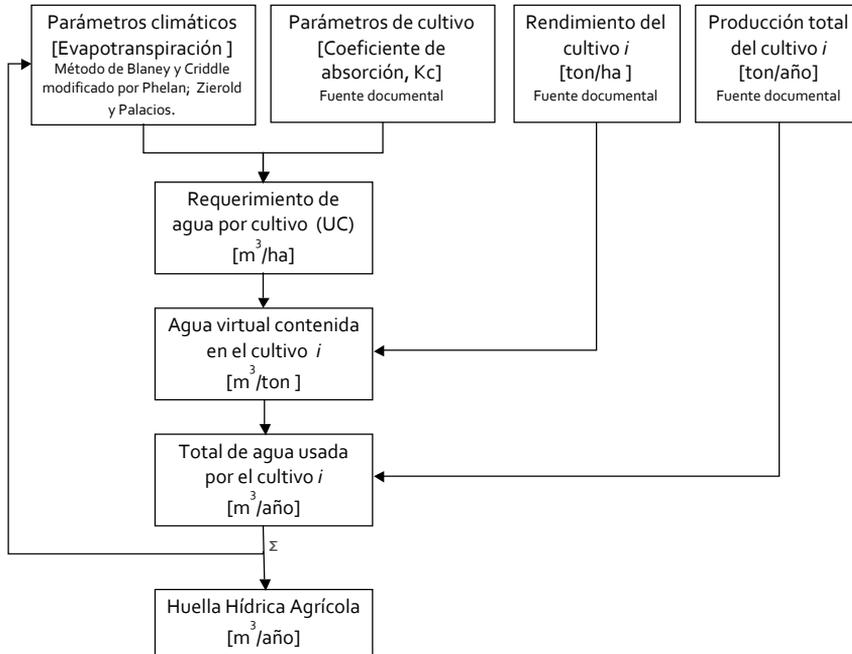
la del Papaloapan (38%), mientras que la región de menor aportación es la Cañada (3%). En términos de la aportación de cada producto al valor de la producción en la región Valles Centrales, el maíz es el producto que registra la contribución más importante con 45% del valor de la producción de la región y 84% de la superficie total sembrada, seguido por el jitomate, cuya aportación es de 24% del valor de la producción total y sólo ocupa 0.29% de la superficie sembrada en la región, lo cual puede explicarse por la producción de invernaderos. En conjunto, estos dos productos representan casi 70% del valor de la producción de la región (Gobierno del estado de Oaxaca, 2011).

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Sagarpa (SIAP, 2010), de la superficie total de los distritos de ETLA, Zimatlán y Tlacolula 19.91% (130,057 ha) corresponde a zonas destinadas a la agricultura, de las cuales la agricultura de temporal ocupa la mayor superficie (71,533 ha), distribuida en dos cultivos esencialmente: el maíz de grano y el frijol. Con respecto a la agricultura de regadío existen 9,890. 82 ha destinadas principalmente al maíz para grano, maíz forrajero, frijol, sorgo y tomate rojo (jitomate), este último en invernaderos bien establecidos y al parecer con una buena producción ( $\approx 25$  Ton/ha) por unidad de superficie.

## **Cálculo de la huella hídrica agrícola**

Para evaluar la presión que ejerce la agricultura sobre el recurso agua, este estudio tomó como base metodológica la desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004) para el cálculo de la Huella Hídrica, pero referida solamente al cálculo de la Huella Hídrica de la Agricultura en un año determinado: 2010 (figura 2). Dicha huella se estimó considerando dos de sus componentes: la azul y la verde.

**Figura 2. Proceso para el cálculo de la huella hídrica agrícola**



De acuerdo con esta metodología, el volumen de agua utilizada para la producción agrícola en un país, región o lugar en particular, se calcula como:

n

$$HH (\text{Agricultura}) = \sum_{i=1}^n UAC[i] \quad (1)$$

i=1

Donde UAC ( $\text{m}^3/\text{año}$ ), uso de agua por cultivo, es el volumen total de agua usada para producir una cantidad determinada de toneladas de un cultivo [i]. Así se tiene que:

$$UAC[i] = UC[i] \times \text{Producción}[i] / \text{Rendimiento}[i] \quad (2)$$

Donde,  $UC[i]$  corresponde al uso consuntivo de cada cultivo ( $m^3/ha$ ); la producción es la cantidad del cultivo  $[i]$  producido en un año ( $ton/año$ ), y el rendimiento corresponde a volumen de producción del cultivo  $[i]$  por unidad de área de producción ( $ton/ha$ ).

El uso consuntivo es definido como el total de agua necesaria para que una planta crezca, se desarrolle y produzca económicamente (Sánchez-Tienda, 1999). En otras palabras, es la evapotranspiración de un cultivo, desde la siembra hasta la cosecha dado un régimen climático específico, cuando la humedad del suelo es mantenida adecuadamente por la precipitación o irrigación, de tal manera que no limite el crecimiento de la planta ni el rendimiento del cultivo (Allen *et al.*, 1998).

La evapotranspiración real de los cultivos se estimó utilizando el método de Blanney y Criddle, modificado por Phelan (Aguilera y Martínez, 1980), el cual toma en cuenta la temperatura media mensual, el fotoperiodo diario y el factor de absorción de cada cultivo ( $Kc$ ). Los principales determinantes de  $Kc$  son la variedad del cultivo, el clima y las etapas de crecimiento del cultivo. Los valores del  $Kc$  son estimados a nivel internacional por la FAO, y a nivel local por instituciones de gobierno como la Sagarpa, o bien, por instituciones académicas. Aunque  $Kc$  es un coeficiente que depende en esencia de la variedad del cultivo, en la práctica se usa casi siempre el mismo valor para todas las variedades (Pérez, 2008). La evapotranspiración, por su parte, depende de datos climatológicos que aunque son variables, pueden considerarse estables durante un lapso de tiempo para un lugar específico (Pérez, 2008).

## **Cálculo del uso de agua azul y agua verde en la agricultura**

El uso del agua en la agricultura se corresponde con la suma de las demandas evaporativas de los cultivos producidos e incluye tanto el agua azul como la verde. Las pérdidas de agua que puedan producirse por

riego no se contabilizan en este trabajo, asumiendo que eventualmente puedan ser reutilizadas.

Los cultivos utilizados en este trabajo son todos aquellos contemplados en la base de datos del portal electrónico OEIDRUS-Oaxaca para los distritos de Etlá, Tlacolula y Zimatlán (30 cultivos). Los coeficientes de cultivo  $K_c$  se obtuvieron de diferentes fuentes bibliográficas.

Se calcularon por separado la evapotranspiración anual de agua verde ( $UCV[i]$ ,  $m^3/ha$ , año) y la evapotranspiración anual de agua azul ( $UCA[i]$ ,  $m^3/ha$ , año).

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2008), la evapotranspiración anual de agua verde, correspondiente al régimen de temporal, coincide con la precipitación efectiva ( $Pe$ ,  $m^3/ha$ , año) en el caso de que esta cantidad no supera las necesidades hídricas del cultivo, es decir:

$$UCV[i] = \min(UC[i]; Pe) \quad (3)$$

Para obtener la precipitación efectiva, que es el agua de la lluvia que realmente puede ser aprovechada por la planta, se aplicó el modelo de Zierold y Palacios desarrollado en 1971 para diferentes zonas de México, el cual está en función de la precipitación mensual ( $p$ ,  $cm/mes$ ):

$$Pe (cm/mes) = p - 0.05 \times p^2, \text{ si } p < 2.5 \text{ cm} \quad (4)$$

$$Pe(cm/mes) = 1.27 \times p^{0.75} - 0.0806 \times p^{1.5}, \text{ si } p > 2.5 \text{ cm} \quad (5)$$

$$Pe(m^3/ha, \text{ mes}) = 100 \times Pe \quad (6)$$

En el caso de la evapotranspiración anual de agua azul, vinculada al régimen de riego, se supuso que todos los cultivos ven cubiertas sus necesidades hídricas. Así, la evapotranspiración de agua azul se corresponde con el riego realizado y compensa la diferencia, si existiera, entre sus

necesidades hídricas y la precipitación efectiva (Rodríguez *et al.*, 2008). De aquí que:

$$UCA[i] = \max(0; UC[i] - Pe) \quad (7)$$

Una vez obtenidos los usos consuntivos para estimar las huellas hídricas azul y verde de la agricultura en cada distrito, se aplicó la ecuación 8 para los cultivos bajo el régimen de riego y la ecuación 9 para los cultivos bajo régimen de temporal.

$$HHA (\text{distrito}) = \sum_{i=1}^n UCA[i] \times \text{Producción}[i] / \text{Rendimiento}[i] \quad (8)$$

$$HHV (\text{distrito}) = \sum_{i=1}^n UCV[i] \times \text{Producción}[i] / \text{Rendimiento}[i] \quad (9)$$

## RESULTADOS

### El consumo de agua en la agricultura a nivel global

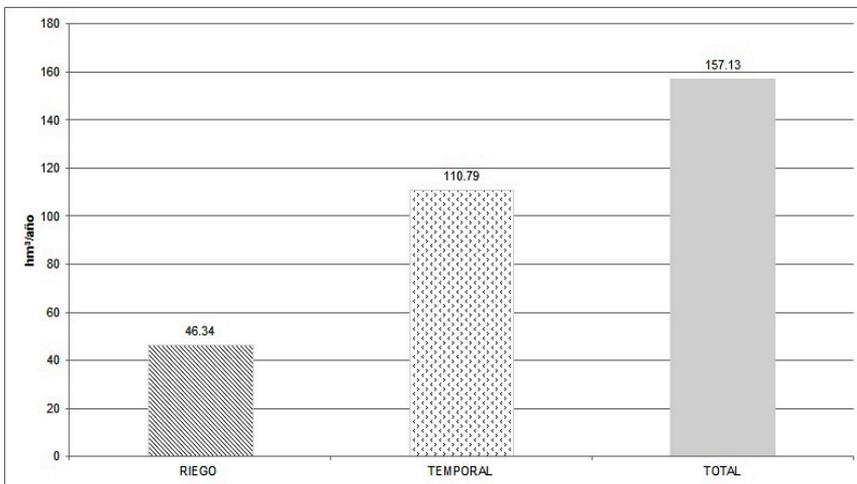
La huella hídrica agrícola global de la zona de estudio asciende 157.13 hm<sup>3</sup>/año y, en esta región, se cultivan 30 productos repartidos fundamentalmente en seis grupos: cereales, forrajes, legumbres, hortalizas, frutales y cultivos industriales.

Al desagregar la huella hídrica por tipo de cultivos, se encontró evidencia de un efecto claro de la dinámica económica sobre la agricultura de la región: la especialización, la cual conduce a la concentración de una fracción importante del consumo de agua en un solo grupo de cultivos: los cereales. Estos son los principales consumidores de agua de la

región, empleando, en el 2010, 83.41% (131.07 hm<sup>3</sup>/año) de toda el agua utilizada para la agricultura. Después de los cereales, las legumbres y los frutales son los grupos de cultivos con mayor huella hídrica en la región de estudio con un requerimiento de 7.76 hm<sup>3</sup>/año y 7.17 hm<sup>3</sup>/año cada uno. Le siguen los forrajes (5.79 hm<sup>3</sup>/año) y los cultivos industriales –en este caso caña de azúcar y agave– (3.25 hm<sup>3</sup>/año). En último lugar compiten las hortalizas con un requerimiento de 2.10 hm<sup>3</sup>/año.

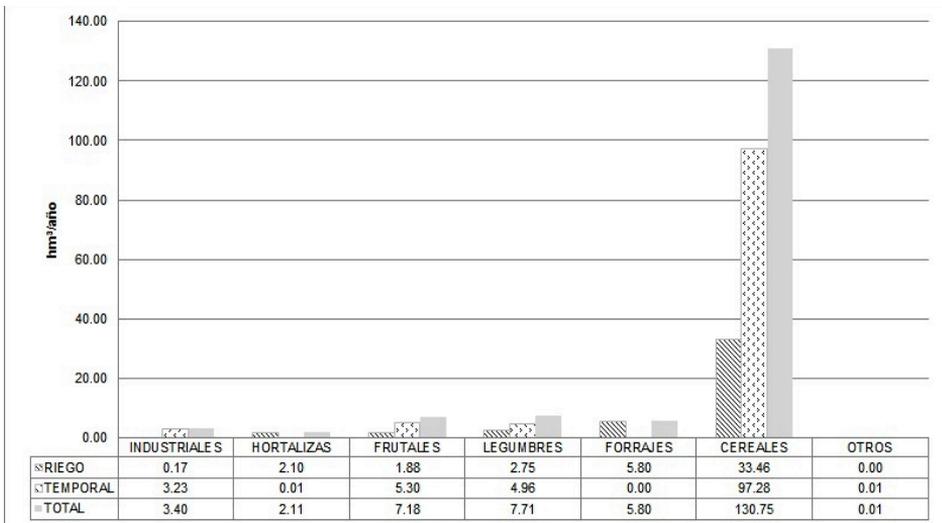
Ampliando la perspectiva de la huella hídrica a sus componentes verde y azul, encontramos que prácticamente todos los grupos de cultivos se siembran bajo los dos esquemas agrícolas: el de riego y el de temporal, pero en diferente proporción. De acuerdo con datos de la Sagarpa (2010), en la región se dedican 9890.82 ha a la agricultura de riego y 71533 ha a la agricultura de temporal. De aquí que se consuma más agua verde que azul en la actividad agrícola (figura 3) pues, en principio, la superficie de temporal supera casi siete veces a la de riego.

**Figura 3. Distribución de la Huella Hídrica Agrícola de acuerdo al régimen de cultivo**



Viendo más de cerca la huella hídrica azul, los resultados que se muestran en la figura 4 demuestran que el grupo de los cereales es también el mayor consumidor de agua ( $33.46 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). Le siguen los forrajes, las legumbres y las hortalizas con un requerimiento de  $5.80 \text{ hm}^3/\text{año}$ ,  $2.75 \text{ hm}^3/\text{año}$  y  $2.10 \text{ hm}^3/\text{año}$ , respectivamente. Los tipos de cultivo que menos agua azul consumen son los frutales ( $1.88 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y los cultivos industriales ( $0.23 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) representados, en este caso, por la caña de azúcar. Si bien, este último dato pudiera parecer poco significativo con respecto a la presión hídrica global en la región, al enmarcarlo dentro del contexto de la disponibilidad de agua azul se hace evidente que el cultivo de la caña de azúcar ejerce presión exclusivamente sobre las fuentes de agua naturales (acuífero subterráneo). Tomando en consideración que este cultivo es muy demandante de agua, habrá que vigilar su expansión.

**Figura 4. Magnitud de la Huella Hídrica Agrícola ordenada por grupos de cultivos**



Ahora bien, el reflejo del esquema de especialización agrícola a nivel de los cultivos indica que el maíz de grano es el cultivo dominante. De aquí que sea el cultivo que mayor presión ejerce, tanto sobre el agua verde como sobre el agua azul.

En cuanto a la huella hídrica verde, el maíz de grano da cuenta de 88% del agua de lluvia utilizada para la agricultura. Cabe destacar que el maíz de grano es el cultivo más importante para el estado de Oaxaca en términos de superficie cultivada, así como el primero en cuanto al consumo de agua verde.

En el caso del esquema de regadío, asociado a la huella hídrica azul, el cultivo del maíz de grano consume 66.44% del agua subterránea utilizada en los tres valles (30.79 hm<sup>3</sup>/año). El resto de la huella hídrica azul de la zona de estudio se explica por el consumo de otros tres cultivos: el maíz forrajero (4.2 hm<sup>3</sup>/año), el frijol (3.3 hm<sup>3</sup>/año) y la alfalfa (1.6 hm<sup>3</sup>/año).

## **El consumo de agua en la agricultura al interior de cada valle**

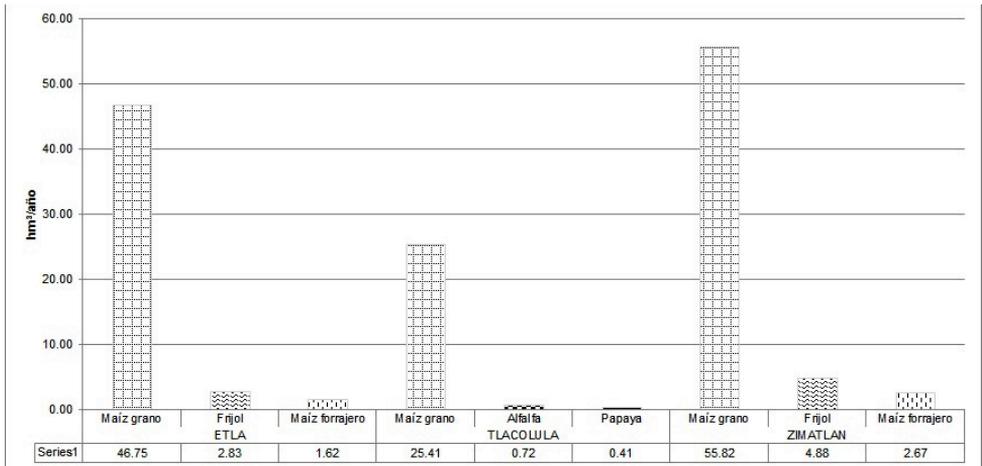
De los tres valles estudiados, Zimatlán es el que más agua consume en la producción agrícola (70.28 hm<sup>3</sup>/año) en términos de agua azul y verde en conjunto, seguido por el valle de Etna (55.03 hm<sup>3</sup>/año) y el de Tlacolula (31.82 hm<sup>3</sup>/año).

En términos de la distribución de la huella hídrica agrícola por grupo de cultivos a nivel local, los valles de Zimatlán y Etna observan el mismo patrón de requerimientos de agua. Es decir, el riego de cereales, forrajes y legumbres, en ese orden de importancia, dan cuenta de la mayor demanda de agua. A diferencia de Tlacolula, donde el patrón es: cereales, frutales y hortalizas como los grupos de cultivos que mayor demanda de agua tienen.

En términos de cultivos individuales, los tres cultivos que ejercen una mayor presión hídrica, tanto en Etna como en Zimatlán son: el maíz

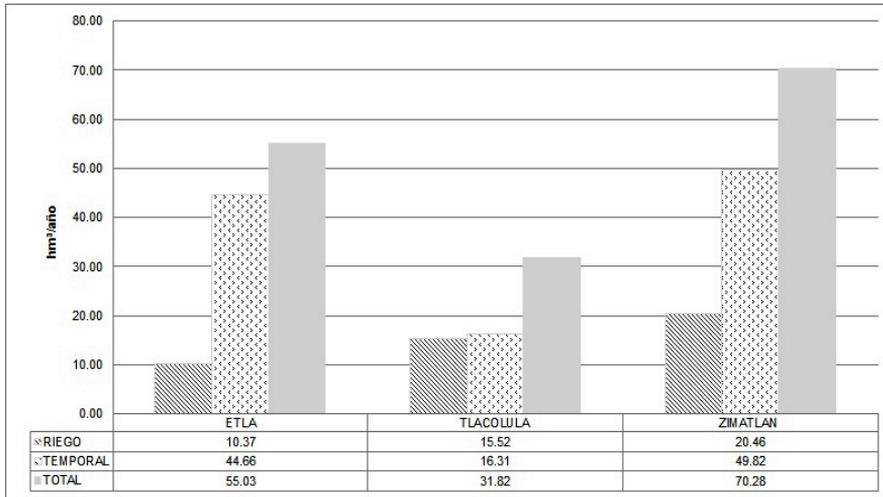
de grano, el maíz forrajero y el frijol, mientras que en Tlacolula estos puestos los ocupan el maíz de grano, la alfalfa y la papaya (figura 5).

**Figura 5. Relación de los cultivos que registran una mayor Huella Hídrica Agrícola en los tres distritos**



Como puede observarse en la figura 6, los tres valles comparten la característica de que su huella hídrica verde es mayor que la azul y, dentro de este contexto, el que más agua consume es Zimatlán y el que menos Tlacolula. Independientemente del distrito que se trate, dicha huella se ve fuertemente influida por la siembra del maíz de grano; sin embargo, la diferencia de la huella hídrica verde entre estos distritos se ve fuertemente determinada por la disponibilidad de agua a partir de la precipitación, pues tanto Zimatlán como ETLA registran más del doble de precipitación anual que Tlacolula.

**Figura 6. Magnitud de la Huella Hídrica Agrícola de acuerdo a la fuente de agua**



Asimismo, el distrito que utiliza más agua azul es Zimatlán, seguido por Tlacolula, y el que menos lo hace es ETLA. De acuerdo con los resultados, Zimatlán supera a ETLA en términos de su huella hídrica azul por un factor de 2, lo cual podría explicarse porque en Zimatlán se dedica casi el doble de tierra (4504.62 ha) a la agricultura de riego que en ETLA (2650.13  $\text{hm}^3/\text{año}$ ), y porque ahí se cultiva más del doble de superficie con maíz de grano (2939 ha).

Aquí es importante resaltar que, desde la perspectiva de la especialización agrícola, el valle de Zimatlán es el que más acusa este efecto, puesto que Tlacolula presenta mucha más riqueza de cultivos (21) que Zimatlán (7), producidos bajo un esquema de riego. Lo mismo sucede si se compara Zimatlán con ETLA, pues este último registra una riqueza de 16 cultivos. Lo anterior cobra más relevancia, ya que ETLA posee una huella hídrica azul menor que la de Zimatlán y, al mismo tiempo, favorece un mosaico agrícola más complejo.

Otro punto a destacar es que, en el caso de ETLA, si bien se asemeja a Tlacolula en términos de superficie agrícola bajo régimen de riego (alrededor de 2700 ha), este valle presenta una huella hídrica azul todavía menor, y su riqueza de cultivos no es mucho menor que la de Tlacolula. De entrada, esto llevaría a pensar que el recurso agua se usa de manera más eficiente en ETLA, ante una situación de menor disponibilidad, o incluso déficit de agua subterránea en comparación con Tlacolula y Zimatlán, como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Disponibilidad de agua subterránea en los distritos**

<b>Distrito/Valle</b>	<b>Disponibilidad (hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>ETLA</b>	-9.3
<b>Tlacolula</b>	3.8
<b>Zimatlán</b>	18.8

Fuente: Conagua.

## La presión hídrica en los tres valles

Frente a la realidad descrita hasta aquí, se puede observar la magnitud del consumo de agua azul en los tres valles (46.34 hm<sup>3</sup>/año) al compararla con la disponibilidad de aguas subterráneas (153.6 hm<sup>3</sup>/año). La actividad agrícola está consumiendo alrededor de 30% de los aportes hídricos subterráneos de estos valles, y este consumo representa 38% del volumen concesionado. Viéndolo por separado, este consumo se distribuye en los tres valles de la siguiente manera (cuadro 2):

**Cuadro 2. Distribución porcentual del consumo de agua subterránea y del volumen concesionado por parte de la actividad agrícola**

<b>Distrito/Valle</b>	<b>% de consumo de los aportes hídricos subterráneos</b>	<b>% de consumo del volumen concesionado</b>
<b>Etla</b>	6.75	8.51
<b>Tlacolula</b>	10.10	12.74
<b>Zimatlán</b>	13.32	16.79
<b>Total</b>	<b>30.17</b>	<b>38.08</b>

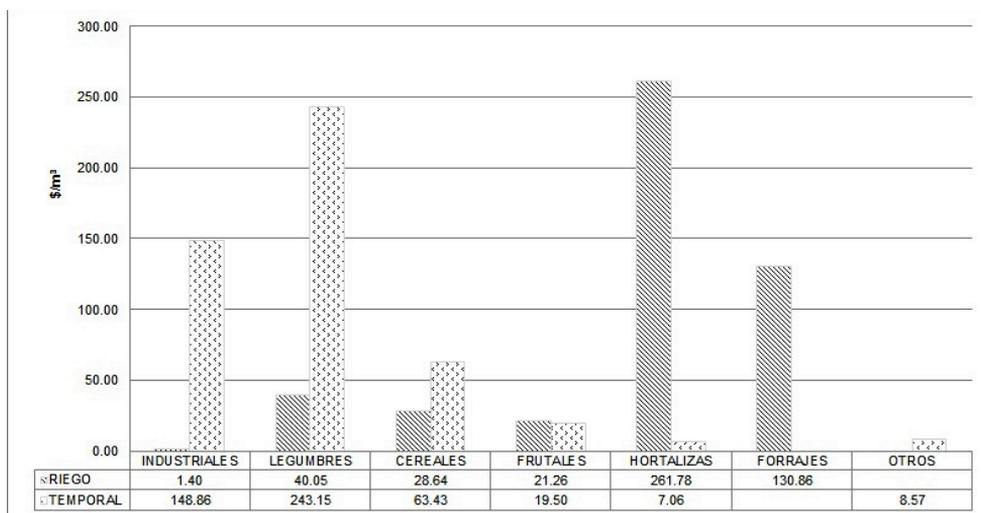
Fuente: elaboración propia.

Estos resultados colocan a Zimatlán como el distrito que ejerce mayor presión sobre el recurso agua en el territorio analizado, y al conjunto de los tres valles como un territorio que ejerce, por el momento, una presión hídrica clasificada como media-fuerte de acuerdo a la escala del Consejo Mundial del Agua ( $20\% < \text{explotación} < 40\%$  del agua naturalmente disponible) (Conagua, 2008). Esto, aunado a la relativa baja pluviosidad de la zona (alrededor de los 650 mm/año), a los requerimientos actuales de agua para el cultivo del maíz de grano, y a la fragilidad del acuífero de los Valles Centrales por sus características hidrogeológicas (infiltración natural y recarga limitada), ponen en riesgo la sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de la región.

## La productividad del agua en la zona de estudio

Finalmente, si se analiza la situación desde la óptica de la productividad media del agua, se puede apreciar que, bajo el esquema de riego, las hortalizas son las que aportan un mayor valor añadido por unidad de agua utilizada (figura 7). Le siguen los forrajes con una productividad intermedia y, a gran distancia, figuran las legumbres, los cereales y los frutales. En el caso de la agricultura de temporal, los más productivos, en función de los requerimientos de agua, son las legumbres y los cultivos industriales, dejando considerablemente por debajo a los cereales.

**Figura 7. Productividad del agua para los distintos grupos de cultivos**



Tomando en cuenta que el maíz es el cereal más extendido en los tres valles, esto hace que la productividad del agua en este territorio alcance, en promedio, los 4743  $\$/m^3$  en el caso del esquema de riego y los 96.68  $\$/m^3$

para temporal. Lo anterior se torna serio considerando el tema de la producción de más alimento, ya que el rendimiento promedio del maíz en los Valles Centrales es de 1.09 Ton/ha, que está muy por debajo del rendimiento promedio de este cultivo en el estado de Oaxaca (7.11 Ton/ha), y debajo también de su rendimiento promedio a nivel nacional (1.3 Ton/ha). En este sentido, cabría explorar la posibilidad de combinar, bajo el esquema de riego, el maíz con otros cultivos como son el frijol o el jitomate, los cuales llegan a tener mayores rendimientos, mayor Precio Medio Rural y menores requerimientos de agua.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con el Decenio Internacional para la Acción “El agua como fuente de vida” 2005-2015, la suficiencia alimentaria y la nutricional global sólo se logrará si las naciones destinan compromisos e inversiones para producir alimentos más nutritivos con menos agua (Naciones Unidas, 2005). Para ello se apuesta al uso de tecnologías innovadoras que garanticen una producción de alimentos más sustentable, como el incrementar el rendimiento de los cultivos, la protección de las cosechas y el aumento en la eficiencia tecnológica de la infraestructura de los sistemas de regadío, especialmente por goteo o micro-aspersión (Mestries y Bonilla, 2010).

En un contexto de condiciones de escasez de agua y de alta competencia por su consumo, como ocurre en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, el reto para la producción de alimentos y la conservación del recurso agua, dependerá no sólo de la reducción de la huella hídrica agrícola por sí misma, sino de los impactos que esta reducción tiene sobre los distintos usuarios, incluyendo los ecosistemas. Así, si bien son importantes las negociaciones institucionales que se realicen con los agricultores para optimar la capacidad de organización social para administrar las zonas de regadío y la producción de cultivos, bajo una

perspectiva de lograr mayor bienestar por unidad de agua, también lo serán los acuerdos con otros sectores económicos que demandan este líquido, y que están implantando novedosas medidas de ecoeficiencia en el reuso de las aguas servidas con tratamiento preliminar, primario y secundario, así como de otras fuentes de agua de calidad marginal.

De manera realista, se requiere una actividad agrícola que combine elementos, tanto del conocimiento tradicional como del moderno científico. Es decir, complementando el uso de distintas variedades de cultivos con tecnologías ecológicamente correctas y eficientes en el uso del agua se puede asegurar una producción agrícola más sustentable. Tomando en cuenta el indicador de la huella hídrica, para los tres distritos analizados de los Valles Centrales de Oaxaca, avanzar en esta dirección rendiría mayores beneficios si primero se enfocan esfuerzos al distrito de Zimatlán, dada la presión hídrica que ejerce en la región. Sin embargo, la variabilidad que puede existir en la eficiencia del uso del agua entre agricultores, también necesitaría ser tomada en cuenta (Ridout *et al.*, 2010), así como las condiciones de negociación para actuar en consecuencia.

En un contexto territorial, se puede afirmar que la huella hídrica agrícola es un indicador con potencial para orientar políticas públicas que promuevan la protección y el uso sustentable de los recursos hídricos desde la perspectiva del ordenamiento y el desarrollo territorial, siempre y cuando se contextualicen sus impactos y los beneficios del uso del agua. En el caso del uso de suelo agrícola, se pensaría que lo ideal sería encontrar un balance entre cultivos que sean rentables, tanto desde la perspectiva del productor como la de su valor en el mercado, en función del consumo de agua que se requiere para su producción. Y en este sentido, los resultados de este estudio proporcionan evidencia de que, en los tres valles estudiados, el maíz de grano es, por el momento, un cultivo poco rentable económicamente y con una alta huella hídrica azul y verde. También de que, bajo esta perspectiva, el frijol, el jitomate e incluso la alfalfa resultan una mejor opción, sobre todo bajo el esquema de riego.

De entrada, esto podría sugerir que la alternativa sería un programa de reconversión productiva del maíz de grano por otros cultivos de mayor relevancia económica bajo el esquema de riego. Sin embargo, los maíces nativos de Oaxaca presentan valores agregados muy importantes: su germoplasma es una prioridad en términos de su conservación biológica; son muy tolerantes y se adaptan a múltiples ambientes; son de alto valor culinario de los productos; en la comercialización tiene sobreprecio; es más rápida su venta, además de que tienen una gran importancia social, pues son el sustento de un complejo sistema biocultural y étnico (Casas-Cázares *et al.*, 2009). De aquí que la sustitución del maíz por otros cultivos constituya una solución subóptima, tanto desde la perspectiva ecológica como social.

Es necesario entender que el bajo rendimiento del maíz obedece a diversos factores que lo ponen en desventaja como cultivo, tales como: la baja fertilidad de los suelos, que buena parte de las parcelas de temporal se ubican en piedemontes y laderas, no se realiza control de plagas, hay ineficiente control de malezas, baja o nula fertilización, bajas densidades de población, malos arreglos, uso de variedades criollas, pero con defectos, mala selección y bajo potencial de rendimiento, entre otros factores (Ruiz y Loaeza, 2004). Luego entonces, para darle mayor oportunidad a este cultivo de importancia biocultural y regional, se requerirá de cambios estructurales dirigidos mayormente a corregir desigualdades en la distribución y acceso a recursos: incentivos a los valores tradicionales del maíz, subsidios a la agricultura de temporal, capacitación y transferencia tecnológica –por ejemplo para mejorar la productividad del agua, mejorar las variedades, mejorar la fertilización, generar cadenas de valor de los productos, etc. (Wise, 2008). Aunque también se necesitará el reconocimiento, por parte de los gobiernos, de que el conocimiento tradicional es un recurso de vital importancia en la búsqueda de la sustentabilidad, sobre todo en un contexto cultural como el de Oaxaca (Toledo, 2002).

Sin perder de vista este contexto, es importante dejar claro que las mejoras en la eficiencia en el uso del agua, tanto por tonelada producida

como por hectárea sembrada, son estrategias importantes y pertinentes para disminuir la presión sobre el recurso hídrico y, por lo tanto, sobre los ecosistemas (Hoekstra, 2007). Esto en virtud de que en México la agricultura de riego, ha sido privilegiada y su importancia ha sido sobrevalorada por las políticas agrícolas desde hace casi un siglo, acarreado grandes subsidios a la minoría de los productores de riego quienes no pagan el agua a su costo económico real y menos a su costo de oportunidad. Esto, a su vez, ha propiciado un uso desmedido del agua que, en conjunto con la ineficiencia de los métodos de riego, pozos cada vez más hondos, costos de bombeo e irresponsabilidad de los productores, han contribuido al cierre de algunas cuencas y a un agotamiento progresivo de los mantos freáticos. También a azolvamiento y salinización de presas, e inundaciones por desfogue de represas en las cuencas bajas (Mestries y Bonilla, 2010).

En este sentido, resulta importante explorar la viabilidad de una política de cobro por el uso de agua que sea justa y eficaz para incentivar el ahorro de agua, y desfavorecer los cultivos altamente intensivos en el uso de este recurso y energéticamente dispendiosos (Lundqvist y Steen, 1999; Brandes *et al.*, 2002; Toledo, 2002). También sería necesario mejorar la supervisión oficial de la extracción y venta de concesiones, así como capacitación a los usuarios en la administración de los módulos de riego respecto a los controles del tiempo y volumen de extracción, sobre todo en un contexto regional donde las concesiones de agua son gratuitas –independientemente de la situación del agricultor–, no son monitoreadas, y se usan en la práctica como un artículo con valor de mercado intercambiable entre los agricultores (Consejo, 2009).

También será cada vez más importante mejorar las técnicas de colecta y almacenamiento de agua en el esquema de agricultura de temporal con el propósito de hacer un mejor uso del agua de lluvia (Falkenmark *et al.*, 2007), principalmente para la siembra del maíz. Asimismo, en un contexto de sustentabilidad, las autoridades ambientales y de planificación territorial deberían estructurar una política de desarrollo regional

donde se puedan identificar la capacidad de carga hídrica del territorio y, en función de ésta, diseñar nuevos esquemas para la siembra de este cultivo que potencien sus rendimientos y promuevan su conservación como capital natural y cultural (Pérez, 2008).

Aunado a esto, sería importante la promoción de la heterogeneidad de los mosaicos agrícolas en donde se combinaran cultivos altamente productivos con cultivos nativos menos consumidores de agua y más rentables económicamente desde la perspectiva del valor agregado de otros mercados, como el gastronómico en el sector turístico (Binnqüist, 2011). Aquí valdría la pena revisar las posibilidades de promover la milpa mejorada en el contexto rural y evaluar el potencial de la agricultura urbana en el contexto de las ciudades (Turrent *et al.*, 2012).

Por otra parte, la agricultura de riego en los Valles Centrales enfrenta la presión que tienen las propias fuentes de agua azul: en esta zona casi no existen depósitos naturales de aguas superficiales –la mayoría del agua escurre superficialmente a través de la red hidrológica, principalmente por los ríos Atoyac, Salado, Seco, Jalatlaco–; la infiltración natural y la recarga es limitada; la extracción de agua de los acuíferos de los Valles Centrales se ha realizado desde tiempos prehispánicos para sistemas de riego. A pesar de esto, se ha llevado a cabo la desmedida extracción del líquido para cubrir la demanda agrícola y urbana, sobre todo del distrito Centro.

Ante este contexto, el reto de mantener la producción agrícola en los Valles Centrales de Oaxaca radica también en proteger y preservar el agua azul proveniente de los acuíferos que en este momento están en veda. Aquí, la incorporación del enfoque de huella hídrica agrícola resulta de utilidad para resguardar y revalorizar el recurso agua (Pengue, 2006), actuando en consecuencia, por ejemplo, a través de la optimización del regadío. Otro elemento fundamental para disminuir la presión hídrica agrícola es incrementar el uso efectivo del agua de lluvia, del agua almacenada y del agua marginal de menor calidad para el regadío, pues, dadas las condiciones de infiltración y recarga de los acuíferos de los

Valles Centrales, no es sustentable seguir manejando los mismos volúmenes concesionados de agua azul, así como importar agua de otras subcuencas (Binnqüist, 2011).

En este sentido, una alternativa a futuro sería una nueva racionalidad en la gestión de las aguas residuales en zonas urbano-rurales, en donde se asuman como un capital los gastos sanitarios derivados de los drenajes urbanos a los cuales se les puede otorgar un nuevo valor, pues al ser conducidos eficientemente por colectores marginales hasta sistemas locales de tratamiento, el efluente no deberá de verterse directamente a la red hidrológica; por el contrario, deberá de mantenerse en el sistema a través de destinarse al regadío de acuerdo a los límites máximos permisibles de contaminantes considerados en la NOM-001-ECOL-1996.

Otra alternativa sería mantener el buen funcionamiento de los actuales sistemas de riego antes que aumentarlos, con el objeto de reducir pérdidas. En este punto es importante hacer notar que, si bien las pérdidas por drenaje, filtrado o percolación, se pueden reincorporar al ciclo hidrológico, hay que tomar en cuenta que la calidad de agua que se infiltra no tiene la misma calidad del agua que se extrae. De ahí la importancia de la sincronización del riego en los periodos más sensibles al crecimiento, basadas en las necesidades hídricas de los cultivos.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue estimar la presión que ejerce la agricultura sobre el recurso agua en Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula a través del cálculo de la huella hídrica agrícola.

El balance entre la oferta y la demanda de agua de los tres valles evidencia que la agricultura ejerce una fuerte presión hídrica en esta región de Oaxaca, y que, en principio, un factor que explica esta situación es la especialización productiva basada en el cultivo del maíz de manera tecnificada. Los resultados obtenidos permiten afirmar que el cultivo de

maíz de grano, bajo las actuales condiciones biogeofísicas y de manejo, es poco rentable y con externalidades crecientes: por ejemplo, intensificación del estrés hídrico, homogeneización del paisaje y disminución de la diversidad de cultivos. Entonces, cabe preguntarse: ¿cómo hacer para que el cultivo más importante del país –en varios sentidos–, pero que es un consumidor intensivo de agua se mantenga? ¿qué hacer en un contexto donde la brecha entre demanda y disponibilidad natural de agua es cada vez más amplia?

Desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental, se requeriría una mayor producción de biomasa, disminuyendo los insumos de agua. Aquí sería importante acudir a estrategias de bajo costo como son: un mejor uso de semillas (tratamiento, un incremento en la densidad de población y arreglo topológico), uso de biofertilizantes, análisis foliar y fertilización balanceada; en contraposición al uso de variedades transgénicas (Turrent *et al.*, 2012). Esto, a su vez, sugiere que la inversión pública debería apoyar a los pequeños y medianos productores de temporal, que son los que presentan menores rendimientos, pero que sin embargo contribuyen sustancialmente a la suficiencia alimentaria de los estratos más pobres.

Por otro lado, reconociendo la importancia biocultural del maíz, pero también la necesidad de obtener un mayor valor agregado de la agricultura, sería importante promover la colocación de las diversas variedades del maíz nativo en mercados especializados, como el gastronómico orientado a la actividad turística. Otra posibilidad sería complementar el cultivo del maíz con otros que pueden significar una alternativa desde el punto de vista de la productividad del agua y que además pueden coadyuvar en la creación de paisajes agrícolas más heterogéneos, menos consumidores de agua y con mayor valor en el mercado.

Desde el punto de vista técnico, es necesario mejorar la eficiencia de la infraestructura de los sistemas de riego y disminuir la extracción de agua de las fuentes naturales, básicamente por tratarse de una cuenca cerrada, donde el agua es escasa, y lo será más por los efectos

del cambio climático. Ante esto, se impone que el enfoque de la “vía suave”, esto es: utilizar agua de menor calidad en procesos que no requieran agua potable; trabajar en forma más cercana con los usuarios en los ámbitos organizacionales y sociales para cambiar las percepciones y actitudes en torno al agua donde sea necesario, y emplear herramientas económicas para fomentar el uso eficiente y la adecuada distribución del agua, en donde juegue un papel protagónico el manejo de este recurso.

Por otro lado, si bien el recurso hídrico puede ser discutido en términos de cifras nacionales y globales, concordamos Molle *et al.* (2010), en que las consecuencias de la falta de disponibilidad de agua: ya sea el agotamiento de otros recursos, el daño a la salud humana o a la integridad de los ecosistemas, éstas se experimentan a nivel de subcuencas locales. En este sentido, la huella hídrica agrícola aporta una perspectiva a tener en cuenta en el desarrollo de políticas, programas y acciones destinadas al ordenamiento y el desarrollo territorial, así como para la sensibilización y capacitación de los productores en relación al uso del agua. Un aspecto importante a considerar en el uso de la huella hídrica agrícola en el diseño de políticas, es la necesidad de contextualizar los impactos ambientales y sociales de este indicador.

Lo que este caso de estudio ha mostrado, es que la huella hídrica agrícola puede usarse para hacer transparente y significativa la presión hídrica en el contexto de la disponibilidad local del recurso agua. Esta transparencia es crítica si se considera al consumo/desperdicio de agua no solamente en términos de su costo económico, sino en términos de sus impactos sociales y ambientales. Por lo tanto, lo expuesto en este documento crea un caso, tanto para la intervención del gobierno como para la acción personal de los agricultores sobre la base de la responsabilidad compartida.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a sus alumnos del módulo de Análisis de Sistemas Ecológicos (Trimestre 11/O) de la licenciatura de Biología de la UAM-X por la recopilación de datos, y a la Biól. Nayeli Flores Guadarrama por el apoyo en el procesamiento de los datos y la elaboración de las gráficas. También agradecemos los valiosos comentarios de los revisores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, D. *et al.*, 2011, "Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola", en *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, núm. 7, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- Aguilera, M. y R. Martínez, 1980, *Relaciones agua suelo planta atmósfera*, Departamento de enseñanza investigación y servicio en irrigación, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Allan, A., 1998, "Virtual water: A strategic resource, global solutions to regional deficits", en *Groundwater* 36: 545-546.
- Allen, G. *et al.*, 1998, *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*, FAO, Drainage and Irrigation, Paper 56, Food and Agriculture Organization, Roma.
- Ayala, A. y R. García, 2009, "Contribuciones metodológicas para evaluar la multifuncionalidad de la agricultura campesina en la Meseta Purépecha", en *Economía, Sociedad y Territorio* 9(31): 759-801.
- Binnqüist, G., 2011, Actualización del Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de la ciudad de Oaxaca, Fase I, Secretaría de las Infraestructuras y Ordenamiento Territorial Sustentable del estado de Oaxaca, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Fondo Metropolitano.

- Bonnal, P. *et al.*, 2003, Multifuncionalidad de la agricultura y Nueva Ruralidad. ¿Reestructuración de las políticas públicas a la hora de la globalización?, Seminario Internacional El Mundo Rural: Transformaciones y Perspectivas a la luz de la Nueva Ruralidad, 15-17 de octubre, Bogotá, Colombia.
- Brandes, M. *et al.*, 2005, *At a Watershed: ecological governance and sustainable water management in Canada*, the POLIS Project on Ecological Governance, Canadá, Universidad Victoria.
- Calva, L., 2007, "Políticas de desarrollo agropecuario", en Calva, L. (coord.), *Agenda para el desarrollo*, vol. 9, Desarrollo agropecuario forestal y pesquero, UNAM, Porrúa, Cámara de Diputados-LX Legislatura, México, pp.
- Casas, R., 2009, "Sostenibilidad y estrategia en agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales de Oaxaca", en *Agrociencia* 43(3): 319-331.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007, *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, Earthsan, Londres.
- Conagua, 2008, Estadísticas del agua en México, Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- Conagua, 2009, Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (2025) Valles Centrales, estado de Oaxaca, Comisión Nacional de Agua, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos, México, D.F.
- Conagua, 2011, Agenda del agua 2030, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- Consejo, J., 2009, Protecting Water: Sustainable Production and Efficient Irrigation in Oaxaca's Central Valleys, en *Water and Agriculture. Implications for Development and Growth*, Essays from the CSIS and SAIS Year of Water Conference.
- Crecente, D., 2002, Ordenación del espacio rural como instrumento de la multifuncionalidad, Ponencia presentada en la Jornada Autonómica de Galicia celebrada en Santiago de Compostela, España.

- Chapagain, A. *et al.*, 2006, "The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries", en *Ecological Economics* 60: 186:203
- Chapagain, A. y A. Hoekstra, 2004, *Water Footprints of Nations*, Volume 1: Main Report. Value for Water, Research Report Series No. 16, noviembre, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, en <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16.pdf>.
- Deuret, M. *et al.*, 2011, "Can product water footprints indicate the hydrological impact of primary production? - A case study of New Zealand kiwifruit", en *Journal of Hydrology* 408: 246-256.
- Gobierno del estado de Oaxaca, 2011, *Planes Regionales de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016*, Región Valles Centrales, Secretaría de Finanzas.
- Grau, G. y F. Tabora, 2011, "El agua: tema central para la seguridad alimentaria", en *Global Water Partnership Entre-aguas* 2(11): 1.
- Falkenmark, M. *et al.*, 2007, "Agriculture, water, and ecosystems: avoiding the costs of going too far", en Molden, D. (ed.), *Water for food water for life*, Earthscan, Reino Unido.
- Falkenmark, M., 2003, "Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society of London", en *Series B, Biological Science* 358: 2037-2049.
- Hoekstra, Y., 2007, *Human appropriation of natural capital: Comparing Ecological Footprint and Water Footprint analysis*, Value of Water research Report Series No. 23, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, Y. y Q. Hung, 2002, *Virtual water trade: A quantification of virtual waterflows between nations in a relation to international crop trade*, Value of Water Research Report Series Núm.11, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, en [www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf), consultado el 15/02/2010.
- Lundqvist, J. y E. Steen, 1999, "The contribution of blue water and green water to the multifunctional character of agriculture and land",

- en Documento de trabajo, FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land Background Paper 6, Water, FAO, Holanda.
- Mestries, F. y T. Bonilla, 2010, "Crisis de la sustentabilidad de la agricultura de riego en el valle central de Puebla", en *Revista Estudios Agrarios* 43: 1-14.
- Mekkonen, M. y Y. Hoekstra, 2010, "A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat", en *Hydrology and Earth Systems Sciences* 14(7): 1259-1276.
- Molle, F. *et al.*, 2010, River basin closure: Processes, implications and responses, *Agricultural Water Management*, 97: 4 69-577.
- Naciones Unidas, 2005, Medidas adoptadas para organizar las actividades del Decenio Internacional para la acción, "El agua, fuente de vida", 2005-2015. Informe del Secretario General, en <http://www.un.org/spanish/events/waterday/2005/>
- Noticias Móvil, 2012, Carece Valles Centrales de disponibilidad de agua, s/f, en [movil.noticiasnet.mx/principal/87993-carece-valles-centrales-disponibilidad-agua](http://movil.noticiasnet.mx/principal/87993-carece-valles-centrales-disponibilidad-agua).
- Pengue, A., 2006, "Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras", en *Fronteras* 5(5): 14-25.
- Pérez, A., 2008, *Comercio internacional y medio ambiente en Colombia. Mirada desde la Economía Ecológica*, La colección libros de investigación, Programa Editorial Universidad del Valle, Colombia.
- Ramírez, R., 2010, "La vulnerabilidad territorial del liberalismo mexicano", en Calva, L. (coord.), *Desarrollo regional y urbano*, vol. 13, Análisis Estratégico para el Desarrollo, Juan Pablos Editor, Consejo Nacional de Universitarios.
- Ridoutt, G. *et al.*, 2010, "The waterfootprint of food waste: case study of fresh mango in Australia", en *Journal of Cleaner Production*, 18: 1714-1721.
- Rodríguez, R. *et al.*, 2008, *La huella hidrológica de la agricultura española*, Pa-peles de Agua Virtual, núm. 2, Fundación Marcelino Botquin, Santander, España.

- Roth, E. *et al.*, 2001, "A discussion of the use of the sustainability index: 'ecological footprint' for aquaculture production", en *Aquatic Living resources* 13: 461-469.
- Ruiz, J. y R. Loaeza, 2004, "Validación del método de siembra en surcos alternos para la Asociación Maíz-Frijol en Valles Centrales de Oaxaca", en *Naturaleza y Desarrollo* 2(1): 13-17.
- Sagarpa, 2010, Estadísticas Agrícolas 2010, OEIDRUS-Oaxaca, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_oax/](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/)
- Sánchez, J., 1999, "Uso consuntivo del cultivo de aguacate: metodología Blaney y Criddle modificada relacionando fenología y precipitación", en *Revista Chapingo serie horticultura* 5: 201-207.
- Selman, P., 2009, "Planning for landscape multifunctionality", en *Sustainability. Science, Practice & Policy* 5(2): 45-52.
- Toledo, A., 2002, "El agua en México y en el mundo", en *Gaceta Ecológica* 64: 9-18.
- Turrent, A. *et al.*, 2012, *Factibilidad de alcanzar el potencial productivo del maíz de México*, Mexican Rural development Research Reports, Report 24, Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Wise, T., 2008, "Estado de emergencia para el maíz mexicano: proteger la agrobiodiversidad apuntalando la economía campesina", en Seefó, L. L. (ed.), *Desde los colores del Maíz: una agenda para el campo mexicano*, El Colegio de Michoacán, México.

# La trayectoria tecnológica de los biocombustibles en Brasil y México. Dos historias contrastantes

Arcelia González<sup>1</sup> y Yolanda Castañeda<sup>1</sup>

**Resumen.** *El presente trabajo tiene como objetivo analizar la trayectoria tecnológica que se ha seguido en la producción de biocombustibles en Brasil, y la que se pretende seguir en México.*

*La trayectoria de biocombustibles en Brasil, desde la década de los setenta y en donde se ha generado una infraestructura, ha seguido un comportamiento consumidor adecuada para la utilización de los biocombustibles de primera generación, lo cual no exige pasar todavía a la producción masiva de biocombustibles de segunda generación. La producción de biocombustibles en Brasil, en términos económicos, ha tenido un gran éxito, sin embargo, en términos sociales, existen grandes problemas ocasionados por el conflicto por la tierra, y los actores que son beneficiados. En el caso de México, no existe una trayectoria tecnológica propiamente. Se analiza el desarrollo incipiente de esta trayectoria. Se revisan algunos de los casos de proyectos de biocombustibles y se anotan algunas conclusiones finales para ambos países.*

**Palabras claves:** *biocombustibles, trayectoria tecnológica, México, Brasil.*

<sup>1</sup> Profesoras-Investigadoras, Departamento de Sociología, UAM-Azcapotzalco, e-mail: arcindep@hotmail.com y ycz@correo.azc.uam.mx.

**Abstract.** *The objective of this paper focuses on the technologic path in Brazil and Mexico. The biofuels production in Brazil has been very successful, from economic perspective, however, in social terms, there are big problems because of land conflict and others. Respect to Mexico, there is not a developed technologic path. We analyze de beginning of technological path. We review some biofuels projects and we give some conclusions for both countries*

**Key words:** *Biofuels, technologic path, Mexico, Brazil.*

## INTRODUCCIÓN

La producción actual de biocombustibles<sup>2</sup> se está desarrollando dentro de un contexto internacional en donde apremia el uso de energías alternativas a la fósil, llámese petróleo, la cual ha sido el patrón energético por excelencia por décadas dentro del mercado global capitalista. Dentro de diversos foros internacionales y desde la propia perspectiva de las economías más industrializadas y también de algunos países en desarrollo, se ha expuesto la urgente necesidad de producir energías alternativas al petróleo, partiendo de criterios ambientales con la intención de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero; la preocupación –para algunos países como México– acerca de fuertes problemas de capital, la disminución de reservas de petróleo por centrar su política energética en el combustible fósil, adicional a la fuerte dependencia eco-

<sup>2</sup> Los biocombustibles son portadores de energía que almacenan la energía derivada de la biomasa, ésta es la fracción biodegradable de productos, desperdicios y productos de la agricultura, forestal y relativa a industrias. Los biocombustibles se pueden clasificar según la fuente y el tipo. Pueden ser sólidos como la leña, el carbón vegetal y los gránulos de madera; líquidos, como el etanol, el biodiesel y el aceite de pirolysis, o gaseosos, como el biogás (FAO, 2008).

nómica –con países como Estados Unidos– que implica la importación masiva del petróleo.

Para países como Brasil, la producción de biocombustibles ha sido resultado de una trayectoria tecnológica eficaz, con más de 30 años en la implementación de esta tecnología, y que actualmente se presenta como el “modelo a seguir”. La participación social en el desarrollo de esta trayectoria ha sido compleja debido a que este desarrollo –sobre todo de biodiesel– ha sido planteado con el objetivo explícito de involucrar a pequeños productores, sin embargo, este proyecto no ha logrado el principal fin, el cual tiene que ver con el beneficio para la producción familiar.

México ha aprobado, en 2007, La Ley para la Producción y Promoción de Bioenergéticos, con la cual se pretende iniciar una política en la producción de éstos. Existen algunas experiencias en la producción de éstos, una de las cuales es Destilmex, instalada en 2007, convirtiéndose en la primera empresa productora de etanol. La inversión para esta planta fue de 600 millones de dólares y su principal objetivo fue producir etanol. En un inicio realizó pruebas teniendo como materia prima al maíz, sin embargo, su producción se detuvo ante las condiciones y restricciones establecidas en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos sobre el uso del maíz para fines energéticos. En esta etapa, aunque incipiente, del desarrollo de biocombustibles en México no se ha dado una consulta social, una participación de organizaciones de pequeños productores o de los propios consumidores a fin de conocer hasta donde los biocombustibles son una alternativa energética sustentable para México.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la trayectoria que se ha seguido en la producción de biocombustibles en Brasil, y la que se pretende seguir en México a fin de evaluar hasta dónde actores importantes, como los pequeños productores o pertenecientes a la agricultura familiar, están o pudieran estar incluidos en el desarrollo de esta trayectoria.

## El desarrollo de Biocombustibles. Dependencia de una trayectoria, creación de una trayectoria y movimientos de resistencia

El desarrollo de biocombustibles ha llevado a diferentes teóricos a interpretar desde posturas diversas la producción de biocombustibles en países líderes.

Michael Carolan, por ejemplo, ha utilizado el concepto de “dependencia de una trayectoria” (path dependency) para explicar la producción actual de bioetanol proveniente de maíz, en Estados Unidos, explicándola como una trayectoria dependiente de configuraciones institucionales ya establecidas y de un comportamiento, también establecido, por parte de los consumidores, en donde la eficiencia energética no es el principal criterio para la utilización de maíz en la producción de etanol (Carolan, 2009).

Para el caso de Brasil, el mismo Carolan ha interpretado el desarrollo de su trayectoria en la producción de etanol, como una “dependencia de una trayectoria”, en el sentido de que desde los setenta hasta ahora se ha utilizado caña de azúcar en la producción de etanol (el cual sería un biocombustible de primera generación<sup>3</sup>). Sin embargo, en su momento, es decir, desde el momento en que se produjeron los autos flex-fuel (lo que implicaba utilizar 50% de gasolina y 50% de etanol) se dio un cambio radical tecnológico. El uso de la caña de azúcar para producir etanol, en

<sup>3</sup> Los biocombustibles de primera generación son generalmente hechos de azúcares, granos o semillas. Se usa sólo una proporción específica de la masa producida de la planta y un proceso, relativamente simple, es requerido para producir el combustible final. Este tipo de combustibles, en especial el maíz y la caña de azúcar, son utilizados para la producción de etanol. La soya y otros aceites vegetales son utilizados para la producción de biodiesel. Los biocombustibles de segunda generación están hechos de masa lignocelulósica, de residuos de biomasa lignocelulósica no comestible, residuos forestales, de cultivos o de comida (FAO, 2008).

Brasil, ha sido el criterio de eficiencia energética, uno de los más importantes y que hace funcionar el modelo. Cuando inicia la producción y la utilización de estos autos –en el que incidieron actores poderosos–, se trataba de la “creación de una nueva trayectoria”, no de una dependencia, misma que se ha mantenido estable hasta la fecha.

Uli Meyer y Cornellius Schubert examinan la noción de Raghu Garud y Peter Karnoe de “creación de una trayectoria” (*path creation*), para enfatizar el papel de cambios estratégicos y la acción deliberada para el desarrollo de nuevas tecnologías (Meyer y Schubert, 2007). El concepto de *path creation* se basa en las mismas condiciones de *path dependency*: el desarrollo tecnológico está determinado tecnológicamente, puede estabilizarse y es difícilmente reversible.

Desde la perspectiva de Meyer y Schuber hay tres principales aspectos en el concepto de “path creation”: a) actores poderosos pueden estratégicamente influenciar el desarrollo de una tendencia, al mismo tiempo que estos actores son ellos mismos influenciados por esta tendencia; b) crecientes ganancias son acciones deliberadas vinculadas a amplias dinámicas sociales; c) la creación, pero también el fin de una tendencia pueden ser causadas por acciones deliberadas (Meyer y Schubert, 2007:27). El concepto de “path creation” enfatiza la fase de innovación previa al mercado.

La producción de biocombustibles en Brasil inicia fuertemente en la década de los setenta, justo a raíz de la crisis internacional de los precios del petróleo. La producción de estos biocombustibles implicó la participación de actores poderosos como el Estado, a través de importantes subsidios, y grandes empresas especializadas en la producción de azúcar para la producción de alcohol, como es el caso de UNICA, que influenciaron significativamente en el desarrollo de una tendencia que implicó la producción de autos flex-fuel, y un desarrollo tecnológico que llevó a que Brasil se convirtiera, hasta hace pocos años, en el primer productor de etanol a nivel mundial; actualmente

ocupa el segundo lugar, sólo después de Estados Unidos. Por lo anterior, Brasil estaría bajo la modalidad de la creación de una nueva trayectoria (“path creation”). Sin embargo, dado que viene siguiendo esta trayectoria desde la década de los setenta, pareciera estar actualmente bajo la modalidad de dependencia (“path dependency”) dado que han pasado ya cuarenta años con este tipo de tecnología y no ha pasado a lo que actualmente se conoce como biocombustibles de segunda generación, una tecnología que implicaría un cambio radical en cuanto a infraestructura y comportamiento de los consumidores.

Nos interesa analizar cómo ha sido esta trayectoria y cómo han participado, o se han beneficiado, actores específicos, como son los pequeños productores y, en general, la producción familiar, los cuales forman parte importante del conjunto de la producción agrícola de Brasil. En el caso de México, el desarrollo de biocombustibles es incipiente y no se podría analizar todavía el desarrollo de una trayectoria, sin embargo, en el plan de desarrollo que se detallará más adelante, se puede observar que no están contemplados, prioritariamente, los intereses de los pequeños productores.

En el caso de Brasil, así, el desarrollo de biocombustibles se ha establecido por la propia estructura agrícola del país, el desarrollo tecnológico implementado, el apoyo del Estado en los inicios del programa Proálcool, en 1970, el papel de grandes empresas transnacionales concentrando la producción y la venta de etanol, aunado al comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el azúcar. Pero la trayectoria tecnológica no estaría completa si no se analiza cuál ha sido el papel de la agricultura familiar o de los pequeños productores en la evolución de la misma.

Andrew Feenberg utiliza el término de racionalización democrática para explicar cómo es que algunos movimientos sociales desafían el raciocinio de la sociedad actual, en donde la tecnología responde a un específico y prioritario telos, que es el de obtener una ganancia. El

concepto de racionalización democrática para este autor sería la participación de la sociedad en su conjunto en el diseño de la tecnología, la cual esté fundada en una acción responsable dentro de un contexto natural y humano. La democracia es, desde la perspectiva de Feenberg, una iniciativa participativa de la sociedad, que emerge desde la propia experiencia y necesidades de los individuos, como un movimiento de resistencia hacia el control que ejerce la sociedad capitalista desde la tecnología. Feenberg señala que los movimientos de reivindicación de derechos, sean democratizadores, ecologistas o movimientos laborales, son una manifestación de la manera en que los individuos pueden emplazar a la tecnología para que se adapte a su propia concepción social y cultural del mundo (Feenberg, 1992).

El comportamiento de algunos movimientos en Brasil ha sido de este tipo, de resistencia, dado que el programa de biocombustibles, sobre todo el de biodiesel, no cumple con las expectativas prometidas por el propio programa. Aunque el de otros es de un gran involucramiento en la propia producción de estos bioenergéticos, sobre todo en el de la producción de etanol.

Existen otros criterios de impacto social a considerar. Como bien lo señala Robert W. Howarth,<sup>4</sup> el uso industrial de biocombustibles está siendo promovido en los países industrializados como una forma de incrementar su independencia energética y uso sustentable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En los países en desarrollo los biocombustibles están siendo usados para promover el desarrollo abriendo nuevas oportunidades de negocios, al mismo tiempo que crea trabajos e incrementa ingresos. La producción de biocombustibles, sin embargo, desde la perspectiva de este autor, puede resultar en una variedad de consecuencias ambientales, como grandes cambios en el uso de la

<sup>4</sup> Departamento de Ecología y Biología Evolutiva, de la Universidad de Cornell.

tierra, expansiones en la agricultura, cambios en las prácticas agrícolas (Howarth, 2008).

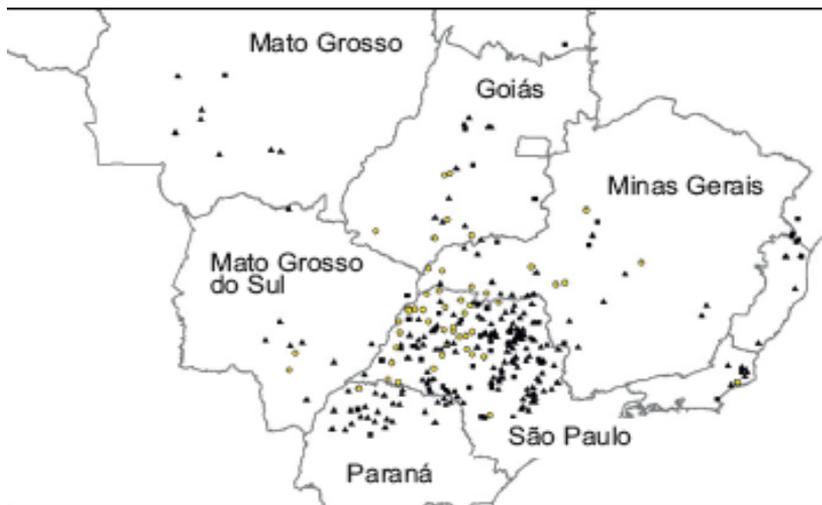
Howarth nos explica que en tanto que la producción de biocombustibles está creciendo globalmente, el potencial de competencia entre la producción de biocombustibles y la producción para alimentos se intensificará. Incluso, aunque se usen cultivos que no compitan actualmente con los alimentos, el potencial de competencia futuro existe en tanto que este último tipo de cultivos crezca en suelos potenciales para producir alimentos.

### **Brasil. Producción de etanol a partir de la caña de azúcar<sup>5</sup>**

La expansión del cultivo de la caña de azúcar se ha venido dando, sobre todo, en el estado de Sao Paulo, donde más de 60% de las plantaciones de caña de azúcar están localizadas, y de las cuales se extrae 62% de la producción de etanol (Goldemberg *et al.*, 2008) (Mapa 1). El hecho de que más de 60% de la expansión en el cultivo de la caña de azúcar sea en Sao Paulo, debilita el argumento según el cual el aumento en la demanda de etanol estaría provocando el desmantelamiento de la Floresta Amazónica (Ferreira, 2007).

<sup>5</sup> Para la elaboración de este apartado realizamos entrevistas a diversos investigadores, empresarios y autoridades gubernamentales en Sao Paulo en el año 2008.

### Mapa 1. Producción de caña de azúcar para la producción de etanol en Brasil



Fuente: Goldemberg *et al.*, *The sustainability of ethanol production from sugarcane*, CENBIO, University of Sao Paulo, Brazil, 2008.

Nota: Los triángulos oscuros representan las usinas existentes, los círculos amarillos las usinas planeadas.

La baja fertilidad de los suelos y las lluvias en la Amazonia hacen difícil el cultivo de azúcar en la región. El cultivo de azúcar necesita de clima seco para formar la sacarosa, por lo que en climas muy húmedos, como el de la región amazónica, la caña absorbe agua en exceso del suelo, lo que impide la formación del azúcar (Ferreira, 2007). De acuerdo a las entrevistas realizadas, se señaló que la Amazonia se encuentra a 2000 km de la producción de caña de azúcar, por lo que esta última no atenta

contra la propia región (Goldemberg, entrevista realizada el 19 de agosto de 2008).

Una de las ventajas del etanol proveniente de la caña de azúcar, frente a la gasolina, es su carácter esencial como recurso renovable, en tanto que la gasolina derivada del petróleo no lo es. El uso de la caña de azúcar para producir etanol no emite significativamente gases de efecto invernadero (principalmente  $\text{CO}_2$ ). Lo que sucede es que el dióxido de carbono, liberado de la producción de etanol, es reabsorbida por la fotosíntesis durante el crecimiento de la caña de azúcar en la siguiente estación del año (Goldemberg *et al.*, 2008).

Otro aspecto importante es el excelente balance energético observado en la producción de alcohol a partir de la caña de azúcar. La relación entre la energía producida y la energía de origen fósil, utilizada como insumo en la producción de etanol, es de 8.3. Esto significa que, por cada unidad de energía empleada en el proceso productivo de etanol, son producidas más de ocho unidades. Este balance es extremadamente favorable, cuando, comparado con el balance energético obtenido en la producción de etanol a partir de maíz (como es el caso de Estados Unidos, el mayor productor de etanol a nivel mundial), es de 1.4 (Ferreira, 2007).

### **Ventajas económicas en la producción de etanol. Eficiencia en la producción de etanol a partir de la caña de azúcar**

En la producción de biocombustibles con base en la caña de azúcar se observa un alto rendimiento, el más alto respecto a otros cultivos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Rendimiento de los biocombustibles para diferentes materias primas y países**

CULTIVO	ESTIMACIONES MUNDIALES/ NACIONALES	BIOCOMBUSTIBLE	RENDIMIENTO DEL CULTIVO	EFICIENCIA DE LA CONVERSIÓN	RENDIMIENTO DEL BIOCOMBUSTIBLE
			(Tone/ha)	(Litros/tone/ha)	(Litros/ha)
Remolacha azucarera	Mundial	Etanol	46,0	110	5 060
Caña de azúcar	Mundial	Etanol	65,0	70	4 550
Yuca	Mundial	Etanol	12,0	180	2 070
Maíz	Mundial	Etanol	4,9	400	1 960
Arroz	Mundial	Etanol	4,2	430	1 806
Trigo	Mundial	Etanol	2,8	340	952
Sorgo	Mundial	Etanol	1,3	380	494
Caña de azúcar	Brasil	Etanol	73,5	74,5	5 476
Caña de azúcar	India	Etanol	60,7	74,5	4 522
Palma de aceite	Malasia	Biodiésel	20,6	230	4 736
Palma de aceite	Indonesia	Biodiésel	17,8	230	4 092
Maíz	Estados Unidos de América	Etanol	9,4	399	3 751
Maíz	China	Etanol	5,0	399	1 995
Yuca	Brasil	Etanol	13,6	137	1 863
Yuca	Nigeria	Etanol	10,8	137	1 480
Soja	Estados Unidos de América	Biodiésel	2,7	205	552
Soja	Brasil	Biodiésel	2,4	205	491

Fuente: FAO, 2008 b, basado en Rajagopal *et al.*, 2007, para los datos mundiales; Naylor *et al.*, 2007, para los datos nacionales.

Así entonces, los criterios de sustentabilidad en la producción de caña de azúcar son 1) balance positivo de emisiones de gases de efecto invernadero; 2) el balance de energía para producir etanol (Guardabassi, 2008).

El criterio de sustentabilidad en la caña de azúcar en Brasil, sin embargo, no sólo deriva de los aspectos antes mencionados, también deriva de la utilización de los residuos de ésta en la producción de combustibles y electricidad. El principal residuo de la caña de azúcar es la paja, el bagazo y la vinaza. La paja, constituida por punteros y hojas, representa aproximadamente de 25 a 30% de la energía total en la planta, rindiendo hasta 10 toneladas por año de material seco. Respecto al contenido energético del bagazo es aproximadamente de 30 a 40% de la energía total de la planta (Braunsbeck y Cortez, 2008).

El valor agregado del sector en la producción de caña de azúcar para producir etanol, con la exploración de productos derivados, puede dar una contribución substancial a la sustentabilidad financiera de la industria. Considerando un rendimiento medio de 75 ton/ha de caña para Brasil, es probable que el rendimiento correspondiente de caña sea de 105 ton/ha (Braunsbeck y Cortez, 2008).

Cerca de 30 ton/ha de biomasa está formada por residuos de caña con un contenido de unidad medio de aproximadamente 50 por ciento. El bagazo, con un contenido de unidad de aproximadamente 50%, representa otras 30 ton/ha. Los residuos de caña, paja y bagazo combinados tienen un valor calorífico bruto de aproximadamente 17GJ/t de materia seca. Por lo tanto, el contenido energético de los residuos recuperables sería de 57 mil GWh de electricidad, suponiendo que la eficiencia global de la tecnología de conversión sea de 30% (Braunsbeck y Cortez; 2008). Así entonces, la biomasa removida de las plantaciones representa un gran volumen de materia prima. Según Braunsbeck y Cortez la intensificación del uso de biomasa en Brasil depende de tres factores clave: costos competitivos, suministro regular y tecnologías comercialmente disponibles y confiables.

## Efectos sociales de la producción de caña de azúcar en Brasil

La producción de caña de azúcar para la elaboración de etanol, sin embargo, no sólo representa el gran modelo a seguir por sus características de eficiencia y sustentabilidad, sino que tiene importantes efectos sociales adversos que cabe aquí señalar. Debido al auge de este tipo de producción dentro del propio país, algunas grandes empresas han realizado fuertes inversiones y compras de tierras que han ocasionado fuertes disputas entre estas empresas y productores campesinos. Este es el caso del Grupo Odebrecht, la cual compró la usina Alcídia, localizada en el municipio de Teodoro Sampaio, en la región de Pontal, de Parapanema. El estado de Sao Paulo, como estado líder en la producción de caña de azúcar, consideró a Pontal como una región que poseía un gran potencial para la producción de etanol. Pontal, sin embargo, se ha caracterizado históricamente por tierras documentadas ilegalmente. Se han intensificado los conflictos entre los trabajadores llamados “sin tierra” y los intereses de los agronegocios, que intentan alejar a los movimientos de campesinos de esta región azucarera. Este conflicto entre campesinos y las grandes empresas interesadas en el negocio de la producción de caña de azúcar se ha venido intensificando desde mediados de los setenta del siglo xx, cuando se inició el Programa Proálcool.

El Programa Nacional de Alcohol, que inicia en 1975 en respuesta al aumento desmesurado de los precios del petróleo, hizo de Brasil un pionero en el desarrollo de biocombustibles, especialmente de etanol. Este programa basó la producción de etanol en la caña de azúcar, de la cual Brasil es el país más competitivo a nivel mundial en términos de costos. La producción aumentó en 600 millones de litros en este mismo año, y en 3.4 billones de litros entre 1979 y 1980 (Wilkinson y Herrera, 2008).

La reforma agraria, implementada a partir de 1988, provocó que creciera, sin embargo, el área ocupada por asentamientos de los trabajadores “sin tierra”, todavía en el año 2003, de manera que el área ocupada

por estos últimos, superaba a la región destinada a la producción de caña de azúcar. En el periodo de 2003 a 2008, no obstante, el área de asentamientos sólo se ha incrementado un 10%, mientras que la expansión del área destinada a la producción de caña de azúcar se ha incrementado en 118 por ciento. En esta región de Pontal se está desarrollando actualmente un fuerte conflicto por la tierra entre organizaciones de campesinos y grandes empresas interesadas en la producción de caña de azúcar para la producción de etanol (Mançano *et al.*, 2010).

A este hecho habría que agregar la migración que se está presentando del noreste a Sao Paulo, debido a la situación de sobreexplotación en la que viven los cañeros, en términos de salarios y tiempo de trabajo dedicado a este tipo de producción (Wilkinson y Herrera, 2010).

## **Producción de Biodiesel en Brasil e ¿inclusión social?**

Aunque la producción de biodiesel en Brasil es relativamente pequeña (ocupa un quinto lugar a nivel mundial), el hecho de que forme parte de un programa del gobierno que pretende la inclusión social, hace de ésta un tema de gran relevancia.

El Programa Nacional Brasileño de Biodiesel inició oficialmente en diciembre de 2004, con el específico objetivo de promover la inclusión social. De acuerdo a este programa, la materia prima a utilizar variaría conforme a la región –aceite de palma en el norte y aceite de ricino en noreste, la soya y otras cultivos oleaginosos en las regiones restantes (Wilkinson y Herrera, 2010). El gobierno brasileño ofrece exenciones de impuestos a los productores de biodiesel, quienes firman el contrato con las organizaciones familiares de agricultores. El Ministerio de Desarrollo Agrícola ofrece un “Certificado de Combustible Social” a aquellas firmas que cumplan el requisito de dar trabajo a estas organizaciones familiares de agricultores. La compañía de biodiesel está obligada a ofrecer asistencia técnica a los agricultores y a garantizar que se le comprará su cultivo.

A pesar de que este programa de biodiesel considera a diferentes cultivos como materia prima para su producción, dependiendo de la región, hasta el año 2009, la utilización de aceite de ricino ha sido casi nula y en el caso del aceite de palma fue de menos del 1% en el mismo año. Ha sido la soya y las grasas animales las utilizadas en su mayoría como materia prima para la producción de biodiesel (78 y 18 %, respectivamente). Son solamente estos aceites los que han tenido suficiente producción y distribución nacional para apoyar la producción de biodiesel a corto plazo. Asimismo, no se han cumplido las metas del propio programa de biodiesel respecto a inclusión social, en tanto que hasta el 2008 sólo se habían incorporado cerca de 37 000 familias, lejos de la meta inicial de 200 000 familias (Wilkinson y Herrera, 2010).

En la región centro-oeste de Brasil la producción de agricultura familiar de soya está más consolidada que la producción de aceite de ricino de pequeños agricultores. La producción de soya para la producción de biodiesel está directamente vinculada a la propuesta del sello social, promovido por el gobierno brasileño. La empresa transnacional Archer Daniel and Midland (ADM), por ejemplo, ha sido una de las empresas que ha ejercido múltiples contratos con productores de Mato Grosso do Sul. Sin embargo, son los grandes productores y las grandes empresas transnacionales las que, en gran medida, se han beneficiado de la producción de soya para la producción de biodiesel hasta el momento (Wilkinson y Herrera, 2010).

La Confederación Nacional de los Trabajadores de la Agricultura (Contag), en Brasil, sostiene que por lo menos la mitad del biodiesel producido debería dejarse a la agricultura familiar (Wilkinson y Herrera, 2008). Sin embargo, también ha denunciado que el etanol en Mato Grosso do Sul ocupa ya unas 700 mil ha, amenazando expandirse aún más. En este escenario, los pueblos indígenas son un estorbo para la expansión de este bioenergético. Asimismo, el monocultivo de soya en Mato Grosso do Sul ocupa 2.1 millones de ha, de manera que el avance desmedido de los biocombustibles ha provocado la eliminación del 80

de las plantas nativas de este estado. De acuerdo con Egon Eck, coordinador del Consejo Indigenista Misionario (Cimi), la invasión incensante por parte grandes agricultores, y ahora por los productores de biocombustibles, está minando la presencia de tribus nativas; está en juego la sobrevivencia de unos 60 mil indios de las etnias Guaraní Kaiowa y Terena (Contag, 2012).

ActionAid, organización no gubernamental en Brasil, ha denunciado también que el comercio de tierras en gran escala ha avanzado e los últimos años, estimulado por el aumento en los precios de los alimentos y por la expansión de la producción de los biocombustibles. ActionAid señala que en 2008 el comercio de tierras se encontraba alrededor de 4 millones de ha, mientras que entre octubre de 2008 a agosto de 2009, se incrementó a 45 millones de ha. ActionAid también sostiene que la producción de biocombustibles generalmente acontece en detrimento de la producción de alimentos, provoca alza de precios de los mismos y falsas expectativas de trabajo (ActionAid, 2012).

La Federación Nacional de Trabajadores y Trabajadoras de la Agricultura Familiar (Fetra) nace en 2004 en Brasilia. Está organizada en 18 estados con más de 600 sindicatos y asociaciones sindicales en más de 1000 municipios en todo Brasil con aproximadamente 500 mil agricultores y agricultoras asociados. Como parte de sus principales objetivos se encuentra la unificación sindical a fin de fortalecer la agricultura familiar y construir un proyecto de desarrollo sustentable. Para Fetra, la producción de agrocombustibles es incompatible con un patrón de desarrollo basado en los derechos humanos. Para esta organización es sabido que la producción de biocombustibles se sostiene de la superexplotación del trabajo, de las tierras y de los recursos hídricos, expulsando a trabajadores de sus tierras. Respecto al Programa Nacional de Producción de Biodiesel, señala que el programa no ha tenido una política inclusiva y sólo ha fortalecido la cadena productiva de la soya. La agricultura familiar ha participado sólo como proveedora de materia prima y no ha habido avances en la diversificación de la producción regional del programa (Fetra, 2012)

## **México. Iniciativa de producción de biocombustibles con repercusiones sociales y económicas**

México cuenta con una riqueza natural envidiable a nivel mundial, siendo la extracción de petróleo el recurso que mayores beneficios ha dado al país. Sin embargo, al ser este hidrocarburo de naturaleza finita, es necesario recurrir a la diversificación de las fuentes de energía.

En el caso de México se han desarrollado diversas alternativas como son las energías hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar, todas ellas con una capacidad reducida porque ninguna ha desplazado al combustible de origen fósil.

A partir de los avances desarrollados en países como Estados Unidos y Brasil en la producción de biocombustibles, en México se inicia un proceso para demostrar que se tiene la posibilidad de generar dos tipos de biocombustibles: etanol y biodiesel.

En 2006 fue aprobada la ley de bioenergéticos, corregida en 2007 y publicada en el Diario Oficial de la Federación en el mes de febrero de 2008 como Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, ante la necesidad inminente de escasez de los hidrocarburos fósiles en el mundo, y cuyo objetivo es ofrecer al país “nuevas alternativas energéticas a partir de la gran diversidad geográfica, y que por sus condiciones produce diversas variedades de productos agropecuarios, forestales, biotecnológicos, que permiten producir bioenergéticos que sustituirán a los energéticos tradicionales” (Comisión de Agricultura y Ganadería, 2007).

En la Ley de Bioenergéticos se plantean las competencias de las Secretarías involucradas en el proceso. Las principales facultades de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Secretaría de Energía (Sener) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) son las siguientes:

**Cuadro 2. Facultades de las secretarías en la ley de bioenergéticos**

<b>Sagarpa</b>	<b>Sener</b>	<b>Semarnat</b>
<p>I. Elaborar programas sectoriales relativos a la producción y comercialización de Insumos.</p> <p>II. Regular Normas Oficiales Mexicanas relativas para la producción sustentable de Insumos.</p> <p>III. Evaluar periódicamente el impacto en materia de seguridad y soberanía alimentaria y desarrollo rural de los programas, incluyendo un análisis de costo beneficio e informarlo a la sociedad.</p> <p>IV. Elaborar el Programa de producción sustentable de Insumos para Bioenergéticos.</p> <p>V. Imponer sanciones por infracciones a las leyes y disposiciones aplicables que deriven de acciones relacionadas con la aplicación de la Ley.</p> <p>VI. Asesorar a los productores en el desarrollo de cultivos destinados a la producción sustentable de insumos para producir Bioenergéticos.</p> <p>VII. Apoyar la organización de los productores y demás agentes.</p> <p>VIII. Permisos previos para la producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz, mismos que se otorgarán solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional.</p>	<p>I. Elaborar programas relativos a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de Bioenergéticos.</p> <p>II. Otorgar y revocar permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de Bioenergéticos;</p> <p>III. Emitir los criterios y lineamientos para otorgar permisos.</p> <p>IV. Regulación para promover el uso de las tecnologías más adecuadas</p> <p>V. Expedir los criterios para las adquisiciones de los Bioenergéticos por las entidades paraestatales, a efecto de minimizar el impacto económico y presupuestal a las mismas.</p> <p>VI. Programas en donde se tomaran en cuenta principalmente la producción nacional sobre la importación, la definición de plazos y regiones para la incorporación del etanol como componente de la gasolina, y la incorporación del biodiesel.</p> <p>VII. Evaluar el impacto sobre el balance energético y hacerlo de conocimiento público.</p> <p>VIII. Imponer las sanciones por infracciones a la presente Ley.</p>	<p>I. Prevenir, controlar o evitar la contaminación de la atmósfera, aguas, suelos y sitios originada por las actividades de producción de Insumos y de Bioenergéticos.</p> <p>II. Evaluar y autorizar en materia de impacto ambiental las instalaciones para la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución y la comercialización de Bioenergéticos.</p> <p>III. Aplicar las regulaciones en materia forestal, de vida silvestre y bioseguridad de organismos genéticamente modificados conforme a lo dispuesto en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados para asegurar la preservación de los recursos naturales y de la biodiversidad.</p> <p>IV. Vigilar para que no se realice el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola con el fin de establecer cultivos para la producción de Bioenergéticos.</p> <p>V. Evaluar los aspectos de sustentabilidad e impacto de los programas.</p> <p>VI. Vigilar e inspeccionar el cumplimiento de las Leyes y disposiciones en materia ambiental, así como ordenar medidas de seguridad y sancionar por infracciones a las mismas.</p>

Fuente: Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, 2008.

En 2009, se aprueba el Reglamento de la Ley y se funda la Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos. El objetivo de esta instancia es desarrollar y generar proyectos que no afecten la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental, así como coordinar a las diversas instancias involucradas en la alternativa energética en su nivel estatal y federal.

A pesar de las atribuciones indicadas en la Ley para cada una de las Secretarías y la intención de realizar una coordinación adecuada y eficaz, existe la preocupación respecto de las actividades realizadas por la Comisión Nacional Forestal (Conafor), órgano descentralizado de Semarnat, quien ha destinado recursos económicos en el Programa Proárbol para la producción de *Jatropha curcas*, materia prima en la elaboración de biocombustibles, siendo la Sagarpa la instancia encargada de esta labor a través del Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C., 2012; López, 2012)

Esta situación está propiciando una discusión a corto plazo con la Semarnat porque el Programa Proárbol, desde 2008, ha promovido el cultivo de *Jatropha curcas* y se ha mostrado dispuesta a apoyar durante 2011-2012 el establecimiento de 10 mil ha de plantaciones en los estados de Chiapas, Michoacán, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas y Yucatán, así como patrocinar a los productores con 7 700 pesos por ha; aun cuando la Ley de Bioenergéticos establece para esta instancia: “vigilar para que no se realice el cambio del uso del suelo del forestal a agrícola con el fin de establecer cultivos para la producción de Bioenergéticos” con la intención de prevenir el abuso en la producción de una materia prima dirigida a biocombustibles, con posibles problemas permanentes en la erosión o salinización de los suelos y con consecuencias sociales y económicas para los dueños de las propiedades.

Este es uno de los tantos problemas que la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos tendrá que enfrentar en su instrumentación.

Asimismo, en la producción de biocombustibles en México, las materias primas con las que se disponen son numerosas, por tal motivo, a partir del 2007-2008 el Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) organiza un grupo de investigación en bioenergía para atender ciertas demandas que solicitara la Sagarpa a partir de la aprobación de la Ley de Bioenergéticos; así se constituye un mega proyecto con el apoyo de varias universidades del país con dos objetivos: el primero, trabajar materiales como la jatropha e higuerrilla para la elaboración de biodiesel, y el segundo, generar variedades a partir de la remolacha azucarera y sorgo dulce para producir etanol (Montes, 2012). Para el INIFAP ha sido una experiencia interesante que le ha permitido realizar una serie de pruebas con los materiales en todo México.

El INIFAP cuenta con 27 Campos Experimentales y 57 investigadores dedicados a realizar pruebas en los posibles cultivos bioenergéticos (Cuadro 3).

### **Cuadro 3. Cultivos aprobados para pruebas destinadas para producir bioenergéticos**

<b>Cultivo</b>	<b>Bioenergético</b>	<b>Número de estados de la República</b>
Caña de Azúcar	Etanol	22
Higuerilla	Biodiesel	30
Jatropha	Biodiesel	28
Palma de aceite	Biodiesel	8
Remolacha azucarera	Etanol	32
Sorgo dulce	Etanol	22

Fuente: Sener.

Para el caso de sorgo dulce, el INIFAP ya tenía experiencia porque había realizado estudios en este grano para fines distintos a la producción de etanol; décadas anteriores se efectuaron trabajos en la India y en Estados Unidos, obteniendo conocimiento en su producción y conservando importantes colecciones de sorgo.

Al mismo tiempo que se daba el proceso de aprobación de la Ley de Bioenergéticos, el INIFAP generaba materiales para producir etanol a partir del sorgo dulce. En 2010, el instituto saca una variedad llamada RB Cañero, que compite con la caña de azúcar porque aumenta la productividad del cultivo y de su biomasa para elaborar biocombustibles.

Dentro de las cualidades del sorgo dulce, Noé Montes García (2012), líder del Programa Nacional de Sorgo por el campo experimental Río Bravo en Tamaulipas, menciona que es un material que ha sido probado en 18 estados de la República, desde el 2008 hasta la actualidad; presenta de 14 hasta 18° Brix en el jugo del tallo, y al corte se obtiene 13 y 14% de sacarosa. En su evaluación la variedad presenta rendimientos de 70 ton de tallo por ha y el proceso es totalmente mecanizado. Además solamente se utilizan 4 kilos de semilla por ha<sup>6</sup> para su siembra en comparación de la caña de azúcar que se necesitan 10 ton de semilla para la misma superficie. Otro aspecto a destacar es que requiere poca agua y fertilizante, así como la facilidad de obtener de dos a tres cosechas en algunas partes de México al año, tanto en tierras de temporal como de riego, y la caña requiere de 10 a 12 meses para obtener una sola cosecha.

Las pruebas han estimado que los rendimientos por hectárea convertidos en etanol varían entre 2 800 a 4 500 litros cada tres meses y medio (Montes, 2012). Se considera que los mayores niveles de azúcares que sirven para elaborar bioetanol, el cual se mezcla con la gasolina conven-

<sup>6</sup> La semilla de sorgo dulce se consigue en el mercado nacional a \$100.00 el kilo. También el productor puede adquirir semilla importada de Estados Unidos a \$200.00 el kilo.

cional, podría reducir hasta 30% las emisiones de gases contaminantes generados por los automóviles (Sagarpa, 2010).

La eficiencia energética del sorgo dulce es muy alta, entre seis y siete unidades de energía que salen por cada unidad que se gasta; en el otro caso la caña es muy parecida (Montes, 2012).

En Veracruz se ha trabajado en algunos ingenios, en especial con el denominado Central Energética de Atoyac, donde se realizan pruebas utilizando el bagazo del sorgo, después de extraer el azúcar, teniendo como un subproducto energía,<sup>7</sup> y esto eleva la eficiencia energética del sorgo, dando como resultado que el ingenio produce ya su propia electricidad.

Para Montes García (2012), el sorgo dulce ofrece un potencial significativo porque existe ya un material como el RB Cañero, y en el caso de la *jatropha* no ha sido posible que el país tenga suficiente semilla, ni una variedad propia para sacar al mercado. Es necesario generar a mediano plazo un programa con este objetivo; en cambio el sorgo dulce a corto plazo ya cuenta con la tecnología y la semilla; además es la misma infraestructura que se usa para producir cultivar e industrializar caña de azúcar, es decir no cambia nada.

En últimas fechas el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico 2009-2012, a cargo de Sagarpa y el Programa de Introducción de Bioenergéticos, a cargo de la Secretaría de Energía (Sener), tienen contemplado al agave como materia prima para la producción de etanol. Se considera que este cultivo para ser utilizado como biocombustible tiene un gran potencial en relación a la caña de azúcar (Cuadro 4).

<sup>7</sup> El bagazo del sorgo dulce se hace polvo, después se convierte en pelusa, ésta se quema produciendo energía que se transforma en electricidad. Otro subproducto del bagazo del sorgo es la producción de papel.

**Cuadro 4. Escenario de la introducción de etanol Agave-Caña de Azúcar (Volumen en millones de litros por año)**

	<b>Agave</b>	<b>Caña de Azúcar</b>
Producción etanol (L/has/año)	9 462	5 237
Requerimiento de agua	Bajo	Muy alto
Costo producción (\$/L)	5.8	6.2
Costo total (\$/ha)	89 700	49 647
Utilidad (\$/ha)	35 199	16 968

\*L: litro de etanol.

Fuente: FIRA y Sener.

Para Montes (2012), el principal problema para producir etanol o biodiesel con los cultivos mencionados anteriormente es el empleo de agua. Su experiencia le permite señalar que se deben impulsar cultivos con menor requerimiento de agua. Por ejemplo, en el caso de la remolacha para producir etanol exige un alto uso de agua. Para el sorgo dulce y la jatropha no requieren demasiada agua, pero para este último cultivo es forzoso buscar suficiente semilla y aumentar los rendimientos porque apenas se inicia la reproducción de la jatropha teniendo que recurrir al mercado de importación, ya que el INIFAP no ha logrado desarrollar variedades. Otro inconveniente es que la jatropha se produce manualmente porque es un arbusto. Es posible que en el caso de biodiesel, la higuierilla sea una planta con mejor potencial.

A pesar de las observaciones anteriores, la Estrategia Nacional de Energía de la Sener y el INIFAP consideran que podría existir potencial en la jatropha porque se están destinando esfuerzos en los 27 centros de investigación para generar y adaptar tecnologías para producir este cultivo, así como en el caso de la higuierilla que se emplea para el biodiesel. También se argumenta que la planta jatropha puede desarrollarse en regiones con alta o baja precipitación pluvial, así como en suelos po-

bres, pero los mejores rendimientos se obtienen en suelos arenosos de fertilidad media a escasa, no considerados adecuados para cultivo de alimentos (López, 2012b).

Para reforzar lo anterior, INIFAP sostiene que en México existe una superficie de 18 mil ha que se encuentran en condiciones óptimas para sembrar semillas, que posteriormente se podrían utilizar para producir biocombustible. Asimismo, se cuenta con el apoyo de la Comisión Nacional Forestal, a través del programa ProÁrbol 2007-2011, quien erogó recursos económicos cercanos a los 30 millones de pesos para sembrar ocho mil 113 hectáreas (López, 2012b).

El INIFAP, a partir de 2012, se convierte en líder de un Programa Sectorial con Sagarpa por cinco años, en éste se encuentran participando el Tecnológico de Monterrey, la Universidad de Nuevo León y el Instituto Tecnológico de Veracruz, cuyo uno de los objetivos es ofrecer, en diversos estados, demostraciones y cursos con parcelas demostrativas para presentar ventajas y desventajas del sorgo dulce (Montes, 2012).

Se considera que en el caso de los productores, la producción de sorgo dulce representaría mayores ingresos porque se tienen altos rendimientos, en algunos casos se han alcanzado de 80 hasta 118 ton/ha, lo que permite aumentar la rentabilidad del productor. Además no compete con cultivos alimentarios porque hay suelos degradados, pobres y de temporal que son subutilizados y pueden ser utilizados para este fin. Hay ciclos de producción en donde el productor puede dedicarse a la siembra de maíz, y en el siguiente periodo sembrar sorgo en zonas de temporal para sacar mayor eficiencia en el uso del suelo (Montes, 2012).

## **En la búsqueda de producir biocombustibles**

A partir de 2008, con la aprobación de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, surgen dos iniciativas prioritarias para la producción de biocombustibles: la primera –como ya se explicó en el apartado

anterior– fue determinar e implementar estrategias para el desarrollo de materias primas para la alternativa energética; la segunda, tiene que ver con el compromiso que tiene México de reducir el uso de Eter Metil Terbutílico (MTBE) que se importa principalmente de Estados Unidos. El objetivo es que los biocombustibles: etanol y biodiesel sean los oxigenantes que reduzcan o eliminen la importación de MTB –10 mil barriles diarios– (Hernández, 2009), además cabe destacar que este producto tiene un efecto negativo en la salud al contener sustancias cancerígenas.

Pemex, en 2009, convoca para que las empresas mexicanas le surtan etanol durante cinco años a partir de 2011 (Sánchez, 2012). Para este propósito, en enero de 2010, se lleva a cabo la primera licitación para la compra de etanol, pero el bajo precio que ofrece la paraestatal no permite que exista una concurrencia importante de empresarios participantes. Tan solo tres empresas concurren: Destilmex, Destiladora del Valle de Veracruz y Biotecnología de Combustibles. Además cabe aclarar que la única empresa instalada para producir etanol es Destilmex en Navolato, Sinaloa.<sup>8</sup> Sin embargo, Pemex otorga en marzo de ese año a la empresa Destiladora del Valle de Veracruz la licitación, quince días después la paraestatal le retira la concesión a la empresa por incumplir con la fianza solicitada y ante el alza en el precio de la caña de azúcar que hizo irrealizable la producción del biocombustible por parte de la compañía.

En febrero de 2012, Pemex convoca a una segunda licitación (Sánchez, 2012), pero el precio ofrecido a las empresas sigue siendo tan bajo que son pocas las empresas alcohólicas que estarían dispuestas a participar. La paraestatal basa el precio del energético a partir del menor valor que tenga la gasolina Magna y el etanol de la Costa Este de Estados

<sup>8</sup> “El precio base de compra de Pemex fue de 8.20 pesos por litro y Destilmex ofreció venderlo en 10.87, contra un precio de 7.87 pesos de Destiladora del Valle, y de 8.16 pesos por litro de Biotecnología de Combustibles” (Ramírez, 2010).

Unidos. Hay que agregar que en esta segunda licitación, Pemex reduce sus pretensiones de adquirir biocombustibles de 176 millones de litros contemplados en 2011 a 50 millones de litros, mismos que estarían destinados para consumirse en los estados de Oaxaca y Chiapas (Ramírez, 2012).

Las únicas empresas participantes fueron la Alcoholar de Zapopan en Jalisco y Destilmex. La primera empresa se encuentra produciendo siete millones de litros de etanol a partir de caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, mientras Destilmex, en su ingenio que tiene en Chiapas, producirá 11 millones de litros al año, a partir del uso de melaza.

Finalmente, en el acta de Notificación de Fallo emitida por Pemex, en esta segunda licitación, señaló que no sería posible abastecer a Oaxaca y Chiapas con el biocombustible porque los dos concursantes ofertaron cotizaciones mayores por más de 50% a la que la paraestatal pretendía pagar que era de \$9.19 por litro para el caso de Salinas Cruz, Oaxaca, y \$9.39 para la de Tapachula, Chiapas. Las empresas Alcoholar de Zapopan ofertaron con 14.50 y Azucarera la Fe y Zucrum en Tapachula, propiedad de Destilmex, con \$14.20. Por este motivo, la licitación quedó de nuevo declarada desierta (Ramírez, 2012b).

Se tiene conocimiento, por los medios de comunicación, que más de 40 proyectos se han presentado con la intención de invertir en la producción de biocombustibles, sin embargo, consideramos que la incertidumbre en el precio ofrecido por el energético y el tipo de materia prima a utilizar ha llevado a detener este tipo de iniciativas.

En la actualidad, existen algunas experiencias en la producción de biocombustible, una de ella es Destilmex, instalada en 2007, convirtiéndose en la primera empresa productora de etanol, la inversión para esta planta fue de 600 millones de dólares; su principal objetivo fue producir etanol. En un inicio realizó pruebas teniendo como materia prima al maíz. Sin embargo, se detiene su producción ante las condiciones y restricciones establecidas en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos sobre el uso del maíz para fines energéticos (González y

Castañeda, 2008; 2011), grano que es idóneo para obtener etanol, pero en 2011 no fue posible tener un abasto suficiente ante las heladas sufridas en el estado de Sinaloa (Diarte, 2012).

La planta tiene la capacidad de producir 350 mil litros diarios de etanol, que equivalen a 72.6% de los 176 millones de litros que Pemex necesitaba para arrancar el programa de gasolinas limpias, como fue la propuesta de la paraestatal en 2011 para abastecer a la ciudad de Guadalajara<sup>9</sup> (Cruz, 2010).

En agosto de este año, el Ing. Jesús Óscar Diarte Gómez (2012), Gerente de la planta, señaló que la propuesta de Destilmex hoy en día es producir el etanol en base a sorgo dulce, pero de inicio la planta no se creó para usar esta materia prima, ni el estado de Sinaloa es productor de este cultivo.

Destilmex inicia una nueva curva de aprendizaje y el INIFAP está llevando a cabo un proyecto en el cual Sinaloa se contempla como una entidad con un potencial para la producción de sorgo dulce (Montes, 2012).

En general existen algunas propuestas para construir plantas de biocombustibles, como es el caso del estado de Tamaulipas, en donde la empresa Biomex encabeza un proyecto de inversión de 135 millones de dólares para instalar una planta de etanol que tendría como materia prima al sorgo dulce, abastecida por los productores de la región, quienes serían patrocinados por la Sagarpa y el gobierno estatal para cubrir la demanda del grano (James, 2012).

<sup>9</sup> Esta iniciativa formaba parte de la Sener a través de un programa global que pretendía obtener una producción de 880 millones de litros de etanol, es decir, la zona metropolitana de Guadalajara recibiría un volumen anual de 176 millones de litros de etanol; para Monterrey serían 150 millones y para la Ciudad de México 554 millones (Cruz, 2010).

Una experiencia en la producción de biodiesel se encuentra en el estado de Chiapas, a partir de una iniciativa que involucra tanto a los productores, como la instalación de dos plantas industriales destinadas a diferentes fines.

A mediados del 2012, se inauguró en Cintalapa, Chiapas, la Primera planta extractora de aceite de *Jatropha Curcas* del país, con una inversión de seis millones 600 mil pesos. La finalidad es completar el círculo productivo de cosecha, transformación, comercialización. Para hacer posible el funcionamiento de la empresa se sembraron 10 mil hectáreas se *Jatropha curcas* por 2358 productores. El aceite que se extraerá en Cintalapa se enviará a la primera planta de biodiesel instalada en Puerto Chiapas, con una capacidad de 20000 litros diarios del energético, y ya transformado en biodiesel se expenderá en la primera biodieselera del país, instalada en Tuxtla Gutiérrez y Tapachula (Instituto de Comunicación Social de Chiapas, 2012).

## CONCLUSIONES

La trayectoria de los biocombustibles en Brasil ha seguido fundamentalmente un comportamiento de "path creation", y posteriormente de "path dependence", es decir, inicia con un cambio tecnológico radical cuando introduce sus autos que utilizan etanol, cambiando todo el patrón del comportamiento del consumidor y posteriormente, siguiendo sus propias bases tecnológicas y toda una infraestructura construida y desarrollada desde la década de los setenta, con su Programa Proálcool. La producción de biocombustibles en Brasil se presenta actualmente en términos de eficiencia energética, como un real modelo a seguir, por el "éxito" que ha logrado a lo largo de todos estos años, en el que no existe por el momento una materia prima con la que se logre más eficiencia energética que con la caña de azúcar brasileña. Su "éxito" también se manifiesta por el carácter sustentable de toda la producción de etanol, en

donde es utilizado cada uno de los componentes que conlleva la producción de éste.

El modelo “exitoso”, sin embargo, se desvanece cuando se analiza el impacto social que ha traído la producción de etanol, desde la década de los setenta hasta el momento; uno de los principales problemas sociales es el conflicto por la tierra que está provocando el destino de grandes extensiones de ella para la producción de caña de azúcar, lo cual ha llevado a desplazamientos de campesinos que protestan por sus espacios.

Otro aspecto, de no menor relevancia, es la situación laboral de los cañeros, los cuales viven, en algunas regiones como las del noreste, con muy bajos salarios y en condiciones de sobreexplotación. Además la producción de cualquier monocultivo ocasiona deterioro de la diversidad biológica y del propio suelo.

La producción de biodiesel en Brasil, a diferencia de la producción de caña de azúcar, desde su inicio se plantea la inclusión social laboral de productores familiares agrícolas. Desde esta perspectiva, parecería que si bien con la caña de azúcar no se logra atender las necesidades de pequeños agricultores, con la producción de biodiesel sí. Sin embargo, en la producción de biodiesel –también en la de caña azúcar– los grandes productores y las grandes empresas nacionales y transnacionales son los que se están beneficiando. Además, si bien algunos expertos en biocombustibles –José Goldenberg, entre ellos– señalan que la producción de caña de azúcar no invade la Amazonia, en el caso de la producción de biodiesel si existe este riesgo, dado que está utilizando soya, y la producción de ésta se localiza en espacios de la Amazonia.

Se puede observar así, que en el desarrollo de esta trayectoria los pequeños agricultores y los productores organizados en la agricultura familiar no han sido involucrados para beneficiarse de este mismo desarrollo, sólo en apariencia. Los movimientos de agricultores cuestionan el modelo de biocombustibles, lo están haciendo desde dos perspectivas: por un lado, denunciando que no están siendo incluidos, como lo prometía al menos el Programa Nacional de Biodiesel, y por otro, que está

atentando contra los derechos de campesinos e indígenas sobre sus tierras, además de atentar contra la seguridad alimentaria. Están actuando así, como movimientos de resistencia.

En el caso de México, no se puede considerar que existe una trayectoria, debido al ingreso tardío de este país a la producción de biocombustibles y que no existe hasta el momento una producción significativa.

Para México es un reto avanzar en la producción de biocombustible, no solamente porque debemos disminuir las importaciones de MTBE y disminuir los niveles de contaminación, sino porque existen actores sociales dispuestos a incursionar en este tipo de tecnología de vanguardia en el sector privado y social.

El país cuenta con los recursos humanos para desarrollar variedades que no compitan con los cultivos alimenticios, y en este caso el INIFAP juega un papel estratégico, reconocido por los productores que tienen la intención de ser los proveedores de la materia prima de los biocombustibles; en ese sentido, desarrollamos capacidades que nos liberan de la dependencia en la compra de semillas del exterior.

Por el momento las repercusiones sociales de la incipiente trayectoria de los biocombustibles en México se encuentra en la decidida posición de no utilizar al maíz como la materia prima para la elaboración del etanol, y ello se ha dado a partir de la sociedad organizada que impuso en la Ley de Bioenergéticos, un candado que impide su uso, y a partir de los rechazos en las solicitudes por utilizar maíz para biocombustibles, iniciando un proceso por encontrar las materias primas idóneas.

Un problema que debe ser analizado con cuidado es el problema del precio de los biocombustibles, las dos licitaciones realizadas por Pemex demuestran que la política de precios no puede basarse en el mercado internacional ni en el precio de la gasolina Magna que constantemente se encuentra al alza, es necesario aceptar que si el país pretende desarrollar una tecnología en alternativas energéticas debe pagar el costo del aprendizaje y apoyar tanto a la industria, como a los productores, en especial a

los medianos y pequeños que se atrevan a este nuevo aprendizaje, como ha sido el cultivo de la *jatropha* o el sorgo dulce.

Para los dos países la producción de biocombustibles es contrastante porque sus trayectorias surgen por actores sociales diferentes, en el caso de Brasil el apoyo del Estado ha sido fundamental en el fortalecimiento de esta producción, y para el caso de México, el apoyo del Estado no ha contribuido a que la producción de biocombustibles tenga un desarrollo significativo.

Socialmente, en ambos casos, sin embargo, es común el cuestionamiento del beneficio social para los países, aclarando que para el caso de México esperamos que la experiencia brasileña sirva para superar los posibles efectos negativos de la alternativa energética. Hasta ahora, por lo menos, no han sido consultados pequeños productores en el incipiente desarrollo de los biocombustibles en México, parece ser que, al igual que en Brasil son los grandes productores los posibles beneficiados de este desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ActionAid, "Segurança Alimentar", en [www.actionaid.org.br](http://www.actionaid.org.br)
- Braunbeck, O. y L. A. Cortez, 2008, "O cultivo da Cana de Acúcar e o Uso dos Resíduos", en Rosillo C. *et al.* (coord.), *Uso da Biomassa para Productos de energia na indústria brasileira*, Editora da UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- Carolan, S., 2009, "A Sociological Look of Biofuels: Ethanol in the Early Decades of the Twentieth Century and Lessons for Today", en *Rural Sociology*, March, vol. 74, núm. 1, Rural Sociological Society, University of Missouri, Columbia.
- Ceceña, E. y A. Barreda (coord.), 1995, "Producción Estratégica y Hegemonía Mundial", Siglo XXI, México.

- Comisión de Agricultura y Ganadería, 2007, "Proyecto de Decreto que expide la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos", Sesiones de la Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, 30 de octubre.
- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C., 2012, Red de Monitoreo de Políticas Públicas, en [http://www.ccmss.org.mx/descargas/NOTA\\_INFO\\_31.Biocombustibles\\_y\\_bosques\\_en\\_Mexico](http://www.ccmss.org.mx/descargas/NOTA_INFO_31.Biocombustibles_y_bosques_en_Mexico), consultado en 08/2012.
- CONTAG, 2012, "O povo Guaraní Kaiowá", en <http://www.contag.org.br>, consultado en 01/2012.
- Cruz, L., 2010, "Atora marco legal a biocombustíveis", en *Reforma*, 20 de septiembre.
- FAO, 2008a, "Conferencia de Alto Nivel sobre Seguridad Alimentaria Mundial: Los Desafíos del Cambio Climático y la Bioenergía", Roma, 3-5 de junio, en [www.fao.org](http://www.fao.org).
- FAO, 2008b, "El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades", Roma, 3-5 de junio, en [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Feenberg, A., 1992, "Democratic Rationalization, Technology, Power and Freedom", en R. Sharff (eds.), en <http://dogma.free.fr>.
- Ferreira, J., 2007, "Biocombustíveis: A experiencia brasileira e o desario da consolidacao do mercado internacional", en *Biocombustíveis no Brasil. Realidades e perspectivas*, Sao Paulo.
- Federación Nacional de Trabajadores y Trabajadoras de la Agricultura Familiar (FETRAF), 2012, en [www.fetra.org.br](http://www.fetra.org.br), consultado en 02/2012.
- Goldemberg *et al.*, 2008, "The sustainability of ethanol production from sugarcane" (en prensa), Brasil.
- González, A. y Y. Castañeda, 2008, "Biocombustibles, biotecnología y alimentos. Impactos sociales para México", en *Argumentos*, núm. 57, Nueva Época, año 21, mayo-agosto.

- González, A. y Y. Castañeda, 2011, "Biocombustibles, Estados Unidos, su estrategia hegemónica competitiva y la influencia en la política energética de México", en *Sociedades Rurales*, vol. 11, núm. 21, junio.
- González, A., 2006, *Políticas de propiedad intelectual y bioseguridad en biotecnología. Una propuesta regional dentro del marco internacional*, Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM.
- Hernández, A., 2009, "Promete Sener etanol Nacional", en *Reforma*, 8 de octubre.
- Howarth, R. *et al.*, 2008, "Introducción: Biofuels and the Environment in the 21st Century", en R. W., Howarth y S. Bringezu (eds.), *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment*, September, Gummersbach Germany, Cornell University, Ithaca, NY, EUA, en <http://cip.cornell.edu/biofuels/>.
- Instituto de Comunicación Social de Chiapas, 2012, en <http://www.comunicacion.chiapas.gob.mx/documento.php?id=20120710125812>, consultado en 2012.
- James, F., 2012, "Empiezan obras de primera planta de etanol local en México", en *Business New Americas*, agosto 21, en <http://www.bnamericas.com/news/petroleoygas/empiezan-obras-de-primeraplanta-de-etanol-local>, consultado en 2012.
- López, A., 2012a, "No corresponde Semarnat ni a Conafor impulsar el cultivo agroindustrial: CCMSS", en *Reforma*, 9 de julio.
- López, A., 2012b, "Florecen nuevos biocombustibles", en *Reforma*, 23 de julio.
- Mançano, B. *et al.*, 2010, "Agrofuel Politics in Brasil: Paradigmatic and Territorial Disputes", en P. McMichael y I. Scoones (Edit.), *Journal of Peasant Studies*, Vol. 37, Special Issue: The Politics of Biofuels, Land and Agrarian Change.

- Meyer, U. y C. Schubert, 2012, "Intregating path dependency and path creation in a general understanding of path constitution. The role of agency and institutions in the stabilisation of the technological innovations", en *Science, Technology & Innovation Studies*, Vol. 3, núm. 1, EUA.
- Ramírez, M., 2010, "Toma ventaja en licitación de etanol", en *Reforma*, 26 de enero.
- Ramírez, M., 2012a, "Decide paraestatal no iniciar programa de gasolinas limpias en Guadalajara, Monterrey y el D.F.", en *Reforma*, 20 de marzo.
- Ramírez, M., 2012b, "Fracasa gobierno en gasolina verde", en *Reforma*, 22 de junio.
- Sagarpa, 2010, "Libera INIFAP variedad de sorgo para producción de biocombustibles", en <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2010B586.aspx>, consultado en 2012.
- Secretaría de Energía (Sener), 2006, "Potencialidades y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México", en Sener, BID y Deutsche Gesellschaft fur Tehcnische Zusammenarbeit (GTZ), México, noviembre.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2007, *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*, México, 2007.
- Socolow, R. et al., 2004, "Solving the Climate Problem. Technologies Available to Curb CO2 Emissions", Environment.
- Teresko, J., 2007, "Dupont does"; "Biotechnology", en [www.industryweek.com](http://www.industryweek.com), abril.
- Wilkinson, J. y S. Herrera, 2008, "Subsidios para a disussao dos agrocombustiveis no Brasil", en *Agrocombustíveis e a Agricultura Familiar e Camponesa. Subsidios ao Debate*, AccionaAid Basil Fundacao Heinrich Boll Oxfam Internacional, Federacao de Organos para Asistencia Social e Educacional, Rede Brasileira pela Integracao dos Povos, Rio de Janeiro.
- Wilkinson, J. y S. Herrera, 2010, "Biofuels in Brazil. Debates and impacts", en *Journal of Peasant Studies* 37:(4): 749-768.

## ENTREVISTAS

Diarte Gómez, Jesús Óscar, 2012, Gerente de la Planta Destilmex, 31 de agosto.

Guardabassi, P., 2008, ayudante técnica en el Centro de Estudios de Biomasa en Brasil, 19 de agosto.

Montes García, Noé, 2012, Líder del Programa Nacional de Sorgo, INIFAP, Campo Experimental Río Bravo en Tamaulipas, 14 de noviembre.

Sánchez Adán, Ricardo, 2012, Director General de Promoción de Bioenergéticos de la Secretaría de Energía, 14 de noviembre.



# Desarrollo, comunidad y poder en el noreste argentino. La comunidad qom de Pampa del Indio y el Proyecto de Producción Bovina y Caprina

Pablo Quintero<sup>1</sup>

***Resumen:** Pampa del Indio es una localidad situada al noreste de la Provincia de Chaco, con una población de alrededor de 12 mil habitantes, más de 50% pertenece a la etnia qom. Las actividades económicas qom han estado caracterizadas por la combinación del trabajo asalariado, la caza y recolección, y la producción doméstica de hortalizas y algodón. A estas actividades se suman, en los últimos años, los proyectos de desarrollo local. Este artículo explora los itinerarios del Proyecto de Producción Bovina y Caprina que intentó la introducción de cría de ganado caprino para los qom, y de ganado vacuno para los pobladores criollos de la zona. Este programa, aplicado por el Instituto de Cultura Popular y financiado por el Banco Mundial, revela la actuación de los organismos internacionales y de las ONG en los programas de desarrollo implementados en comunidades indígenas del noreste argentino, generando resultados socioeconómicos negativos en dichas poblaciones, que suelen (re)producir las históricas relaciones de poder en la región.*

***Palabras Clave:** Desarrollo local, comunidades indígenas, poder, Noreste Argentino.*

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Antropológicas (Universidad de Buenos Aires) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina, e-mail: pquintero@filo.uba.ar

**Abstract.** *Pampa del Indio is a place located in the northeast of the province of Chaco, with a population of twelve thousand peoples, over 50% of these belong to the ethnic qom. Economic activities qom have been characterized by the combination of wage labor, hunting and gathering, and domestic production of vegetables and cotton. In recent years these are added a local development projects. This article explores the Proyecto de Producción Bovina y Caprina and this itineraries cattle and goats who tried introducing goat rearing for qom and cattle for creole settlers in the area. This program, implemented by the Instituto de Cultura Popular and funded by the World Bank, reveals the actions of international organizations and NGOs in the development programs implemented in indigenous communities in northeastern Argentina generating negative socioeconomic outcomes such populations that reproduced historical power relations in the region.*

**Keywords:** *Local development, indigenous communities, power, argentine northeast.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos lustros la población de la etnia qom de la localidad de Pampa del Indio en el noreste de la provincia de Chaco ha sido receptora de un conjunto cada vez más numeroso de programas de desarrollo, dentro de los cuales se encuentran proyectos de desarrollo local de diverso tipo. Desde el 2007, la población, tanto criolla como indígena, de la zona en cuestión fue consignataria del Proyecto de Producción Bovina y Caprina. Un proyecto para la cría de ganado que formaba parte de un emprendimiento mayor financiado por el Banco Mundial en el noreste argentino, a través de su Proyecto de Desarrollo en Comunidades Indígenas. El proyecto implicó la introducción y cría de ganado caprino como actividad productiva para la población qom, y de ganado bovino para los criollos de Pampa del Indio. Esta diferenciación en el tipo de

ganado otorgado para cada una de las poblaciones, étnicamente diferenciadas, de la zona fue uno de los ejes centrales de las contrariedades que a la postre ocasionó el proyecto.

A partir de esta diferenciación en las políticas de desarrollo implementadas en Pampa del Indio, este trabajo procura examinar las heterogéneas trayectorias que ha seguido el Proyecto de Producción Bovina y Caprina, haciendo hincapié en las consecuencias estructurales que tuvo dicho emprendimiento para la población qom. Esto implica necesariamente adentrarse en las lógicas del desarrollo y de sus agentes. Como veremos en el caso de Pampa del Indio, y como en el de todo el noreste argentino, históricamente los programas que son diseñados y activados por los organismos de promoción del desarrollo –con objetivos expresos de pelear las desigualdades económicas y sociales de los espacios considerados como subdesarrollados– suelen naufragar sin lograr sus planes originales de solucionar los problemas locales y, en muchos casos, pueden inclusive acrecentar dichas problemáticas.

Realizar una exploración analítica de este tipo, requiere del ejercicio de desnaturalizar al desarrollo. Por ende, el artículo se emplaza desde la antropología del desarrollo, lo que implica un posicionamiento crítico ante las instituciones, acciones e incluso ante la propia noción de desarrollo, utilizando como herramienta metodológica central el trabajo etnográfico (Edelman y Haugerud, 2005). Asimismo, el análisis se aborda epistemológicamente desde la teoría de la colonialidad del poder (Quintero, 2010), por lo que el desarrollo es considerado aquí como una idea/fuerza constitutiva del sistema-mundo moderno, y por lo tanto, como un segmento relacionado a las estructuras centrales del capitalismo y la colonialidad del poder (Quijano, 1992; 2000a). En este sentido, el estudio del desarrollo bajo estos derroteros se dirige hacia la visualización multiescalar de las dinámicas de dominación, explotación y conflicto sobrevenidas en las intervenciones desarrollistas.

## Las estructuras fundamentales del desarrollo

Considerar al desarrollo dentro de una relación de coproducción con el actual patrón de poder global implica relacionar los discursos y prácticas desarrollistas con los principales metarelatos de la modernidad y las dinámicas de subordinación propias del capitalismo y la colonialidad del poder. Una visión epistémica de este tipo, permite examinar al desarrollo como una invención estratégica (Escobar, 1998) que colabora con la manutención de las estructuras centrales de dominación y explotación del mundo contemporáneo. Así, lejos de presentarse al desarrollo como una entidad autónoma o como un relato teleológico de la historia, se lo considera como una idea/fuerza en relación a sistemas económicos, políticos y socioculturales más vastos. No es inútil recordar que la noción de desarrollo, ya presente con fuerza en los inaugurales imaginarios modernos, sufriría una profunda expansión a partir de la segunda posguerra, a raíz de la globalización de sus sentidos centrales y de la aparición de nuevas modalidades y prácticas de intervención.

Así pues, la globalización del desarrollo se gestó dentro del movimiento planetario que significó la última reestructuración del sistema-mundo moderno, cuando fuertes transformaciones en la geopolítica internacional devinieron en la conformación de un nuevo escenario mundial. Más allá del interregno de la guerra fría, la concreción indiscutible de Estados Unidos como la principal potencia hegemónica, la creación de los organismos de gobierno global (ONU, OTAN, FMI, BM, entre otros) que aseguraran la supremacía política, militar y económica de los países centrales, el advenimiento de la economía liberal y de la utopía del mercado total como patrones de vida universales, las condiciones de producción del posfordismo y las formas de acumulación flexible del capital marcan, junto con el surgimiento del desarrollo como articulador de los compases anteriores, los principales derroteros de este proceso de reestructuración del sistema mundial moderno. Esta reconfiguración im-

plicará a la postre la reclasificación social de la población mundial bajo la reconfiguración de las antiguas taxonomías sociales, reajustando las diferencias coloniales basadas en las ideas de raza y etnia (Quijano, 2000a), a través de una serie de prácticas representacionales que catalogan a la población mundial y a los diferentes territorios según la dicotomía desarrollados/subdesarrollados. En el mismo movimiento histórico, la globalización del desarrollo impulsa la creación de una extensa variedad de organismos nacionales e internacionales con el fin de motorizar la transformación de los países del Tercer Mundo por medio de políticas, programas y proyectos de modernización.<sup>2</sup>

De esta manera, se supone, desde entonces, la existencia de tres entidades cabalmente diferenciadas entre sí: el Primer Mundo, desarrollado, tecnológicamente avanzado, libre para el ejercicio del pensamiento utilitario y sin restricciones ideológicas; el Segundo Mundo (en la actualidad casi extinto), también desarrollado y tecnológicamente avanzado, pero provisto de un cúmulo ideológico que impide el pensamiento utilitario; y finalmente, el Tercer Mundo, subdesarrollado, rezagado tecnológicamente, y con una mentalidad tradicional que obstruye la posibilidad del pensamiento utilitario y científico. El desarrollo se yergue actualmente como uno de los pilares de las definiciones geoculturales globales, actuando a la vez como una máquina homogeneizadora que unifica a vastos conglomerados poblacionales bajo el rótulo de “subdesarrollados” o “tercermundistas”. Estas imágenes ontológicas han alcanzado tal grado de aceptación, que se presentan como ineluctables (Coronil, 2002).

<sup>2</sup> Escapa a los límites de este artículo realizar una revisión extensa de la historia del desarrollo. No obstante, para una historización completa de su surgimiento, sus recorridos históricos y sus principales mutaciones, puede verse Escobar (1998), Esteva (2000) y Rist (2002).

En un trabajo anterior, Quintero (2009) refiere al desarrollo como un dominio tanto a nivel global, como local, del pensamiento y de la acción, constituido por: a) un episteme que administra sus discursos y representaciones (re)produciendo las clasificaciones sociales de la colonialidad del poder, y b) un sistema de prácticas que conduce sus intervenciones en las sociedades y/o comunidades que se suponen subdesarrolladas. De esta manera, hemos preferido exponer al desarrollo como una idea/fuerza en el sentido de “análogas aspiraciones motivadoras e impulsoras de cambios mayores en la sociedad”, tal como lo hace Quijano (2000c: 78), y no como una ideología/utopía a la manera de “interpretaciones del pasado y del futuro que luchan para construir hegemonías”, como propone Ribeiro (2005: 8). Es cierto afirmar, que el desarrollo posee una carga ideológica y un contenido utópico que le es inherente, pero consideramos que esta idea/fuerza pertenece a un sistema ideológico y utópico (espacial y temporalmente) más amplio, ligado a la modernidad occidental como sistema cultural, al capitalismo como sistema de explotación social, y a la colonialidad del poder como patrón de dominación. Estas consideraciones implican reconocer al desarrollo no como proceso natural de “avance, complejización y progreso”, sino como un fenómeno histórico y específico.

En este sentido, conviene diferenciar, en forma analítica, los ejes básicos o las disposiciones esenciales del desarrollo, considerándolas a la manera de lógicas que prefiguran modelos de referencia y de praxis. Así, el desarrollo estará caracterizado por la co-actuación de: a) una lógica epistémica que determina cómo el desarrollo y sus agentes piensan a las sociedades y/o comunidades receptoras de sus intervenciones, y b) una lógica operacional que establece cómo el desarrollo interviene de forma práctica en las comunidades y/o sociedades receptoras. Mediante este binomio se articula y concreta la idea/fuerza de desarrollo, funcionando precisamente como un sistema de discursos y de prácticas. Puede considerarse al conjunto heterogéneo formado por la articulación de estos elementos particulares, como las estructuras elementales del desarrollo (Quintero, 2012), en tanto expresión de la configuración esencial

de los ejes del desarrollo. Dichas estructuras fundamentales conjugan un cuerpo teórico particular, unas formas de difundir y controlar este cuerpo, un conjunto de pericias y formas de obrar, unas determinadas organizaciones multiescalares, unos centros de decisión y un conjunto heterogéneo de agentes, intermediarios y actores que ensamblan las redes de actuación de dichas estructuras fundamentales.

Las lógicas espistémica y operacional del desarrollo afianzan sus dinámicas a través de estas redes que trazan conexiones entre la globalidad de su diseño y el ámbito local de sus aplicaciones. Precisamente por ello, los itinerarios y consecuencias del desarrollo a nivel local, y para cada espacio particular, obedecerán no sólo a los diseños globales de discursos y prácticas desarrollistas que se vehiculizan a partir de proyectos específicos, sino que también dependerán de la historia particular de la localidad en cuanto a su formación social, a su integración a la economía mundial, al lugar que ocupa dentro de las taxonómicas de la clasificación social, a las relaciones de hegemonía y subalternidad que se despliegan dentro del Estado-Nación, a las dinámicas de dominación y explotación que mantengan con otros grupos, así como a las prácticas específicas de los ejecutores y receptores del desarrollo. Por ende, el análisis de las intervenciones del desarrollo, sea cual sea su escala, debe considerar necesariamente las condiciones históricas y estructurales particulares del espacio donde se gestan los programas de desarrollo, y asimismo reconocer las orientaciones diacrónicas de los conflictos entre los grupos que desenvuelven su existencia social en dicho espacio.

## **Dependencia histórico-estructural y políticas de desarrollo en la provincia de Chaco**

Lo que se reconoce actualmente como la provincia de Chaco está formada por un territorio ubicado en la región noreste de la República Argentina. La geografía de la provincia está caracterizada por un relieve

llano y aluvial, cuyos suelos son en su mayoría de tipo arcilloso. El clima registrado es semitropical, pudiendo alcanzar en la estación de verano los 45°C. En relación a esto las precipitaciones son escasas, alcanzando los 1200 mm anuales en el lado oriental y los 500 mm anuales en el sector occidental de la provincia. A pesar de la presencia de dos importantes corrientes fluviales, como lo son el río Bermejo y el río Paraná; la hidrografía de la provincia es exigua. Esta característica aunada a las pocas precipitaciones hace del acceso al agua uno de los problemas históricos fundamentales de la región. Según el último censo nacional, la provincia de Chaco cuenta con una población de poco más de un millón de personas, de las cuales aproximadamente 20% habita las extensas zonas rurales (INDEC, 2010). Según datos menos recientes del propio INDEC (2005), se estima que la población indígena representa aproximadamente 16% de los habitantes de la provincia, principalmente pertenecientes a las etnias qom, wichí y mocoví, en ese orden de importancia numérica.

La formación de Chaco como unidad político-administrativa estuvo ligada a los ejercicios de construcción del Estado-Nación durante el siglo XIX, y a la conformación de la frontera interna con los pueblos indígenas, asentada en los imaginarios de civilización y barbarie, tan caros en la Argentina de la época. Para el Estado-Nación que acababa de lograr su independencia, el control fáctico del Chaco posibilitaría el establecimiento claro de sus fronteras con los demás países de la región, y facilitaría la incorporación de vastos territorios y de un número no despreciable de población a las estructuras productivas del capitalismo. La estrategia aplicada por el Estado argentino para la colonización paulatina del Chaco estuvo basada en la construcción de fortines a lo largo de los ríos Bermejo y Pilcomayo, y en las incursiones militares que desde 1870 se dieron en la región (Trinchero, 2000). Estas incursiones militares tuvieron otros motivos además del control territorial del Chaco Austral y Central, pues al expandirse la frontera interna de la nación, una tarea primordial del Estado era poblar las áreas que estaban supuestamente despobladas –en realidad ocupadas con anterioridad por pueblos indígenas–, y que desde 1883 comenzaron a ser tomadas por colonos criollos e inmigrantes euro-

peos. Ambos emprendimientos necesitaban la provisión de mano de obra que sólo podía ser suministrada por indígenas (Iñigo Carrera, 1973).

Según diversas investigaciones históricas (Beck, 1994; Schaller, 1986; Trincherio, 2000), entre los años de 1884 y 1885, con la campaña militar dirigida por el General Benjamín Victorica y la fundación del Territorio Nacional del Chaco, se fragua la conquista definitiva de estos territorios. A pesar de que posteriormente se libraran campañas militares importantes contra las parcialidades indígenas hasta 1912, con la incursión dirigida por el General Enrique Rostagno, ya para los últimos lustros del siglo XIX es posible identificar el control del Estado central sobre el Chaco. Además de las campañas militares, y del establecimiento de la llamada guerra contra el indio, el despliegue de las acciones estatales está llamado a asegurar la integración efectiva de los nuevos territorios al imaginario y al sistema de producción nacional.

En la región que hoy forma la provincia de Chaco, tres procesos fueron centrales en la definición de estas políticas y en la estructuración histórica de la sociedad chaqueña, a saber: a) la ocupación y privatización del territorio a través de las concesiones con fines productivos y civilizatorios a individuos y sociedades privadas, a militares de rango alto y medio –participantes de las campañas de colonización–, y en menor medida a organizaciones religiosas (Schaller, 1986); b) la manutención de los principales fortines y unidades de mando militar instauradas durante la campañas de conquista, así como la fundación de la policía del territorio nacional del Chaco (Beck, 1994); y c) la incorporación subordinada de las unidades productivas de la región a las estructuras del capitalismo agrario nacional (Brodersohn *et al.*, 2009). Estos procesos fueron la piedra basal de la organización de las relaciones sociales en Chaco, encabezadas por una elite provincial criolla –identificada con la inmigración europea– que controló la mayoría de las tierras fértiles.

Como en el resto del Chaco central, los antiguos asentamientos y territorios indígenas quedaron limitados a muy pequeñas porciones, confinadas bajo la figura jurídica de tierras fiscales, o bien circunscritos

dentro de las áreas cedidas a terceros por el Estado central. El Territorio Nacional del Chaco, que se provincializó recién en 1951, es heredero de la conflictividad inherente a los procesos de colonización temprana de la región, y a la configuración histórico-estructural propia de la colonialidad del poder en estos espacios periféricos (Quijano, 2000b). La categoría de colonialidad del poder se refiere a un patrón histórico de poder sustentado en una estructura de dominación social basada en la jerarquización de la población mundial, en conjunción con una estructura de explotación social basada en la combinación de las distintas formas de control del trabajo bajo la hegemonía del capital, para la producción de mercancías destinadas al mercado mundial. Históricamente las poblaciones subalternizadas por este patrón han sido impelidas de participar de manera integral en los procesos de construcción y de acción del Estado y en las dinámicas de la sociedad nacional. Así ha sido en los espacios periféricos donde suelen visualizarse con mayor nitidez los procesos de concreción local de este patrón de poder global. Por ello, puede caracterizarse al Chaco como una formación social de fronteras, en tanto territorio heterogéneo de alta complejidad social, en donde se despliegan particulares relaciones de producción capitalistas expresadas en la conjunción de situaciones de construcción de fronteras políticas y culturales (Trincheró, 2000).

Ciertamente, la disposición colonial del poder, en lo que será luego la provincia del Chaco, representa las bases de su estructuración histórico-social. El patrón de asentamiento y colonización de los territorios chaqueños se desarrolló expandiéndose hacia el norte de la cuenca del río Bermejo, a la par que se ocupaban las márgenes del río con plazas militares, estancias y establecimientos misionales. Las leyes de colonización del Territorio Nacional de Chaco obligaban a estancias y misiones a establecer el poblamiento de las tierras otorgadas, con el favorecimiento del asentamiento de inmigrantes de origen europeo (en su mayoría italianos y polacos) y a generar la producción económica de las tierras concedidas (Schaller, 1986). Desde el mismo año de 1884 dos insumos serán los motores económicos del nuevo territorio nacional y de su incorporación dependiente al mercado mundial: la madera y el ganado vacuno. Se irán

agregando paulatinamente los cultivos agrícolas de algodón y de algunos cereales durante el último lustro del siglo XIX.

De esta forma, Chaco participó en el esquema primario de exportación que prevaleció en la Argentina al menos hasta la crisis económica mundial de 1929, principalmente con la explotación maderera y del extracto de quebracho colorado (*schinopsis balansae*)<sup>3</sup> (Miranda, 1955). La participación de un componente importante de capitales foráneos, representado en la compañía La Forestal y el control efectivo de las tierras boscosas, aunado a la demanda del producto en el mercado mundial de la época, favorecieron el rápido crecimiento de la explotación, hasta que la crisis internacional impactó en el precio del producto. Durante la misma época, se gestó un proceso inicial de expansión ganadera impulsado por la elite provincial de Corrientes en su afán por expandir su control territorial sobre el norte del país, al tiempo que procuraban ampliar sus posibilidades de acumulación de capital.

Como efecto primordial de la crisis capitalista de 1929, la política económica del país –y en consecuencia de la región– se orientó a un modelo parcial de sustitución de importaciones, favoreciendo de esta forma el crecimiento de la agricultura basada en la producción de algodón (*gossypium barbadense*), el cual ya se había establecido como cultivo desde finales del siglo anterior. Las plantaciones de Chaco, controladas por una naciente burguesía agropecuaria, proveyeron las tres décadas siguientes a las industrias textiles nacionales en su totalidad. Tal fue el crecimiento experimentado por la producción de algodón de este periodo, que el territorio nacional llegó a concentrar entre 75 y 85% de toda la producción de algodón de la Argentina (Valenzuela, 1999). La demanda interna repre-

<sup>3</sup> Comúnmente denominado tanino, proveniente de la voz inglesa *tanning* (curtido), el extracto del quebracho colorado –como el de otras especies arborícolas– es utilizado como sustancia para la conversión las pieles de animales en cuero.

sentaba 50% de la producción, mientras que la otra mitad era exportada a Europa, principalmente (Wolf, 1993). Esta rápida expansión del cultivo contribuyó a la formación de explotaciones domésticas criollas e indígenas basadas centralmente en el cultivo de algodón, asentados en reducidos espacios de tierras fiscales y sin la posibilidad de acumulación de capital. Podrían incluirse dentro de este sector a las unidades domésticas indígenas y campesinas (usufructuarias de entre 1 a 5 ha aproximadamente), y a los pequeños productores (usufructuarios de alrededor de entre 10 y 30 ha) que sin posibilidades concretas de aumentar la producción agrícola, combinaban la producción de algodón con la de otros cultivos, participando al mismo tiempo como trabajadores temporales en otras unidades de producción de mayor tamaño y alcance.

Para el caso específico de las comunidades indígenas, la reducción de las actividades de recolección y caza gracias a la poca disponibilidad espacial que se hizo creciente desde fines del siglo XIX condicionó paulatinamente su conversión hacia un modo de subsistencia cada vez más dependiente del cultivo de la chacra –y dentro de ella del algodón–, y por ende, supeditada a sus ritmos e inestabilidades (Cordeu y Siffredi, 1971). Para la época, también se registra el proceso de formación de un sector de medianos productores<sup>4</sup> (poseedores de entre 15 y 100 ha) con

<sup>4</sup> El debate en torno a las denominaciones de las unidades productivo-asociativas en América Latina es sumamente extenso. Particularmente en la Argentina, por su especificidad histórica existen muy pocos acuerdos acerca de cómo denominar a estas unidades que habitan las zonas rurales: campesinado, pequeños productores, colonos, “farmer”, entre otras, son denominaciones y taxonomizaciones comunes en la actualidad, aunque estas propuestas datan de la década de los setenta. Para complejizar aún más el panorama, en cada provincia tanto los actores sociales involucrados, como los científicos sociales han optado por diferentes versiones y criterios de demarcación conceptual. Por las consideraciones anteriores, los apelativos “pequeños productores” y “medianos productores” son tomados aquí como la identificación más común dentro de la provincia de Chaco. Para estas identificaciones y denominaciones en Chaco puede consultarse Brodershon *et al* (2009).

una capacidad limitada de acumulación de capital y con la necesidad de recurrir al usufructo de mano de obra externa (indígena y campesina) para la cosecha y la zafra. Este sector –que hasta el año de 1980 representó más de 70% de los productores agrícolas de la provincia (Valenzuela, 1999)– con una producción diversificada entre el algodón y variados tipos de cereales y hortalizas, se agrupó en asociaciones cooperativas que lograron un importante poder de gestión y de movilidad dentro del mercado capitalista regional al conseguir integrar la producción de las diversas unidades y la distribución de sus productos, y por ende, al poder incidir directamente en la balanza de precios, sin depender de intermediarios de ningún tipo.

Este tipo de economía periférica, si se quiere de enclave (Cardoso y Faletto, 1969), es característica por estar ligada al sector primario, tendiendo a depender fuertemente de la producción de uno o de dos tipos de materias primas. Esto condiciona a la economía local a estar sometida a los vaivenes del mercado mundial, incluso no sólo a una posible baja de precios, sino además al surgimiento de otros potenciales proveedores del insumo que se conviertan en competidores, así como también a transformaciones tecnológicas y a la aparición de nuevas materias primas, tal como sucedió en América Latina con el guano, el caucho y el carbón, por sólo nombrar algunos ejemplos históricos. Estas condiciones suelen estar acompañadas por la profundización de la desigualdad de las estructuras sociales y de la distribución del poder.

Después de la decadencia de la teoría de la dependencia, la ciencia económica se acostumbró a caracterizar a este tipo de estructura económica dependiente de la comercialización de materias primas como síndrome o enfermedad holandesa, haciendo mención a la sobrevaluación del florín en Holanda en la década de los treinta tras el descubrimiento del petróleo y a la posterior sujeción de la nación europea a la extracción de crudo. No obstante, y como propuso Fernando Coronil (2002), en el caso de América Latina el descalabro de este tipo de dependencia estructural es insuperable, puesto que los condicionantes generales del siste-

ma-mundo moderno/colonial impiden la diversificación de este tipo de actividad económica. De esta forma los países de América Latina han sido históricamente proveedores de naturaleza. Siguiendo nuevamente a Coronil, tal vez es más adecuado denominar a este tipo de modelo económico como síndrome o enfermedad neocolonial.

Entre fines de la década de los cincuenta y mediados de la siguiente, las políticas de desarrollo internacional de la Revolución Verde y las políticas internas de la Argentina, que tuvieron como finalidad incluir a otras regiones del país como productoras de bienes exportables y no como proveedoras del mercado interno, impactaron con fuerza en el agro chaqueño produciendo la crisis del sector. Los más afectados fueron los pequeños productores no sólo por sus características socio-productivas, sino por estar atados a los condicionamientos del mercado y supeditados a la intermediación de las cooperativas agrarias dirigidas por la pequeña burguesía agrícola. Este último sector, con un nivel de capitalización mayor, aprovechó el impulso brindado por los cambios estructurales y reconfiguró sus sistemas productivos, pasando del cultivo mayoritario del algodón a diversos cultivos extensivos mecanizados (principalmente trigo, sorgo y girasol) que no necesitaban la provisión de mano de obra. Este traspaso productivo impactó a su vez en las contrataciones estacionales de un semiproletariado (criollo e indígena) que era empleado en la labranza del algodón. De la misma forma, este periodo marca la reexpansión de la frontera agropecuaria pampeana hacia el Chaco, y la conversión de la burguesía agrícola en una burguesía agropecuaria, acentuando su participación en el negocio ganadero (Brodersohn *et al*, 2009).

La necesidad expansiva de este capitalismo agropecuario abrió una nueva etapa de disputas por el territorio y un ciclo migratorio y de abandono de sus pequeñas chacras por parte del campesinado criollo. La caída internacional del precio del algodón registrada en 1967 y profundizada durante el primer lustro de la década de los setenta no sólo ahondó este escenario conflictivo con la fundación de las Ligas Agrarias,

sino que además aperturó la introducción paulatina del cultivo de la soja (*glycine max*). Las políticas estatales de la dictadura militar, aplicadas en la provincia desde los primeros años de su mandato, se orientaron a favorecer el crecimiento de este proceso de sojización, al tiempo que procuraron eliminar la producción campesina a través de la aprobación de un conjunto de reglamentaciones jurídicas y económicas, así como programas de desarrollo que a la postre beneficiaría la reexpansión del capital financiero en la región. El hito más importante de este periodo es la implementación del Proceso de Reorganización Agraria del Chaco (Prachaco), programa de desarrollo fundado en 1980, que tenía como fin impulsar la producción de unidades de más de 300 ha y al mismo tiempo de erradicar las siembras de menor dimensión, expropiándolas y pagándoles a sus ocupantes 50% del valor de mercado de las mismas. Como se deja ver, este programa reconcentró la tenencia de la tierra –ya bastante desigual para la época–, impulsando la acumulación de capital de parte de los medianos productores y entregando las unidades confiscadas a la banca privada para la posterior comercialización de las mismas. El paisaje rural y la estructura social que recibía el gobierno constitucional en 1983 denotaba ya una provincia con los mayores niveles de desigualdad del país (Valenzuela, 1999).

Las políticas desreguladoras del Estado aplicadas desde los inicios de la década de los noventa impactaron a su vez de manera concisa en el sector agrícola. A pesar de los repuntes en la producción en las campañas entre 1994 y 1997, la libertad que se le dio al mercado sobre el precio de los productos agrícolas hizo decaer la cotización de los mismos hasta muy bajos niveles. Esta desvalorización del agro en general, pero principalmente del algodón, condicionó fuertemente la reproducción de los medianos y pequeños productores que, con un escaso fondo de reserva, no tuvieron más opción que recurrir a los créditos agrícolas tan populares en la época. El fin de la convertibilidad y la nueva política de desregulación cambiaria terminó de sepultar a la mayoría de estos productores. Sin embargo, las explotaciones familiares más pequeñas

y las unidades domésticas campesinas e indígenas, incapaces –por su situación subordinada– de solicitar créditos o siquiera de expandir su producción, no resultaron tan afectados por la crisis. En la otra banda de la estructura social, la burguesía agropecuaria tuvo la capacidad de redirigir sus inversiones de capital hacia otros rubros, en algunos casos las reconfiguraciones de estos años los hicieron invertir definitivamente en la soja o en la expansión de su hato ganadero (Brodersohn *et al*, 2009). Debe hacerse notar que el periodo que se inicia en el año 2002 apertura fuertemente la entrada de capitales extraprovinciales que comienzan a invertir en tierras, ganado y soja en la región central y en el Noreste de Chaco. La mayoría pertenecientes a la burguesía pampeana que por el alza de la renta de las tierras en esa región del país, procuraron movilizar sus inversiones hacia la provincia de Chaco y en menor medida hacia Formosa y Misiones.

Ciertas políticas provinciales abocadas al control del precio del algodón lograron un repunte en el precio del insumo, y por ende, ayudaron a sostener a los productores más desfavorecidos, al menos hasta el año 2005. No obstante, el proceso de concentración de la tierra y sus resultados más evidentes como la expansión de la pobreza y las masivas migraciones son parte del escenario chaqueño contemporáneo que, según datos del último Censo Nacional (Indec, 2010), es actualmente una de las provincias con mayor índice de desigualdad, pobreza e indigencia del país.

Bajo este escenario es claro que los modelos de desarrollo que se han gestado históricamente desde el Estado central y desde la Provincia de Chaco han seguido políticas específicas de favorecimiento de los sectores dominantes en la región, representadas principalmente por sociedades agroindustriales y de inversión de capital. En este marco general, las políticas de desarrollo han sido entendidas e implementadas en el espacio chaqueño como modalidades para fomentar la apropiación territorial e impulsar la capacidad productiva de los grandes estancieros de la zona. Sin embargo, esto no significa que la cuestión del desarrollo

tal como la entenderemos aquí, esté constituida exclusivamente por la naturaleza de la intencionalidad político-programática que se le otorgue. Entendido así, el desarrollo sería un simple problema de modelos y escalas, que lo adjetivarían procurando hacerlo más democrático o inclusivo. Como veremos, los proyectos de desarrollo de tipo local que son implementados a partir de la década de los ochenta en la provincia de Chaco continuarán estos derroteros de profundización de la desigualdad a pesar de estar dirigidos hipotéticamente hacia el favorecimiento de las poblaciones más vulnerables.

## **Los programas de desarrollo del Banco Mundial en el noreste argentino**

Como resultado de los cambios ocurridos durante la reestructuración capitalista del sistema-mundo en los años cincuenta, las políticas de desarrollo internacional impulsadas por las organizaciones de gobierno global de la economía sufren importantes transformaciones en sus doctrinas de cooperación y ayuda internacional al desarrollo, lo que se traduce a la postre en una nueva política de intervención en los países del Tercer Mundo. Principalmente, las instituciones fundadas en el acuerdo de Bretton Woods (el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial) comienzan a dirigir sus programas de ayuda al desarrollo directamente hacia poblaciones locales consideradas como subdesarrolladas (Finnemore, 1997). Esto implica que el apoyo económico para el desarrollo aportado por estas instituciones, deja de estar dirigido hacia el financiamiento general de los sistemas Estatales, y comienza a implementarse en espacios focalizados de menor escala. Estos cambios en las políticas de financiamiento no devienen necesariamente en la supresión total del papel de los Estados, pero sí se traducen en el debilitamiento de su capacidad para administrar los recursos recibidos.

Estas nuevas doctrinas y políticas de financiamiento producen en América Latina la rápida creación de entidades estatales encargadas de administrar los recursos aportados por los organismos globales, particularmente por el Banco Mundial (BM) y de dirigirlos hacia las zonas indicadas por éstos. Aunque este tipo de mecanismos empiezan a implementarse desde la década de 1960, es a partir de mediados de la década de los ochenta cuando se expanden cuantiosamente, cada vez interviniendo con mayor ahínco en espacios reducidos. En América Latina, el Banco Mundial es históricamente el mayor financista de proyectos de desarrollo de tipo local. Sus programas financiados se han implementado en su gran mayoría en tres áreas territoriales de gran importancia geopolítica en el subcontinente, particularmente en los Andes, la Amazonia y el gran Chaco (Peet, 2003). Las tres son áreas territoriales sumamente extensas con características similares por sus estructuras socioeconómicas, por la importante presencia de población indígena, por los cuantiosos recursos naturales y por recrearse en ellas fronteras políticas de viejo cuño.

Para el caso que nos ocupa, el BM financió e implementó desde el año 2000 uno de sus más recientes macroproyectos en el área del gran Chaco, particularmente en el Chaco central, bajo el epítome de Programa de Desarrollo a Pequeños Productores Rurales del Norte Argentino que incluían las provincias de Salta, Formosa y Chacolas, las cuales según las estimaciones del BM son las provincias que presentan un mayor índice de desigualdad rural en el país. El programa financiado por el BM reunía la suma de 75 millones de dólares en total, para el periodo de 12 años comprendidos entre el primer trimestre del año 2000 y el último de 2011. El macroproyecto en cuestión estaba desdoblado a su vez por dos intervenciones distintas, por un lado, el Proyecto de Desarrollo de Pequeños Productores Rurales del Norte Argentino y por otra parte, el Proyecto de Desarrollo en Comunidades Indígenas del Norte Argentino. La estrategia de ambos era la de “financiar pequeños proyectos de desarrollo local que incentiven la producción económica de las comunidades” (Banco Mundial, 2000), diferenciado para ello étnicamente a las poblaciones re-

ceptoras. En la práctica, ambos proyectos se encargaron de financiar una numerosa cantidad de pequeños emprendimientos productivos de corte agropecuario, aunque también se financiaron obras infraestructurales locales, sobre todo relacionadas con el abastecimiento de agua, con miras a crear las condiciones necesarias para futuros proyectos productivos. Debe notarse aquí, que el primer desprendimiento tiene el mismo nombre que el macro-proyecto del Banco Mundial, pero cambia el epítome de programa por proyecto. Asimismo deben advertirse las cuantiosas ramificaciones del macroproyecto, en dos entidades diferenciadas que a primera vista parecen independientes y que posteriormente cada una de ellas se bifurca en microproyectos de desarrollo local, que a su vez adquieren un aura de autonomía y complejizan el seguimiento de la intervención general del desarrollo. Timothy Mitchell (2002) ha sugerido que estas múltiples fragmentaciones y ramificaciones no son azarosas, sino que por el contrario responden a tecnopolíticas guiadas hacia el camuflaje planificado de los proyectos de desarrollo. Mitchell también argumenta que mientras más sustancioso es el monto monetario de los programas de desarrollo más intrincada son sus ramificaciones y más difícil es seguir la pista de los recursos ejecutados.

Particularmente en la provincia de Chaco, la aplicación de ambos proyectos regidos por el Programa de Desarrollo de Pequeños Productores Rurales del Norte Argentino se produjo sobre todo en los territorios del noreste de la provincia, gestionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través de su Programa de Desarrollo Rural de las Provincias del Noreste Argentino (Prodernea). Este último programa se configuró como ente mediador entre el financiamiento del BM y las comunidades receptoras de dicho financiamiento. Prodernea formado en su mayoría por profesionales del área de administración de empresas era apoyado y asesorado en cada provincia por organizaciones no gubernamentales (ONG) de larga experiencia en estas regiones. Particularmente dos ONG fungieron como intermediarias en la ejecución de los proyectos, a saber, el Equipo Nacional de Pastoral Aborigen (En-

depa), organismo ejecutivo de la Conferencia Episcopal Argentina para los pueblos indígenas, y por otra parte el Instituto de Cultura Popular (Incupo), un desprendimiento de la iglesia católica que desde los años setenta impulsa proyectos de educación popular y desarrollo sostenible en el norte de Argentina.

Algunos estudios recientes (Braticevic, 2009; De la Cruz, 1997; Quintero, 2009) han hecho notar las continuidades existentes entre los modelos de intervención social llevados a cabo en el Chaco argentino entre las organizaciones misionales ligadas a distintas facciones del cristianismo moderno con fines evangelizadores y filantrópicos y las ONG para el desarrollo. Estas continuidades estarían dadas tanto por la vinculación de las organizaciones intermediarias, como por los vectores programáticos de sus prácticas de intervención. La agencia y las lógicas seguidas por los sujetos y organismos intermediarios suelen ser de vital importancia para comprender los mecanismos de funcionamiento de las tramas sociales (Wolf, 2001). En el estudio antropológico de los proyectos de desarrollo es de vital importancia componer los tejidos de relaciones y la capacidad de gestión de cada uno de los actores, desde las entidades globales diseñadoras de los programas y proyectos de desarrollo hasta los actores locales receptores de los mismos (Quintero, 2012). Para el caso que nos atañe, el BM es el ente financista y primer diseñador del macroproyecto de desarrollo para el norte argentino, pero dicha intervención es vehiculizada a través de una agencia estatal (Prodernea), configurada dentro en un gabinete ministerial para administrar los recursos aportados por el BM, con una importante capacidad de gestión, pero al mismo tiempo limitada por los diseños foráneos del BM. Prodernea a su vez depende del trabajo *in situ* de técnicos y expertos de ONG independientes del Estado para poder ejecutar los proyectos de desarrollo en las comunidades que han sido objetivadas como necesitadas de desarrollo. Estas colectividades en algunos casos pueden optar por recibir los proyectos pero –como veremos– raras veces participan en el diseño e implementación de los mismos.

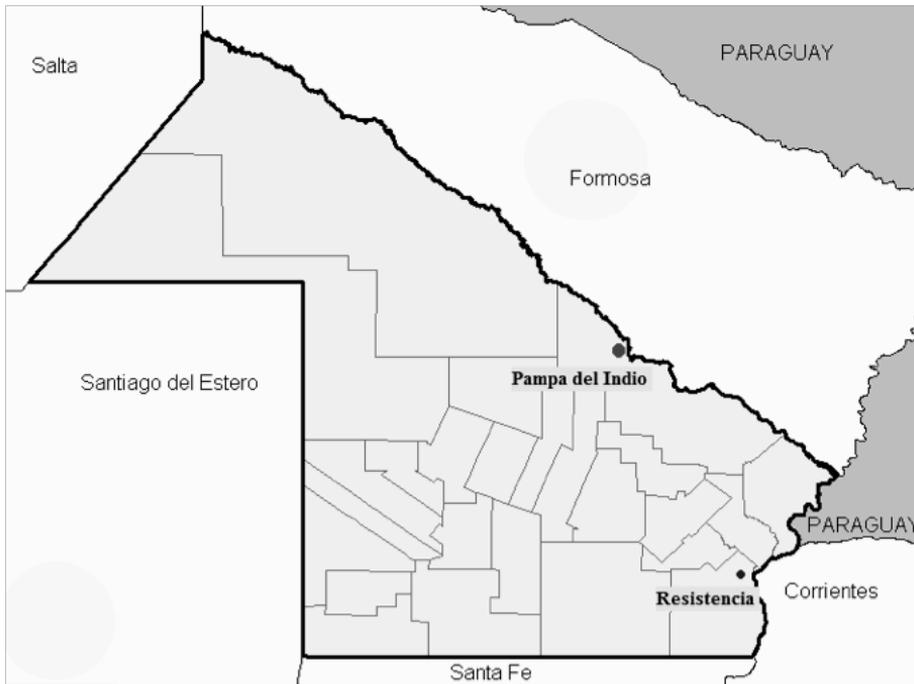
Los programas se implementaron en los departamentos Libertador General San Martín y General Güemes, ambos con la mayor densidad de población indígena de la provincia de Chaco y territorialmente los más extensos. Siguiendo la cuenca del río Bermejo, las localidades que recibieron proyectos particulares de desarrollo desde el año 2000, financiados por el Programa de Desarrollo a Pequeños Productores Rurales del Norte Argentino del BM e implementado por Prodernea en asociación con las ONG de la región fueron las localidades de La Eduvigis, Selvas del Río de Oro, Siervo Petiso, Pampa Almirón, Pampa del Indio, Miraflores, El Sausalito, Juan José Castelli y Misión Nueva Pompeya. La gran mayoría de los proyectos estuvieron destinados a generar alternativas de producción para las comunidades, que se traducían en el apoyo a la cría de ganado, al cultivo agrícola y a la apicultura, según fuera el caso.

## **Desarrollo y comunidad en el Proyecto de Producción Bovina y Caprina**

Como ya fue señalado, el Proyecto de Desarrollo en Comunidades Indígenas del Norte Argentino desprendimiento del Programa Desarrollo a Pequeños Productores Rurales del Norte Argentino, implementado por el BM, tuvo como finalidad la ejecución de proyectos productivos en comunidades indígenas de las provincias del noreste argentino. Para el caso de la Provincia de Chaco, una de las localidades que recibió más atención y financiamiento por parte de los proyectos del BM fue Pampa del Indio (figura 1). Esta localidad se ubica en el departamento de General Libertador San Martín al noreste de la Provincia de Chaco, con una población que asciende a poco más de doce mil habitantes, de los cuales más del 50% pertenece a la etnia qom. La población qom se asienta en los barrios periféricos y en los lotes fiscales de los alrededores de Pampa del Indio, conformando un patrón poblacional rural de gran dispersión. Las actividades económicas qom en la zona han estado históricamente

caracterizadas por la combinación del trabajo asalariado, la caza y recolección, la producción agrícola de diversos cultivos a pequeña escala y la producción del algodón. Estas actividades por parte de la población qom deben ser contextualizadas cronotópicamente en las dinámicas generales de estructuración del Chaco central y en los derroteros específicos de la provincia de Chaco.

**Figura 1. Ubicación geográfica de Pampa del Indio**



A medida que la población qom fue expropiada de sus territorios y a su vez erradicada su movilidad geográfica, sus prácticas de supervivencia comenzaron a desenvolverse paulatinamente alrededor del pequeño cultivo agrícola circunscrito al espacio doméstico, particularmente del algodón. Aunque esta última práctica se ha profundizado desde la década de los setenta en la población qom, la fuerte sequía que se ha impuesto en la zona durante la última década –y que se ha ido incrementando en el último lustro– los ha hecho adoptar nuevas estructuras de sobrevivencia (Quijano, 1998), que los han llevado a participar en planes provinciales de recepción de alimentos y en proyectos de desarrollo de diverso tipo. En tanto población sujeta por las dinámicas de dominación y explotación propias de la colonialidad del poder en el Chaco central, la población qom habita los márgenes de las estructuras Estatales y del sistema capitalista, interviniendo por lo general en el polo marginal de la economía (Quijano, 1998). Bajo estos derroteros se ha gestado la participación de la comunidad qom de Pampa del Indio en los programas de desarrollo financiados por el BM, las cuales han incluido su suscripción en proyectos de desarrollo de tipo local para la cría de ganado caprino.

Desde principios del año 2007, el Proyecto de Producción Bovina y Caprina (de ahora en adelante PPBC) fue planificado para ser implementado en dos parajes pertenecientes a Pampa del Indio conocidos como Pampa Chica y Campo Cacique. Este emprendimiento productivo financiado por el BM fue administrado originalmente por Prodernea, no obstante, este último organismo oficial dejó de funcionar a fines del mismo año de implementación del proyecto, con lo cual el programa debió ser gestionado con el apoyo de técnicos de otros organismos. En Pampa del Indio la realización del proyecto fue servida por Incupo que desde el retiro de Prodernea se encargaría de la ejecución total del proyecto. Esto incluía tanto el diseño, como la puesta en práctica del mismo. Por ende, el PPBC que ya había sido delineado por Prodernea fue rediseñado por Incupo con un conjunto de nuevos lineamientos. El proyecto a desarrollarse en Pampa Chica y Campo Cacique debía estar étnicamente

diferenciado entre la población criolla y la qom, por lo que el mismo emprendimiento de desarrollo distinguiría a la población receptora, no sólo desde un punto de vista de su adscripción sociocultural, sino también de sus supuestas capacidades productivas. Por ende, el proyecto diferenciaba étnicamente el tipo de ganado al que la población receptora podía acceder: ganado bovino (*bos primigenius taurus*)<sup>5</sup> para los criollos y ganado caprino (*capra aegagrus hircus*)<sup>6</sup> para los qom.

La distinción en el tipo de ganado otorgado para cada una de las poblaciones étnicamente diferenciadas de la zona implicó el cuestionamiento del proyecto desde sus inicios, sobre todo por parte de la población qom que se sentía discriminada por no recibir vacas, tal y como lo expresó tan claramente el presidente de la Asociación Cacique Taigoyic, Luis Venegas: “por una cosa o por la otra siempre nos terminan discriminando a nosotros. El gobierno, la gendarmería, el INAI,<sup>7</sup> Incupo. No nos dan opciones, nos niegan todos. Y no entiendo por qué no nos dan la opción de las vacas, sólo a los criollos se la dan ¿por qué?, al aborígen siempre nos toca la peor parte de los proyectos, si es que nos dan algo (...) esto de los chivos parece un armado para que ganen los criollos y la gente de Incupo, no sé para qué incluyen al aborígen (...) para ofrecernos algo ahí, nomás”. Pero a pesar de los cuestionamientos el proyecto siguió su curso proveyendo a doce unidades domésticas criollas de ganado vacuno, constituidas por un toro semental y tres vacas de la

<sup>5</sup> Los animales que conforman el ganado bovino son conocidos comúnmente en América Latina bajo los apelativos de toro para el caso de los machos, y de vacas, terneras o res, para el caso de las hembras. Los animales jóvenes de la especie suelen ser conocidos como becerros/as o vaquillos/as.

<sup>6</sup> Por su parte, los animales que conforman el ganado caprino son conocidos generalmente en América Latina bajo los apelativos de chivo, cabra, o choto flexionando la última vocal, según el sexo del individuo. En el caso de los animales jóvenes las denominaciones más comunes son chivito, cabrita, o cabritillo.

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Asuntos Indígenas.

denominada raza criolla, e incluyendo la compra de vacunas y demás insumos veterinarios necesarios para la cría a corto plazo. Por el lado qom, cinco unidades domésticas recibieron ganado caprino constituido por un semental y dos cabras de la denominada raza criolla,<sup>8</sup> incluyendo a su vez los insumos veterinarios necesarios. En total la población criolla e indígena de Pampa del Indio recibieron alrededor de 53 animales. Sin embargo, el PPBC planificado originalmente por Prodernea preveía la entrega de más de 200 animales de cría, y el proyecto contaba con los fondos para cubrir esa cantidad.

De esta manera, los recorridos del PPBC entre la comunidad qom empezaron con vacilaciones y dudas por parte de la población local acerca de su inclusión en el proyecto general. La división étnica y el favorecimiento del ganado vacuno para los criollos eran claros indicios de una política de diferenciación que no les favorecía. No obstante, por las complejas condiciones de sobrevivencia y viendo las posibles ventajas futuras del proyecto, cinco unidades domésticas qom se embarcaron en el mismo. Es necesario destacar que las condiciones de organización y sociabilidad de la población qom en Pampa del Indio están fuertemente mediadas por la presencia de cuatro organizaciones políticas, a saber: la Asociación Cacique Taigoyic, la Asociación Zonal de Tierras, y el Qomlashepi (Madres cuidadoras), todas nucleadas en torno al Consejo Qompí. Este último funciona como una especie de junta consultiva formada por los ancianos y dirigentes qom más experimentados de la zona, con el fin de coordinar y articular las reivindicaciones del pueblo qom de Pampa del Indio y de apoyar las otras comunidades indígenas en la

<sup>8</sup> La llamada raza criolla de caprinos es una de las razas más comunes en Argentina, resultado de la combinación no planificada de individuos de diversas razas caprinas llevados a estos territorios desde el siglo XVI. Además de la criolla, las razas más comunes en Argentina son: shorthorn, hereford, aberdeen angus, jersey y holando argentina, en ese orden de importancias.

Argentina. Cada nuevo proyecto de desarrollo (como de otro tipo) debe ser presentado y consultado con el Consejo Qompí para su aprobación. En la práctica general, las ONG suelen exponer sus emprendimientos directamente ante el Consejo, y es éste el que decide rechazarlos o aceptarlos y proponer destinatarios del mismo para el caso de los proyectos de desarrollo local. Estas organizaciones, especialmente el Consejo Qompí, potencian la capacidad de negociación y el posicionamiento general de la comunidad qom ante organismos foráneos. A pesar del desacuerdo con sus directrices generales, el proyecto fue discutido en el Consejo y aceptado para su puesta en marcha en cuatro familias de Pampa Chica y una de Campo Cacique. Incupo, por su parte, prometió que dependiendo de los resultados del proyecto este se podría instalar paulatinamente en otras unidades domésticas que contaran con las condiciones necesarias para su recepción. Éstas eran específicamente el aprovisionamiento de agua y la tenencia de algunas hectáreas de terreno doméstico para el pastoreo de los animales. Como ya se mencionó, las condiciones estructurales de la población qom de la provincia de Chaco hacen que sólo un porcentaje muy escaso de las unidades domésticas de Pampa del Indio reúna ambas condiciones.

A pesar de ello la estrategia del PPBC, diseñada y aplicada por sus agentes financieros e interventores (BM, Prodernea, Incupo), estaba ceñida a la planificación concienzuda de las condiciones ambientales de noreste de Chaco y en la búsqueda de una alternativa a la pequeña producción agrícola. Esta búsqueda se debe a las estimaciones de los bajos niveles pluviométricos registrados en la zona, a la extensión de la sequía, y a los problemas ambientales que han hecho difícil en los últimos lustros la continuidad de los cultivos como estrategia económica de la población local. De esta forma, se suponía que la introducción de animales de cría, además de paliar la crisis, podía presentar una alternativa económica local (Incupo, 2007). Debe considerarse que Argentina es uno de los países con mayor productividad en lo que a animales de cría respecta, y uno de los de mayor consumo de bovinos en el mundo, por lo que el diseño del

proyecto daba por sentada la rápida inclusión de la pequeña producción ganadera de Pampa del Indio en las redes de comercialización regional. Inclusión que como veremos, jamás llegó a efectivizarse para el caso del ganado caprino de la población qom participe del PPBC, debido principalmente a las características deficientes del mercado caprino en el norte argentino que se define por sus escasos canales de comercialización, por el bajo grado de transformación y diversificación del producto y por el exiguo hábito de consumo de carne caprina, por parte de los consumidores generales (Unión Industrial Argentina, 2009).<sup>9</sup>

Las cinco unidades domésticas qom que recibieron el PPBC reunían las condiciones necesarias para la puesta en marcha del emprendimiento, pues contaban con una cantidad de hectáreas mínimas para la cría de caprinos y con el aprovisionamiento de agua necesaria, asegurada a través del acceso a bombas hídricas. A fines del 2007 se instaló el primer piloto del PPBC en una unidad doméstica de Pampa Chica, los técnicos de Incupo dictaron un curso de capacitación y desembarcaron al ganado en un sencillo corral construido especialmente para tal fin, dando por iniciado el proyecto. A mediados del 2008, la

<sup>9</sup> Algunos indicadores estadísticos revelan estas deficiencias del mercado caprino en la región: 34% del total de producción nacional de ganado caprino (calculado en 4 millones de cabezas) se genera en el norte Argentino, con la excepción de Santiago del Estero las demás provincias de la región no llegan a producir más de 6% del total nacional, la producción está fuertemente orientada a la carne, con lo que otros productos derivados como lácteos y fibras son de muy escasa producción. En el caso de los lácteos la región produce 30% del total nacional (contabilizado en 845 000 litros por año), la producción de fibras es tan escasa que no cuenta con datos estadísticos generales (Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario, 2008). Para el caso específico de la provincia de Chaco: la producción de carne caprina representa 6% del total producido en todo el país, mientras que la producción de lácteos caprinos representa sólo 1%, asimismo en toda la provincia existen únicamente dos frigoríficos con las condiciones y capacidades necesarias para tratar los productos caprinos (Unión Industrial Argentina, 2009).

segunda unidad doméstica de Pampa Chica fue receptora del próximo arribo de chivos, y a fines de ese año ya se había instalado la tercera experiencia del programa. A mediados del 2009 se emplazó el cuarto emprendimiento en los terrenos de Campo Cacique, y pocos meses después el último corral fue construido en Pampa Chica, con lo cual quedaban instaladas las cinco secciones que dividían el PPBC entre la población qom de Pampa del Indio.<sup>10</sup>

En todos los casos Incupo proveyó de un semental y dos hembras en edad de reproducción. En el mercado nacional una hembra con estas características posee un valor de entre 200 a 300 pesos (aproximadamente entre 40 a 70 dólares), mientras que un semental tiene un valor medio de 2000 pesos (aproximadamente 450 dólares), a estas cifras se suman las vacunaciones periódicas que en los primeros años deben recibir los animales, el cálculo total arroja una inversión cercana a 3000 pesos (660 dólares) realizada para la instalación del PPBC en cada unidad doméstica, ya que la construcción del corral corría por cuenta de las propias unidades. No obstante, según documentos de Incupo (2007) cada una de las cinco secciones del proyecto fue registrada como una inversión de 11000 pesos (2450 dólares), pues incluía el incentivo de una comisión<sup>11</sup> para los técnicos de Incupo por la instalación de cada una de las secciones del PPBC. En cada experiencia intervinieron en el dictado de la capacitación

<sup>10</sup> A fin de facilitar el seguimiento de las experiencias del PPBC en conjunto, a partir de aquí denominaremos alfabéticamente las diferentes secciones del proyecto según el orden cronológico de instalación de la siguiente forma: Sección A (Pampa Chica, segundo semestre de 2007), Sección B (Pampa Chica, 1 – 2008), Sección C (Pampa Chica, 2 – 2008), Sección D (Campo Cacique, 1 – 2009) y Sección E (Pampa Chica, 1 – 2009).

<sup>11</sup> La denominación de "incentivo" y/o "comisión" son apelativos utilizados indistintamente por los técnicos de Incupo y otras ONG para referirse a los pagos extra-salariales que reciben a cambio de su participación como asesores en proyectos de desarrollo o en el apoyo a políticas públicas. Este tipo de pagos en la mayoría de los casos (como en el que nos compete) está estipulado por las instituciones que financian los proyectos, aunque no siempre son registrados en la contabilidad de los programas de desarrollo, por lo que suele haber una sustanciosa cifra ausente de los balances.

de un día, y demás consultas, dos técnicos de Incupo, por lo que cada uno de ellos se embolsó 4000 pesos por el apoyo técnico al PPBC. Nótese que esta cifra es mayor al total financiado para la producción de caprinos en cada unidad doméstica.

El proyecto avanzó en todas las unidades domésticas de forma diferenciada, aunque en casi todas tuvo los mismos resultados finales. La cría de caprinos depende fuertemente de los ritmos de reproducción de la especie y de su combinatoria con las posibilidades de mantenimiento del rebaño de animales. Una hembra llega a tener vástagos dos veces al año, dando a luz entre tres y cuatro crías.<sup>12</sup> Las crías pueden ser comercializadas a partir de los 6 meses de edad, siendo recomendable mantener una o dos hembras por año para aumentar el inventario de reproductoras. Como ya se señaló, la cría caprina depende en Pampa del Indio de los límites estructurales impuestos por el acceso al agua y a los pastos necesarios para la alimentación del ganado, pero además, su manejo requiere importantes decisiones económicas en torno a la reproducción y venta de las crías. La fácil reproductibilidad de la especie y su relativo simple mantenimiento conlleva de manera natural a un rápido aumento de la población animal. Por ende, el desarrollo de hato es sumamente importante para regular los recursos hídricos y alimenticios requeridos. Los tres animales otorgados por Incupo a las unidades domésticas de Pampa de Indio estaban previstos para aumentar el inventario de cría, conservando 25% anual de los nacimientos, esto es, sumando anualmente entre una y dos hembras a las reproductoras; por lo que 75% restante se proyectaba para la venta. El consumo de las crías dentro de las unidades domésticas receptoras estaba prohibido por los

<sup>12</sup> Una de las características específicas de la denominada raza criolla de caprinos es su proclive condición de reproducción que hace oscilar cada parto entre 3 y 4 crías. El resto de las razas de caprinos que se producen en Argentina (Saanen, Toggenburg, Pardo Alpina y Anglo-Nubian) suelen tener de 1 a 3 crías.

técnicos de Incupo, ya que esto disminuiría sin controla población de chivos. Tal y como nos fue relatado por un técnico de la institución: “ellos (los qom) no saben almacenar, no tienen idea de lo que es el ahorro para el futuro, por eso hay que controlar que es lo que hacen con los animales y prohibirles que se los coman, porque si por ellos fuese se los comerían todos en un día”. Esta condición de prohibición revela con nitidez la orientación mercantil del PPBC, que lejos de esperar una producción orientada a la economía familiar y al autoconsumo se dirige en pos de la comercialización directa de la carne, y aún más sin considerar el posible provecho de los lácteos y fibras caprinas. De la misma forma, la prohibición del autoconsumo por parte de Incupo denota tanto la opinión negativa de sus técnicos hacía la población qom, como el precepto de “controlar” y encauzar la conducta económica y cultural de esta población con miras al éxito del PPBC.

Según las previsiones de Incupo, el manejo correcto y controlado de la población caprina y la suma anual de reproductoras daría un aumento paulatino del hato, lo que permitiría una expansión que pasaría de ser sólo tres al inicio del proyecto a más de sesenta en cuatro años. El cuadro 1 muestra en detalle las progresiones posibles del aumento de población de chivos según cálculos de Incupo.<sup>13</sup> Tomando en cuenta la venta del resto de los animales para su consumo, el PPBC también aumentaría paulatinamente los ingresos de las familias qom, ya que la tercera parte de las crías serían comercializadas. Estos

<sup>13</sup> Una lámina similar al cuadro 2 fue expuesta por los técnicos de Incupo durante las jornadas de capacitación llevadas a cabo en cada una de las secciones del proyecto. Este tipo de material es una característica fundamental de las proyecciones de los programas de desarrollo, que logran formar a través de ellos fuertes expectativas en los futuros logros de los emprendimientos, abogando sobre todo por imágenes de crecimiento, acumulación, progreso y modernización, según sea el caso.

cómputos hipotéticos son significativos. El valor de un chivo vivo es 10 pesos (menos de 2 dólares) por kilogramo o 20 pesos el kg si éste ha sido ejecutado, despellejado y trozado. Si el peso total de una cría oscila entre 6 y 12 kg, el costo total de un chivo para el consumo ronda entre 60 a 120 pesos vivo y 120 a 240 pesos procesado. Para una localidad con un alto índice de pobreza, la compra del chivo para el consumo es una actividad que suele realizarse sólo para ocasiones festivas y/o rituales, mayormente en épocas navideñas. La mayoría de sus compradores están representados en las capas medias criollas de Pampa del Indio y de poblaciones aledañas. A pesar de estos reparos, la planificación de Incupo prometía una ganancia neta anual de entre 720 a 3840 pesos para el primer año. Sin embargo, el amplio rango de las posibles ganancias depende de tres factores, a saber: la cantidad de crías vendidas, el peso de las mismas, y si se ha utilizado trabajo humano en el procesamiento del animal. Esto último duplica el precio. Siendo así, el mínimo de ganancia posible estaría dado por una camada de 12 chivos que sean vendidos vivos, pesando 6, lo que da un total de ganancia de 720 pesos al año. El máximo posible sería dado por una camada de 16 chivos vendidos, listos para su cocción, pesando 12 kilos cada uno, dando un total de 3840 pesos. Esta ganancia se suponía que iría en aumento año tras año según el crecimiento de los animales. La comunidad qom se vio inevitablemente seducida por estas imágenes de desarrollo, hasta que comenzaron a visualizarse los primeros problemas del PPBC.

**Cuadro1. Progresión relativa del aumento de la población caprina según el PPBC**

<b>Años de cría</b> <b>N° de animales</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Total anual de ganado caprino</b>
1 semental + 2 reproductoras	12 - 16	X	X	X	15 - 19
1 semental + 3 reproductoras	X	18 - 24	X	X	22 - 28
1 semental + 4 reproductoras	X	X	24 - 32	X	29 - 37
1 semental + 5 reproductoras	X	X	X	30 - 40	36 - 46
2 sementales + 7 reproductoras	X	X	42 - 56	X	51 - 65
2 sementales + 8 reproductoras	X	X	X	48 - 64	58 - 74

Durante los primeros meses de instalación de las cinco secciones del proyecto, los emprendimientos avanzaron sin mayores contratiempos. Los técnicos de Incupo se encargaron minuciosamente del seguimiento del crecimiento natural del hato y de las primeras camadas en cada una de las secciones. La sección A, primera en instalarse en Pampa Chica, comenzó a buen ritmo la cría de caprinos a partir del segundo semestre de 2007, ya para mediados del año siguiente la unidad doméstica encargada del proyecto comenzó a comercializar las crías obteniendo someras ga-

nancias dado que sólo llegarían a vender durante el primer año 7 chivos de un total de 14. Por su parte, las secciones B y C, también en Pampa Chica, lograron obtener durante el primer año mejores resultados de venta, probablemente porque estaban ubicadas a pocos metros de la ruta provincial, lo que les daba un rápido acceso a los compradores. Según cálculos relativos, ambas secciones del proyecto lograron comercializar entre 60% y 70% de la producción de cría del primer año. A diferencia de la sección A, estas dos divisiones del proyecto comercializaron en su mayoría a los animales ya procesados, lo cual reportó ganancias aún mejores durante ese periodo. Las secciones D y E, instaladas en Campo Cacique y Pampa Chica, respectivamente, tuvieron igual suerte durante el primer año de funcionamiento del proyecto, mientras comenzaban a visualizarse los problemas de las unidades A, B y C.

Las primeras dificultades comenzaron en la sección A para mediados del año 2009, donde las ventas no reportaron los resultados esperados. Esto tuvo como consecuencia directa el rápido crecimiento de la población caprina, que ya para el segundo año del proyecto contaba con 20 chivos. Con la prohibición expresa por parte de Incupo de ingerir animales provenientes del proyecto, el hato siguió aumentando y demandando más agua y pastos, por lo que la unidad doméstica A, con un muy reducido espacio de pastoreo tuvo que usar fondos de reserva para conseguir por diversos medios sacos de sorgo para mantener su rebaño reciente. A fines del mismo año, sólo logrando vender una porción pequeña de animales y con la imposibilidad de mantener su alimentación, la unidad doméstica optó por vender a una familia criolla el semental y carnear, vender y canjear en redes de intercambio de la comunidad qom el resto de los chivos que tenían, a espaldas de Incupo. En los primeros meses de 2010, en la sección A del PPBC sólo quedaba el corral cercado y vacío.

Las secciones B y C tuvieron resultados similares a los de la unidad anterior, pero aplicaron diferentes estrategias económicas para tratar de palear la veloz proliferación de los animales. Tanto la unidad B, como la C, tuvieron una sobrepoblación de chivos que no lograron vender en su totalidad y que hicieron amainar los recursos de las unidades domésticas. No obstante, esta situación se vio forzada a partir de 2010, cuando transcurridos dos años del proyecto la población caprina en cada sección era de más de 20 animales, este inventario hacía eclosionar las capacidades de manutención de los chivos. Frente a esta situación, la sección B siguió un camino similar a la sección A del PPBC y decidió vender su semental y 4 hembras reproductoras a la unidad doméstica receptora de la sección E del proyecto, y carnear al resto de los animales supervivientes, ya que en este proceso varios animales fallecieron debido a la sequía y a la escasez de alimentos. Por el contrario, la sección C del PPBC, con una más extensa red de sociabilidad que incluía a la población criolla de Pampa del Indio, logró vender y canjear a la mayoría de sus chivos, pero conservando a su semental y a algunas hembras reproductoras. A mediados de 2011, su hato caprino ascendía a 8 animales y mantenían la misma estrategia, combinando la venta e intercambio sin dejar que la cantidad de animales sobrepasara la decena.

Por supuesto estas decisiones autónomas por parte de las unidades A, B y C de resolver su problemática de un hato creciente con estrategias que no seguían las pautas del proyecto original diseñadas por Incupo, y que escapaban los controles de esta institución, aperturaron una mayor brecha de conflicto entre la ONG y las unidades domésticas que recibieron el proyecto. Mientras que los técnicos de Incupo remarcaban la ignorancia y la incapacidad qom para llevar adelante proyectos productivos, y ratificaban el error que hubiera sido otorgarles ganado vacuno. Los qom por su parte argumentaban la discriminación y exclusión sufrida al no haber recibido vacas, y la percepción de que el proyecto los había estafado tal y como expresó uno de los pobladores qom de Pampa Chica encargado de la sección A del PPBC: “con las vacas es distinto porque no

paren tanto como los chivos (...) Incupo ya sabía de antes que la cosa iba a salir mal para nosotros”.

Los peores resultados se produjeron en la sección D, a pesar de ser la más ventajosa en cuanto a las condiciones espaciales, puesto que de las cinco unidades contaba con el más amplio de los territorios, ubicado además a muy pocos kilómetros del río Bermejo dentro de la reserva natural de Campo Cacique. En su condición de parque provincial protegido, parte del margen Norte de Campo Cacique está habilitada para actividades de esparcimiento y de recreación que suele ser utilizada en días no laborables y de asueto. Por estas condiciones especiales la sección D del PPBC fue la que mayor proporción de animales pudo comercializar en muy poco tiempo. Sin embargo, la venta ilimitada de los animales dejó sólo el semental y una reproductora, a los pocos meses esta última enfermó y murió sin tener camada, declarando al mismo tiempo el fallecimiento de la sección D del proyecto, ya que Incupo no contaba con un fondo de reserva para, en estos casos, financiar la nueva adquisición de animales. Incupo había apoyado la venta excesiva de animales para el caso de esta sección. La unidad receptora D confiaba en el financiamiento y el control constante de Incupo y, por ende, procedió a la venta sin reparo de su rebaño, produciendo inevitablemente una disminución excesiva de la crías. Este caso sería a la postre uno de los mayores detonantes de la conflictividad entre los técnicos de Incupo y la comunidad qom de Pampa del Indio. Si bien las unidades anteriores (A, B y C) del PPBC habían optado por la administración propia de sus secciones y por la resolución autónoma del excesivo crecimiento de chivos, la sección D no había sufrido esta calamidad y había seguido las pautas de comercialización de Incupo, pero quedándose a la postre sin hato de animales.

Al contrario de las experiencias anteriores, la sección E del proyecto fue la que mayor provecho obtuvo de la instalación del PPBC. Con la posesión de un terreno suficiente y con la experiencia de décadas de posesión de animales, gracias a la obtención de proyectos estatales y

eclesiásticos anteriores, esta unidad aprovechó al máximo la implementación del proyecto. Al igual que las secciones A, B y C, el crecimiento del rebaño caprino requirió de la puesta en marcha de estrategias que permitieran la pervivencia de los animales sin ocasionar descalabros en la subsistencia general de la unidad doméstica. En este caso, la ventaja territorial, aunada a la importante capacidad de gestión y a las redes parentales de los receptores del proyecto, permitieron la salida de los posibles atolladeros del PPBC. Primeramente, al poseer un terreno de pastoreo mayor y el acceso constante al agua, a través de una máquina de bombeo, la unidad pudo mantener una cantidad mayor de caprinos sin mayores esfuerzos. En segundo lugar, ya con el usufructo de ganado vacuno desde hace varios años, la unidad poseía tanto la experiencia en el manejo de animales, como en el establecimiento de añejas relaciones con diversos compradores de carne vacuna, entre las que se encuentran cooperativas de la zona y particulares. La unidad además posee más de 8 cerdos que también comercializa y un corral de gallinas, de las cuales suele vender los huevos. Con estas relaciones comerciales, la experiencia y disponibilidad de un fondo de reserva contribuía a la posibilidad de vender más fácilmente las crías de chivos dentro de sus redes comerciales. Luego de dos años del proyecto, cuando el hato caprino superaba los 30 animales, la unidad de la sección E optó por mantener un grupo para la venta y salir de algunos de los animales, utilizando las redes de intercambio y don, esta última principalmente con familiares extendidos de la zona de Pampa del Indio, e incluso con familiares radicados en Resistencia. Al contar con estas diversas posibilidades, la independencia por parte de unidad E hacia Incupo flexibilizó los controles de la ONG para con esta unidad doméstica. Después de todo, el exceso de chivos estaba siendo redirigido a las redes de alianza y filiación de la unidad doméstica y no su consumo doméstico. Pero es claro que más allá de la puesta en práctica de diversas tácticas por parte de la unidad doméstica E, pueden desprenderse de sus decisiones, conclusiones aún menos evidentes y más profundas.

## Desarrollo y colonialidad del poder en Pampa del Indio

La implementación del PPBC en las unidades domésticas de Pampa del Indio tuvo resultados que aunque heterogéneos fueron invariables en cuanto a sus secuelas. Tal heterogeneidad en los recorridos del proyecto en cada una de las secciones del mismo dependió principalmente de dos factores: las condiciones estructurales específicas de las unidades domésticas receptoras del proyecto, y las estrategias desarrolladas por éstas ante las contrariedades del PPBC. Como es común en la aplicación de proyectos de desarrollo local, la racionalidad de los agentes del desarrollo conlleva a una planificación verticalista del proyecto, al desconocimiento de las condiciones profundas de vida de las comunidades, así como a la imposición de modelos de producción que suelen incubar desde su inicio los fracasos de este tipo de emprendimientos. Las dinámicas del PPBC en Pampa del Indio están condicionadas por las estructuras fundamentales del desarrollo y sus concomitantes.

El naufragio generalizado del proyecto generó profundas frustraciones, especialmente entre la población qom receptora, como también entre los técnicos que implementaron el programa. Con ambas partes responsabilizándose mutuamente del fracaso del PPBC; en los extremos del escenario las posiciones y decisiones de los actores opuestos resultaban extrañas. Desde el punto de vista de las organizaciones indígenas la financiación de ganado caprino y no vacuno, aunado al corto alcance del proyecto, eran decisiones incomprensibles por parte de Incupo. Del otro lado, los agentes del proyecto y la institución financiadora –quienes ya tenían dudas acerca de su proyecto caprino– consideraban como irracional la petición de las organizaciones indígenas de ganado vacuno, el cual estaba reservado para la población criolla. Así, la introducción de proyectos de desarrollo en Pampa del Indio obedeció seminalmente a la existencia de un patrón de poder capitalista y colonial que sujeciona a través de la dominación y la explotación a vastos conglomerados poblacionales, entre los cuales se encuentran las comunidades indígenas. El

desarrollo debe dirigir sus acciones a tratar de palear las difíciles condiciones de existencia de estas poblaciones, sin embestir la matriz general de poder que subordina a estas comunidades. De esta forma, proyectos y agentes de desarrollo (re)producen las disposiciones generales del capitalismo y la colonialidad del poder, profundizando por lo general sus principales directrices.

La primera cuestión de la implementación del desarrollo en Pampa del Indio parece estar representada en la decisión por parte del PPBC de otorgar ganado bovino a los criollos y ganado caprino a los qom. Como hemos señalado, esta primera cuestión abrió un campo de disputas que condicionó el desarrollo de todo el proyecto. La negativa por parte de Incupo a otorgarles bovinos a los qom estaba sustentada en la creencia de que la presencia de vacas en la economía tradicional qom causaría fuertes desequilibrios en su estructura, representando a su vez un despilfarro de los recursos aportados por el BM. Según un técnico de la ONG “ellos (los qom) nunca han tenido vacas, no saben manejar vacas, quieren las vacas, pero no saben qué hacer después con ellas (...) las vacas necesitan cuidado y ellos no saben tener animales, quieren las vacas para después tenerlas tiradas ahí nomás como hacen con los perros y con los niños”. La negativa a aportar insumos vacunos a las unidades qom del PPBC estaba cimentada en el desconocimiento profundo de las formas actuales de vida qom, e incluso en sus recorridos históricos como grupo humano después de la conquista. Al contrario de lo que aseguraba el personal de Incupo, las comunidades qom han manejado desde antaño ganado vacuno, en tanto animales de cría y como parte de su dieta alimentaria.

Como es sabido, uno de las modificaciones centrales en el paisaje y en la alimentación americana se produjo por la incorporación del ganado europeo, que a la postre conformaría nuevas pautas de domesticación y pastoreo de animales entre diversas poblaciones originarias de América, así como novedosas pautas de alimentación en algunos de estos pueblos (Torres y Santoni, 1997). Al menos desde el siglo XVII se

tiene información de que las comunidades originarias del gran Chaco criaban y se alimentaban de ganado de origen europeo, principalmente bovino y caprino (Picon, 2003). Para el caso de los qom del norte argentino, José Elías Niklison (2012) ya anota esta posesión y usufructo de ganado vacuno por parte de los qom en su clásico informe de 1916. La no posesión de ganado bovino como característica contemporánea de la mayoría de las unidades domésticas qom debe su lugar a las condiciones de subordinación y explotación de esta comunidad dentro de las estructuras generales del capitalismo y la colonialidad del poder. No obstante, los agentes del desarrollo que motorizaron el PPBC relacionaron la ausencia de vacas por parte de la población qom con una manifestación de una norma cultural tradicional que supuestamente restringe terminantemente las relaciones de posesión y de acumulación de capital. Estas creencias no son de ninguna manera una patente de las ONG y de los demás agentes del desarrollo, sino que por el contrario forman parte de ideas extraordinariamente extendidas sobre las comunidades indígenas y otras poblaciones subalternizadas, relacionadas a lo que Johannes Fabian (1983) ha llamado negación de la coetaneidad, que forma parte tanto del sentido común de buena parte de la población mundial, como de campos disciplinarios específicos, entre ellos la antropología, que han colaborado con la expansión de estas ideas. Según estas disposiciones las comunidades indígenas son visualizadas como exterioridades absolutas a la modernidad y al capitalismo,<sup>14</sup> configurando una ignorancia campana acerca de estas colectividades.

Esta ignorancia se articula nítidamente con algunos de los ejes centrales de la colonialidad del poder, particularmente con el ejercicio

<sup>14</sup> Para una crítica de esta visión en los estudios antropológicos sobre el Chaco, pueden verse Gordillo (2006) y Trincheró (2007).

sistemático de descalificación y desvalorización del conocimiento local de las poblaciones que son objeto de los programas de desarrollo. En su conocido trabajo, Mark Hobart (1993) denominó a esta condición de desconocimiento general sobre la vida de las comunidades que son objeto de los programas desarrollistas de parte de los técnicos e implementadores de tales programas, como el crecimiento de la ignorancia, y lo destacó como uno de los resultados más extendidos del desarrollo. Probablemente inspirado en Hobart, Eduardo Archetti (2005) denomina a este fenómeno como sistema de ignorancia recíproco. Archetti resitúa la ignorancia también de parte de las poblaciones receptoras en tanto que desconocen los basamentos y objetivos centrales de los proyectos de desarrollo. Más allá de la evidente miopía de Incupo, que forma parte además de lo que aquí denominamos como la lógica epistémica del desarrollo, la inquebrantable exigencia de ganado bovino por parte de los qom, como si estos animales fueran por sí solos a lograr palear las complejas condiciones de vida, revela un desconocimiento cuasi total de los basamentos del PPBC que nunca incluyó a los bovinos como posibilidad de otorgamiento para ellos. No obstante, las vacas forman parte de imágenes regionales (y en menor medida nacionales) de riqueza y abundancia entre los imaginarios colectivos de todo el Chaco argentino y no sólo de la población qom. Esto hace que ante la posibilidad disyuntiva del otorgamiento de vacas o de chivos, la población prefiera recibir el ganado bovino que está asociado a imágenes de prosperidad y abundancia. Este sistema de ignorancia que caracteriza Archetti es, sin embargo, recíproco en cuanto a su correlación direccional, pero no en cuanto al poder de gestión de sus actores. El asimétrico juego de autoridad que se ejerce en las redes de desarrollo sitúa al saber experto dentro de un marco de dominio que se superpone a los intereses comunitarios. Por ende, el desconocimiento es proporcionado y multidireccional, no así la autoridad que está mediada por el poder y su colonialidad.

Parte fundamental de este sistema asimétrico de ignorancia recíproca reside en la administración de los recursos destinados a la realización de los proyectos, desde las agencias financiadoras internacionales hasta las comunidades receptoras. En muy pocos casos estas últimas conocen en detalle cuáles son los montos de financiamiento y cómo se ha decidido disponer de los mismos. Para el caso del PPBC, con un monto general para la compra de caprinos a entregar en las unidades domésticas qom seleccionadas, sólo se cubrieron 53 de los 200 animales que estaban previstos en total. Al ver el fracaso de las primeras dos secciones del proyecto entre la comunidad qom, los técnicos de Incupo decidieron retirar los fondos para la consecución de PPBC y sólo abonar el financiamiento de la ejecución del proyecto en las tres secciones restantes en función del compromiso ya adquirido por la comunidad. Por estos motivos sólo llegó a financiarse poco más de 25% de los animales que originalmente estaban programados.

Es claro que el vertiginoso fracaso del proyecto pudo provocar el replanteamiento del mismo por parte de la ONG ejecutora, no obstante, los fondos restantes que podrían haber sido destinados a financiar otros insumos en la comunidad o a resolver algunas de las carencias estructurales, inclusive de las propias unidades domésticas receptoras del PPBC, fueron retenidos. La compra, por ejemplo, de bombas de agua que representan insumos centrales, tanto para la reducción de los problemas hídricos de las unidades domésticas qom de Pampa del Indio, como para el propio desarrollo del proyecto. Ante la consulta por esta decisión, los agentes de Incupo aseguraron resguardar los fondos aportados por el BM para futuros emprendimientos. De esta manera, la ONG se convierte en la guardiana de los recursos de una de las organizaciones de gubernamentalidad global de mayor importancia. Estas cuestiones sirven para denotar, por un lado, el acucioso poder de gestión del que suelen gozar las ONG del desarrollo, y por otra parte, el papel difuso y limitado que en algunos casos tiene el BM en la implementación directa de sus programas. Esto de ninguna manera exime

de responsabilidades al BM, por el contrario, resitúa la importante responsabilidad que tienen las ONG en las intervenciones desarrollistas.<sup>15</sup> Por ello, este tipo de disposición pone en tela de juicio tanto el papel de Incupo como la propia implementación de los proyectos de desarrollo local, y vuelve a resituar las diferencias centrales en las relaciones de autoridad dentro de las redes de desarrollo. Luego de acontecido el fracaso de las primeras secciones del proyecto, otro de los técnicos de Incupo consultados señalaba refiriéndose a los qom: “no podemos financiarles más chivos porque crían a los chivos como perros, no entienden”.

Como se ha visto a lo largo de los recorridos del PPBC sólo una de las unidades domésticas que conformaron secciones del proyecto pudo aprovecharlo para su beneficio. A pesar de los problemas de planificación y ejecución del proyecto, la sección E tuvo la capacidad de redirigir los objetivos del proyecto para su propio beneficio. Esto fue posible gracias a una combinación de factores procesuales y societales en posesión de esta unidad. El lugar de la misma en la estructura general de Pampa de Indio, y específicamente dentro de la comunidad qom, la hace contar con un conjunto muy importante de alianzas parentales que le otorgan una centralidad política dentro de las organizaciones de la comunidad. Además de esta característica, la unidad ha tenido un acceso histórico a proyectos y planes de desarrollo y un fluido contacto con ONG que le ha permitido adquirir experiencia en el manejo de las relaciones, por lo general tensas, con ese tipo de instituciones. La posesión de la unidad de ganado vacuno, debida a su obtención bajo proyectos y donaciones anteriores, la hace también contar con la experiencia necesaria para el manejo de poblaciones animales en contexto de la escasez actual. Decisiones como las que llevó a

<sup>15</sup> Asimismo, debería también resituarse el papel miope de los Estados nacionales y provinciales que dejan actuar alegremente tanto al BM y las demás instituciones de desarrollo internacional, como a las ONG de diverso tipo.

cabo esta unidad con respecto a la limitación del crecimiento de la población de caprinos dan cuenta de esta profunda experiencia. Asimismo, la utilización certera de redes de reciprocidad de la comunidad qom, pero a la vez del sistema capitalista provincial de comercialización, le han permitido desarrollar una táctica bicéfala que saca provecho de ambos sistemas, combinando al mercado capitalista y a la comunidad extendida qom.

Cabe destacar, que la sección E al ser una unidad doméstica de fuerte centralidad en la comunidad qom tanto por su participación en las organizaciones de autoridad colectiva, como en su mejor posición económica, la llegada del PPBC le ha servido para ensanchar la diferenciación social ya existente entre esta unidad y el resto de la población qom. El proyecto sin duda les ha otorgado la posibilidad de acumular una cantidad mayor de capital a la que ya venían obteniendo. El triunfo de la unidad E en resolver los paliativos del PPBC y subvertirlo con éxito ha tenido una manifestación negativa en el resto de las unidades participantes del proyecto. Según la opinión de las mismas, la sección E pudo salir a flote del PPBC “porque ya tenían vacas”, reproduciendo de esta manera el imaginario en torno a la posesión de ganado vacuno y a la discriminación de la que fueron objeto por parte de Incupo. Lo cierto es que como ninguna otra, la unidad E pudo sortear los obstáculos del PPBC, incluyendo la solución de los problemas de venta de los animales. Una de las particularidades habituales en las intervenciones de desarrollo local es que las mismas apuntan a lograr condiciones de producción a corto plazo, pero olvidándose de favorecer o crear las condiciones necesarias para la distribución y venta (consumo) de las mercancías producidas, por lo tanto, los productos suelen acumularse sin llegar a ser comercializados. En muy contados casos estas intervenciones se sitúan en el favorecimiento de la producción comunal basada en el mejoramiento de la economía familiar (Escobar, 1998), pues por lo general los proyectos están regidos por fines orientados al mercado capitalista, pero como se ha visto para el caso del PPBC, incluso esta orientación mercantil parece estar extraviada.

## CONCLUSIONES

Los heterogéneos recorridos del PPBC en Pampa del Indio y sus consecuencias para la población local han tenido, como hemos visto, resultados variopintos y disposiciones curiosas que a primera vista pueden parecer enigmáticas. Una característica que suele ser común a los proyectos de desarrollo local, que sucumben en los umbrales de su implementación sin haber llegado a completar sus objetivos, es el aura de incógnitas que perdura acerca del fracaso de su implementación, además de las frustraciones generalizadas que generan. Una respuesta posible, para franquear estas incógnitas, se encuentra quizás en la forma en que estos emprendimientos están diseñados y operativizados, lo que puede dar luces sobre los motivos efectivos de sus constantes fracasos. Una de las más interesantes hipótesis de trabajo a este respecto ha sido elaborada por James Ferguson (1990), quien ha propuesto examinar los resultados de los proyectos de desarrollo, no en el alcance efectivo de sus objetivos originales, sino en la despolitización de los problemas sociales, en la profundización de los imaginarios modernizadores y en la burocratización de las relaciones sociales al interior de las comunidades que son objeto de estas intervenciones. Pero para el caso analizado, habría que agregar que el proyecto representó, a su vez, la apertura de nuevos conflictos entre la comunidad qom, al tiempo que reavivó viejas tensiones interétnicas en la zona. Este emprendimiento del desarrollo llevado de la mano del PPBC, no sólo no representó a la postre una alternativa productiva para la comunidad qom de Pampa del Indio, sino que agravó viejas rencillas e inauguró algunas nuevas. En este caso, la responsabilidad de un agente global del desarrollo como el Banco Mundial es tenue, si bien, el diseño del macroproyecto y el impulso prestado a las estructuras generales del desarrollo ha motorizado prácticas y discursos que participaron activamente en la confección de los resultados económicos y socioculturales del proyecto, parece haber una mayor incidencia por parte de Incupo y sus políticas específicas de planificación y administración del proyecto.

La rigidez del diseño y aplicación del PPBC, aunado al desconocimiento profundo de las estructuras de sobrevivencia qom en Pampa del Indio y a la poca participación efectiva de la comunidad qom, generaron problemas desde el propio inicio del proyecto. De allí que la resistencia por parte de Incupo a encontrar soluciones alternativas a los problemas de producción relacionados con el vertiginoso crecimiento de la población caprina causara a fin de cuentas el definitivo fracaso del PPBC. La ONG agenciadora del proyecto, con una larga experiencia de intervención en la región, lejos de flexibilizar las condiciones del emprendimiento a sabiendas de la imposibilidad de la consecución del mismo, prosiguió con un manejo riguroso del proyecto, intentando impedir el consumo de los chivos, bajo la creencia de una supuesta tendencia al despilfarro económico por parte de los qom. Los descalabros en la producción de los chivos fueron acompañados por la falta de comercialización de los mismos, para crear otro infortunado proyecto de desarrollo local en el noreste de Chaco. Lejos de reducir las brechas económicas y sociales, el PPBC funcionó abrevando las distancias y desigualdades ya existentes, sumando además un nuevo capítulo a los desencantos del desarrollo en Pampa del Indio.

La única unidad doméstica que pudo salir a flote y aprovecharse del PPBC lo hizo gracias a su posición privilegiada dentro de las estructuras de autoridad colectiva de la comunidad, pero además necesitó estratégicamente de la combinatoria simultánea de una red de intercambio eminentemente mercantil y de la redes de reciprocidad qom, como modo de comercializar los caprinos, y a la vez de evitar su sobrepoblación. Por ende, para que el PPBC pudiera ser realmente provechoso para algunos individuos de la comunidad qom fue necesaria tanto una posición privilegiada por parte de esa unidad, como apartarse de las lógicas generales del desarrollo. Sin duda, ambos componentes de un tenor tan especial y característico que torna aún más abruptos los ya complejos y sinuosos senderos del desarrollo en el noreste argentino.

## BIBLIOGRAFÍA

- Archetti, E., 2005, "Saberes, poder y desarrollo: el caso de la producción de cuyes en las tierras altas ecuatorianas", en Isla, A. y P. Colmegna (comps.), *Política y poder en los procesos de desarrollo*, FLACSO, Editorial de las Ciencias, Buenos Aires.
- Banco Mundial, 2000, *Programa de desarrollo a pequeños productores rurales del Norte argentino*, Banco Mundial, Washington.
- Beck, H., 1994, *Relaciones entre blancos e indios en los territorios nacionales de Chaco y Formosa*, Instituto de Investigaciones Geohistóricas, Resistencia.
- Braticevic, S., 2009, "Metamorfosis de los modelos evangelizadores en el Chaco central. Las ONGs para el desarrollo y su razón intervencionista en un espacio de expansión productiva reciente", en *Papeles de Trabajo* 17: 3-16.
- Brodersohn, V. et al., 2009, *Dependencia interna y desarrollo: el caso del Chaco*, Librería de la Paz, Resistencia.
- Cardoso, H. y E. Faletto, 1969, *Dependencia y desarrollo en América Latina, Siglo XXI*, México.
- Cordeu, E. y A. Siffredi, 1971, *De la algarroba al algodón*, Juárez Editor, Buenos Aires.
- Coronil, F., 2002, *El Estado mágico: naturaleza, dinero y modernidad en Venezuela*, Editorial Nueva Sociedad, Caracas.
- De la Cruz, M., 1997, *Y no cumplieron: reflexiones acerca de la apasionada relación entre los organismos de promoción del desarrollo y los grupos wichí*, Fundación para el Desarrollo Agroforestal de las Comunidades del Noroeste Argentino, La Plata.
- Edelman, M. y A. Haugerud, 2005, "Introduction", en Edelman, M. y A. Haugerud (eds.), *The anthropology of development and globalization*, Blackwell Publishing, Oxford.
- Escobar, A., 1998, *La invención del Tercer Mundo: construcción y deconstrucción del desarrollo*, Editorial Norma, Bogotá.

- Esteva, G., 2000, "Desarrollo", en Viola, A. (comp.), *Antropología del desarrollo*, Paidós, Barcelona.
- Fabian, J., 1983, *The time and the other. How anthropology makes its object*, Columbia University Press, Nueva York.
- Ferguson, J., 1990, *The anti-politics machine: development, depoliticization and bureaucratic power in Lesotho*, Cambridge University Press, Nueva York.
- Finnemore, M., 1997, "Redefining development at the World Bank", en Cooper, F. y R. Packard (eds.), *International development and the social sciences*, University of California Press, Los Angeles.
- Gordillo, G., 2006, *En el gran Chaco: antropologías e historias*, Prometeo Libros, Buenos Aires.
- Hobart, M., 1993, "Introduction: the growth of ignorance?", en Hobart, M., (ed.), *An anthropological critique of development*, Routledge Press. Londres.
- Instituto de Cultura Popular, 2007, *Proyecto de producción bovina y caprina en Pampa del Indio*, Instituto de Cultura Popular, Resistencia.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2005, *Encuesta complementaria de pueblos indígenas (complemento del censo nacional de población, hogares y vivienda de 2001)*, Instituto Nacional de Estadística y Censo, Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010, *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda*, Instituto Nacional de Estadística y Censo, Buenos Aires.
- Iñigo, N., 1973, "Génesis de un semiproletariado rural: la incorporación de los indígenas a la producción algodonera chaqueña", en *Cuadernos del CICSO*.
- Miranda, G., 1955, *Tres ciclos chaqueños*, Editorial Norte Argentino, Resistencia.
- Mitchell, T., 2002, *Rule of experts: Egypt, techno-politics, modernity*, University of California Press, Berkeley.

- Narotzky, S., 2004, *Antropología económica: nuevas tendencias*, Editorial Melusina, Barcelona.
- Niklison, E., 2012 (1916), *Los tobos*, Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador.
- Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario, 2008, *Índice Caprino*, Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario, Buenos Aires.
- Peet, R., 2003, *The unholy trinity: the IMF, World Bank and WTO*, Zed Books, Nueva York.
- Picon, F., 2003, "De la Guajira al Chaco. Algunas perspectivas comparativas sobre el pastoreo indígena post-colombino", en Alès, C. y J. Chiappino (eds.), *Caminos cruzados*, Universidad de los Andes, Mérida.
- Quijano, A., 1992, "Colonialidad y modernidad-racionalidad", en Bonilla, H. (comp.), *Los conquistados: 1492 y la población indígena de las Américas*, FLACSO, Libri Mundi, Quito.
- Quijano, A., 1998, *La economía popular y sus caminos en América Latina*, Centro de Estudios Sociales, Mosca Azul Editores, Lima.
- Quijano, A., 2000a, "Colonialidad del poder y clasificación social", en *Journal of World-System Research* 11(2): 342-386.
- Quijano, A., 2000b, "Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina", en Lander, E. (comp.), *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales*, CLACSO, Buenos Aires.
- Quijano, A., 2000c, "El fantasma del desarrollo en América Latina", en *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales* 6(2): 73-90.
- Quintero, P., 2009, "Proyectos de desarrollo y prácticas de posdesarrollo en la cuenca media del río Pilcomayo", en Trinchero, H. y E. Belli (coords.), *Fronteras del desarrollo*, Editorial Biblos, Buenos Aires.
- Quintero, P., 2010, "Notas sobre la teoría de la colonialidad del poder y la estructuración de la sociedad en América Latina", en *Papeles de Trabajo* 19: 3-18.

- Quintero, P., 2012, *Programas de desarrollo y comunidades indígenas en el Chaco central: capitalismo y colonialidad del poder en una formación social de fronteras*, tesis doctoral en Antropología, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Ribeiro, L., 2005, "Poder, redes e ideología no campo do desenvolvimento", en *Série Antropologia* 383: 1-18.
- Rist, G., 2002, *El desarrollo: historia de una creencia occidental*, Universidad Complutense de Madrid, Libros de la Catarata, Madrid.
- Schaller, E., 1986, *La colonización en el territorio nacional del Chaco en el periodo 1869-1921*, Instituto de Investigaciones Geohistóricas, Resistencia.
- Torres, G. y M. Santoni, 1997, "Los efectos de la conquista: modificación en los patrones alimentarios de la región del NOA, siglos XVI al XVIII", en Álvarez, M. y V. Pinotti (comps.), *Procesos socioculturales y alimentación*, Ediciones del Sol, Buenos Aires.
- Trincherero, H., 2000, *Los dominios del demonio: civilización y barbarie en las fronteras de la nación*, El Chaco central, EUDEBA, Buenos Aires.
- Unión Industrial Argentina, 2009, *Cadena caprina en las regiones Noroeste y Noreste*, Unión Industrial Argentina, Salta.
- Valenzuela, C., 1999, *Dinámica agropecuaria del Nordeste argentino (1960-1998)*, Instituto de Investigaciones Geohistóricas, Resistencia.
- Wolf, E., 1993, *Europa y la gente sin historia*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Wolf, E., 2001, *Pathways of power: building an anthropology of the modern World*, Berkeley University Press, Berkeley.



# Vulnerabilidad social frente a huracanes en la comunidad de Ixil, Yucatán<sup>1</sup>.

Gemma Millán Malo<sup>2</sup>, Denise Soares y Roberto Romero Pérez

**Resumen.** *La vulnerabilidad, un concepto que explica la propensión de un elemento a ser afectado ante la ocurrencia de un evento, y el enfoque de género, instrumento de análisis, intervención y acción para impulsar relaciones más justas y equitativas entre mujeres y hombres, son los ejes de este estudio de caso. Bajo el enfoque metodológico y conceptual medios de vida se aplicaron encuestas y se realizaron entrevistas en Ixil, comunidad perteneciente al municipio del mismo nombre en el estado de Yucatán. El objeto del estudio fue obtener respuestas a tres interrogantes: ¿qué acciones realizan las familias en Ixil para evitar perder o comprometer sus recursos? ¿qué relaciones existen entre los diferentes capitales que hacen a la comunidad más o menos vulnerable? y ¿Cuáles son las percepciones y condiciones diferenciadas entre hombres y mujeres respecto a la vulnerabilidad? Los resultados aportan elementos para el análisis sobre la relación de la sociedad con sus recursos (capitales) e indican la importancia de fortalecer los procesos de gestión de riesgos.*

**Palabras clave:** *Vulnerabilidad Social, Género, Ixil, medios de vida*

<sup>1</sup> Investigación financiada con fondos de SEP-Conacyt, Ciencias básicas.

<sup>2</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, e-mail: gmillan@tlaloc.imta.mx

**Abstract.** *The vulnerability, a concept that explains the tendency of an element to be affected by the occurrence of an event, and the gender approach, an analysis, intervention and action instrument to promote equitable relationships between women and men are the focuses of this research. With the methodological and conceptual livelihood approach surveys and interviews were conducted in Ixil, a community in the state of Yucatan. The object was to obtain answers to three questions: What actions do Ixil families does to avoid losing or compromising their resources? What relations exist between different capitals that make the community more or less vulnerable? What are the perceptions and conditions differentiated between men and women about vulnerability? The results provide elements for the analysis of the relations between society and its resources (capitals) and indicate the importance of strengthening the risk management process.*

**Keywords:** *Social vulnerability, Gender, Ixil, livelihood*

## **A propósito de la vulnerabilidad y del enfoque de género**

Una línea de estudio de la vulnerabilidad social se deriva de las teorías que buscan entender la movilidad social y las teorías del desarrollo. Desde esta perspectiva, el Banco Mundial junto con autores como Kaztman (s/f, 1999) y Filgueira (2001 y 2005), entre otros, han desarrollado un concepto que conjunta tres elementos: estructura de oportunidades, activos y vulnerabilidad. Filgueira (2001) señala que la vulnerabilidad social es una condición negativa resultante de la intersección de dos conjuntos: uno a nivel macro, relativo a la estructura de oportunidades y uno a nivel micro, referido a los activos de los actores. La estructura de oportunidades, la define como el acceso a bienes, servicios o actividades que provienen del mercado, el Estado y la sociedad, y facilitan el uso de los recursos propios o suministran nuevos; recursos que el individuo no controla o lo hace en forma marginal. Los activos los define como recursos materiales y simbólicos que permiten al individuo desenvolverse en

la sociedad y sobre los que tiene capacidad de control o movilización. La vulnerabilidad social, afirma Filgueira (2001), no es ni activos ni estructura de oportunidades, sino la intersección entre ambos campos. Katzman (s/f, 1999) y Filgueira (2001 y 2005) han trabajado en la construcción de medidas observables, así como en la operacionalización y validación de indicadores que permitan visibilizar los recursos (tanto materiales, como sociales) de los que disponen los hogares y los individuos, principalmente asociados a la educación, salud, trabajo, vivienda y al capital social. Desde esta perspectiva, la vulnerabilidad es una condición social de riesgo, cercana a los conceptos de pobreza y marginación y caracterizada por ser susceptible a una movilidad descendente o poco proclive a mejorar su condición.

Desde una perspectiva cercana, Busso (2001) asocia la vulnerabilidad a la exposición de riesgos sociales y naturales. Define el concepto como un proceso multidimensional "...en tanto afecta a individuos, grupos y comunidades en distintos planos de su bienestar, de distintas formas y con diferentes intensidades" (Busso, 2001: 8). En esta medida, plantea el autor, puede existir una sinergia negativa entre sus distintas dimensiones que lleve a un incremento de los niveles de vulnerabilidad, produciendo un círculo vicioso. Así entendida, es difícil definir indicadores que permitan medir los niveles de vulnerabilidad aunque, como reconoce el autor, en cualquier caso tiene una expresión territorial, una temporalidad y características de reproducción social.

Desde el estudio de los desastres naturales,<sup>3</sup> Wilches-Chaux (1993) aborda el concepto de vulnerabilidad para analizar los factores por los cuales una amenaza se convierte en desastre en el contexto de las transformaciones permanentes del medio ambiente. Define la vulnerabilidad

<sup>3</sup> Con autores como Maskrey, Lavell y Cardona quienes conforman la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red).

como “la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio... en sí misma constituye un sistema dinámico que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular” (Wilches, 1993: 18). Analiza la vulnerabilidad desde 11 ángulos: vulnerabilidad natural; física; económica; social; política; técnica; ideológica; cultural; educativa, ecológica e institucional, sin dejar de señalar que cada uno constituye una perspectiva para comprender el fenómeno en su conjunto (Wilches-Chaux 1993). Ahora bien, Wilches plantea que la vulnerabilidad social es un concepto indisoluble de otros conceptos como riesgo, amenaza y desastre. El riesgo lo define como un “...fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno”, mientras que la amenaza la entiende como “...la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual esa comunidad particular es vulnerable”; desastre, por otra parte es “...el producto de la convergencia, en un momento y lugar determinados, de dos factores: Riesgo y Vulnerabilidad” (Wilches 1993: 14).

Cardona (2003) hace una revisión de los enfoques surgidos desde las ciencias sociales y plantea que una diferencia entre los dos enfoques antes presentados es que en el primero el riesgo se genera desde lo local y afecta lo global, mientras que desde Wilches-Chaux, la lógica es inversa: las presiones globales afectan lo local.

En concordancia con el marco metodológico adoptado en este estudio, se define la vulnerabilidad social a partir de las propuestas de Katzman, Filgueira y Busso. Si bien se reconoce que desde esta perspectiva el concepto se encuentra en proceso de construcción teórica y operativización metodológica, también se reconoce su aportación para la comprensión de la problemática de desigualdad social y su relación con los conceptos de pobreza y marginación. Mientras que la pobreza es una

medida descriptiva de las carencias de las personas (centrada en la medición del ingreso, el gasto y el consumo) y la marginación es una forma de exclusión social (falta de acceso a bienes y servicios elementales como educación, salud y equipamiento), la vulnerabilidad integra las carencias de la población, su marginación y su capacidad para enfrentarse a amenazas (Barrachena *et al*, 2000).

Los dos elementos a partir de los que se define la vulnerabilidad social desde este enfoque (activos y estructura de oportunidades) constituyen el punto de encuentro con la metodología de los medios de vida y capitales de la comunidad. Los activos, como se había comentado, son los recursos materiales y simbólicos de los que disponen los individuos, hogares y comunidades. Si bien entre los más conocidos y difundidos está la noción de capital social, desde el enfoque de los capitales de la comunidad se incluye además el capital físico, financiero, humano, social, natural, político y cultural. Este enfoque asume que cada comunidad, sin importar su condición, cuenta con recursos. Flora *et al* (2004) dividen los recursos en tres categorías: a) los que son consumidos (usados y agotados); b) los que son almacenados y conservados (nadie los puede usar); y c) los que pueden invertirse para crear más recursos. Estos últimos se conceptualizan como capitales, de los cuales las comunidades pueden disponer para gestionar su propio desarrollo. Comprender y analizar su conformación, uso y reproducción para el estudio de la vulnerabilidad social es un elemento clave en la definición de las posibilidades de construir procesos tendientes a reducir la vulnerabilidad y crear situaciones dinámicas de bienestar (Filgueira, 2001).

La estructura de oportunidades, por otra parte, incide en el bienestar de los hogares en tanto define las probabilidades de acceso a bienes, servicios o al desempeño de actividades, de tal suerte que provee recursos que facilitan a su vez el acceso a otras oportunidades. El mercado ha sido considerado uno de los principales proveedores de recursos, de hecho, existe un consenso sobre la conveniencia de concentrar los esfuerzos nacionales en la creación de condiciones que permitan el fun-

cionamiento eficiente del mercado, como una condición para aumentar la competitividad nacional en un mundo globalizado (Filgueira, 2001 y 1998; Kaztman, 1999). El rol que juega el Estado sobre la estructura de oportunidades depende de la matriz institucional de cada país, cuanto más fuerte sean las instituciones, mayor será su incidencia sobre ésta. Las funciones del Estado deben facilitar un uso más eficiente de los recursos que ya dispone el hogar, además de proveer nuevos activos o regenerar aquellos agotados. El Estado también es un agente clave en tanto regulador de las otras dos esferas: mercado y sociedad, y por su rol vinculante entre ellas (Filgueira, 2001 y 1998; Kaztman, 1999). La sociedad, a través de diferentes formas de asociación (sindicatos, corporaciones empresariales, movimientos sociales orientados a incidir en la toma de decisiones, entre otros) y redes de interacción, es señalada como la tercera fuente de incidencia en la estructura de oportunidades (Filgueira, 2001; Kaztman, 1999).

Una vez hecho este recorrido en torno a la vulnerabilidad, es pertinente aclarar porqué es importante pensarla desde un enfoque de género. Las identidades de género orientan los comportamientos de hombres y mujeres y conllevan a capacidades, habilidades, oportunidades, conocimientos, necesidades e intereses distintos. Dado que la vulnerabilidad se expresa frente a la amenaza, se espera que hombres y mujeres actúen ante ella de acuerdo a la división sexual del trabajo y a los roles de género constitutivos de las acciones. Por lo tanto, las necesidades e intereses de género llevan a vulnerabilidades y fortalezas diferentes, así como a formulaciones distintas respecto a cómo adaptarse.

Al establecer un vínculo entre la vulnerabilidad y las relaciones de género no se aboga al establecimiento de una relación lineal y unívoca entre condiciones de desigualdad de género y construcción de vulnerabilidades, dado que sin duda se reconoce que estas relaciones están mediadas por el contexto ambiental, económico, sociocultural y político en las cuáles se desarrollan. Lo que sí se plantea es que las inequidades de género son un ámbito esencial de la vulnerabilidad y ésta es clave

para la definición de la intensidad del riesgo frente al cambio climático o a eventos meteorológicos extremos.

La vulnerabilidad es un concepto central para predecir y entender la existencia de impactos diferenciados en los distintos grupos de una sociedad, dado que son las características internas de los elementos expuestos a las amenazas las que los hacen propensos de sufrir daños al ser impactados por éstas. El PNUD (2007) señala que las vulnerabilidades humanas interactúan en forma dinámica con el ambiente físico, natural o socialmente construido y ello implica la necesidad de identificar con claridad las amenazas y vulnerabilidades específicas de los grupos sociales y que éste conocimiento debe ser incorporado a políticas, programas y proyectos.

## METODOLOGÍA

Este estudio de caso tiene el propósito de contribuir a la discusión sobre la vulnerabilidad social a partir de la amenaza que representan los huracanes en Ixil, comunidad ubicada en la zona costera de Yucatán, México. Tiene como objetivo establecer indicadores de vulnerabilidad frente a huracanes a fin de responder tres interrogantes: ¿qué acciones realizan las familias en Ixil para evitar perder o comprometer sus recursos? ¿qué relaciones existen entre los diferentes capitales que hacen a la comunidad más o menos vulnerable? y ¿cuáles son las percepciones y condiciones diferenciadas entre hombres y mujeres respecto a la vulnerabilidad?

Para ello, se construyó un índice de vulnerabilidad social a partir del marco conceptual de los medios de vida y capitales de la comunidad, expuesto en el apartado anterior. El índice está conformado por seis capitales:

- 1) Social. Se refiere a las relaciones formales e informales entre las personas y grupos de la comunidad y a la existencia o no de proyectos compartidos que abonen a una identidad colectiva.

- 2) Humano. Describe las habilidades, capacidades y los conocimientos de las personas para hacer frente a los huracanes.
- 3) Político. Lo centramos en la capacidad de las autoridades locales para implementar políticas de gestión de riesgos que repercuten sobre los niveles de vulnerabilidad.
- 4) Natural. Alude a los recursos naturales disponibles, lo que determina sus posibilidades y los límites de uso.
- 5) Físico. Comprende la infraestructura construida con recursos de otros capitales, como los servicios e infraestructura básica con la que cuenta tanto la comunidad, como los hogares.
- 6) Financiero. Incluye, además del trabajo como principal activo que poseen las personas y familias para la acumulación de bienes económicos, los ahorros, bienes, pensiones, remesas y otras transferencias financieras.

Cada capital está integrado por los indicadores que se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1 Indicadores y criterios para la generación del Índice de Vulnerabilidad Social**

Capital	Indicadores	Niveles de vulnerabilidad		
		Alto	Medio	Bajo
Social	Pertenencia a organizaciones sociales	No pertenece a ninguna organización	Pertenece a una organización religiosa	Pertenece a una organización social
	Nivel de organización de la comunidad	Nada y poco organizada	Más o menos organizada	Muy organizada
	Actividades com. preventivas realizadas	No participa en actividades	Participa en 1 o 2 actividades	Participa en 3 o más actividades
	Número de medios de información disponibles	Sin acceso a información	Con acceso a 1 ó 2 fuentes de información	Con acceso a 3 o más fuentes
	Participación comunitaria en la formulación de planes	No		Sí

Humano	Nivel de escolaridad	Hasta sexto de primaria	Secundaria	Preparatoria y más
	Incidencia de enfermedades	Cuatro y más enfermedades mencionadas	Dos y tres enfermedades mencionadas	Ninguna o una enfermedades mencionadas
	Migración a consecuencia de huracanes	Sí		No
	Capacitación recibida	No		Sí
	Conocimiento del SAT *	No		Sí
	Capacidad individual para actuar ante huracanes	No		Sí
Político	Gestión de las autoridades municipales	Mala y muy mala	Regular	Buena o Excelente
	Relación entre comunidad y gobierno municipal	Mala o muy mala	Regular	Buena o Excelente
	Conocimiento de leyes y reglamentos	No		Sí
	Respuesta del municipio a las iniciativas comunitarias	No		Sí
	Implementación de planes locales	No		Sí

Cuadro núm. 1 Indicadores y criterios para la generación del IVS (cont.)

Capital	Indicadores	Niveles de vulnerabilidad		
		Alto	Medio	Bajo
Natural	Grado de deterioro del principal recurso natural **	Deteriorado y muy deteriorado	Medio deteriorado	Poco o nada deteriorado
	Cambios en la temperatura	Ha variado		No ha variado
	Cambios en el régimen de lluvia	Cambios en el régimen de lluvias		Sin cambios percibidos
	Cambio en la frecuencia e intensidad de huracanes	Más huracanes y/o más intensos		Sin cambios percibidos.
	Ha escuchado hablar sobre cambio climático	No		Si
Físico	Bloqueo o cierre de las vías de acceso a la comunidad por huracanes	Si		No
	Percepción sobre infraestructura y servicios comunitarios <sup>3</sup>	No existe o el servicio, es malo o muy malo	El servicio es regular	El servicio es bueno o muy bueno
Financiero	Núm. de act. remuneradas	Una actividad remunerada	Dos actividades remuneradas	Tres y más actividades remuneradas
	Apoyos gubernamentales	No recibe ningún programa	Recibe un programa social	Recibe más de dos programas
	Remesas, pensiones y otros	No		Si
	Afectaciones económicas por huracanes	Si		No
<p>* Sistema de Alerta Temprana, advierte sobre situaciones de riesgo a la población y coordina las acciones a realizar por parte de los gobiernos municipal y estatal ante un posible riesgo.</p> <p>** Sabana, agua dulce, fauna, flora, aire, suelo, otros.</p> <p>*** Transporte público, servicio de salud y educación; agua potable y drenaje, electricidad, teléfono y albergues –iglesia y casa ejidal–.</p>				

Como puede observarse, los indicadores son de dos tipos: unos de percepción y otros que reflejan características de los encuestados u hogares. Para medir la vulnerabilidad se establecieron tres niveles: alto, medio y bajo. A alta vulnerabilidad se le asignó el valor 1; a vulnerabilidad media 2 y a baja vulnerabilidad 3. A partir del número de indicadores en cada capital se estableció el valor máximo y mínimo y, en función del rango entre ambos, se definió el intervalo para cada nivel de vulnerabilidad en los diferentes capitales.

Se aplicaron encuestas en 91 hogares, 10% del total en Ixil. En cada uno de ellos, se encuestó a hombres o mujeres mayores a los 18 años, preferentemente jefes de familia. De las 91 encuestas, 48 se aplicaron a hombres (51%) y 44 a mujeres (48%), lo que corresponde al porcentaje de hombres y mujeres en la comunidad. Con el fin de asegurar representatividad de la muestra, se dividió la localidad en secciones de acuerdo a la traza urbana, la concentración de la población y la dispersión de las viviendas. En cada sección se aplicaron las mismas encuestas (10), la selección de los hogares encuestados se determinó de manera aleatoria a partir de la división del número de viviendas existentes entre la cantidad de encuestas por aplicar.

Para profundizar en el conocimiento de la percepción individual y colectiva sobre la vulnerabilidad frente a eventos meteorológicos extremos, se realizaron además 11 entrevistas a profundidad con informantes clave. Los puntos abordados en las entrevistas fueron los mismos que en las encuestas. Para el tema que nos ocupa, se consideraron informantes clave en el ámbito del gobierno local: el presidente municipal, el secretario del ayuntamiento y el director de Protección Civil Municipal (PCM), quienes son las principales figuras del consejo municipal de protección civil; el resto de las entrevistas se realizaron a habitantes de la comunidad, hombres y mujeres por igual. El levantamiento de información se realizó durante 2011 y el análisis en 2012. Cabe señalar que la temporada de huracanes es de junio a noviembre.

## Ixil, lugar donde se crespa o eriza

La etimología de la palabra maya Ixil, es confusa. Según Antonio Mediz Bolio (Orilla, 1998) significa “Tierra frotada, estregada, labrada muchas veces”, aunque es más común la acepción “donde se crespa o eriza” o “Lugar del gavilán encrespado”. Ixil también nos remite al nombre de un grupo étnico maya del norte de Guatemala.

El municipio colinda al norte con el Golfo de México; al sur con los municipios de Mococho, Chicxulub Pueblo y Baca; al este con Telchac Puerto, Dzemul y Motul; al oeste con Progreso.

### Mapa. 1



Fuente: Elaboración propia.

El estudio se realizó en la cabecera municipal, también llamada Ixil.<sup>4</sup> Se ubica a una distancia aproximada de 26 km de Mérida y a 10 km de la costa. Tiene una población de 3 728 habitantes, de los cuales 1 903 (51%) son hombres y 1 824 mujeres (INEGI, 2010). Ixil es considerada localidad de interés<sup>5</sup>, según la tipología de la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI, s/f) ya que su población indígena (1 462 personas) casi alcanza 40% de la población total.

De acuerdo al INEGI (2010), la estructura de población arroja los siguientes resultados: los grupos de edad dependientes (de 0 a 2; de 3 a 14 y de 60 y más años) representan 38% de la población (1 396 personas); la población en edad productiva (de 15 a 59 años) representa 62% (2 326 personas); el porcentaje de mujeres y hombres en este último grupo es prácticamente el mismo: 49.3% de mujeres contra 50.7% de hombres. Las personas en edad de estudiar la enseñanza básica (de los 3 a los 15 años) representan 23% de la población total. La población económicamente activa corresponde a 42% de la población total (1 676 personas), 66.7% son hombres y 33.3% mujeres (INEGI, 2010). Como en muchas otras comunidades yucatecas, durante años la principal actividad productiva fue la industria henequenera, su caída dio paso a la horticultura.

De acuerdo a datos del INEGI (2010), de 903 hogares en Ixil, 16.7% tiene jefatura femenina, lo que corresponde a 151 hogares. El grado de marginación de la localidad es alto (Conapo, 2010).

<sup>4</sup> Este artículo es resultado de una investigación en la que se estudian tres localidades más y se incluye Ixil por ser una población, a diferencia del resto, con mayor población indígena y que no está en la costa.

<sup>5</sup> Localidades con una densidad de población de menos de 40% de población indígena y más de 150 indígenas.

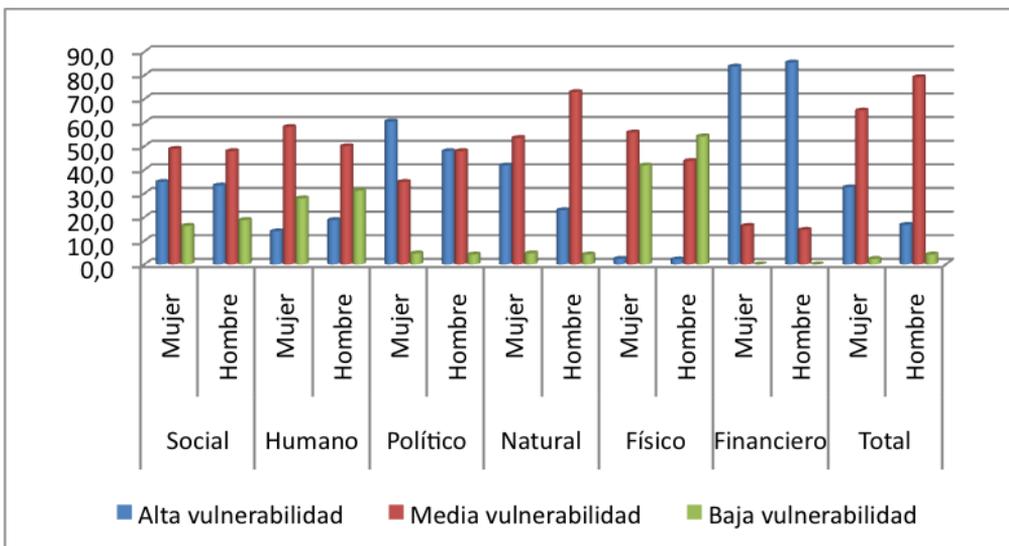
## Vulnerabilidad frente a huracanes en Ixil

Desde 2001, Ixil ha sido objeto de nueve declaratorias (Cenapred, 2010):<sup>6</sup> seis de emergencia, dos de desastre y una de contingencia (por sequía). De ésta, las de tipo hidrometeorológico han sido a causa de cuatro huracanes, sin embargo, la mayoría de las personas entrevistadas tienen como referente los impactos sufridos por los huracanes Gilberto, en 1988, e Isidoro, en 2002. Este último fue el que mayor impacto causó, aunque a decir de algunos de los entrevistados se debió a su trayectoria errática que no permitió a las autoridades emitir una alerta con tiempo y, en consecuencia, que se tomaran medidas preventivas.

En la gráfica 1 se muestra los resultados del IVS desagregados por capital y sexo. Como puede observarse, en el conjunto de los capitales predomina una vulnerabilidad media, tanto en hombres como mujeres. A continuación, y complementando los resultados del índice con la información cualitativa de las encuestas, se analiza cada uno de ellos.

<sup>6</sup> La declaratoria de emergencia está orientada a atender la vida y la salud de la población ante la probabilidad de que se presente un fenómeno perturbador de origen natural, mientras que la declaratoria de desastre se orienta a proporcionar recursos para la reconstrucción de los daños sufridos en las viviendas y la infraestructura pública. Por otra parte, la declaratoria de contingencia climatológica está orientada a apoyar a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas para reincorporarlos a sus actividades productivas ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas

Gráfica 1. Índice de Vulnerabilidad Social en Ixil



Fuente: Elaboración propia

## Capital social

El índice muestra 48.4% para vulnerabilidad media, poco más de una tercera parte (34.1%) vulnerabilidad alta y 17.5% baja vulnerabilidad.<sup>7</sup>

Si bien existen organizaciones -de horticultores y ganaderos, en las que mayoritariamente participan hombres, y de confección de artesanías, elaboración de composta y reciclado de residuos sólidos, princi-

<sup>7</sup> Los datos que se presentan al inicio de cada capital, promedian la vulnerabilidad tanto de hombres como de mujeres.

palmente integradas por mujeres-, sólo participa en ellas alrededor de 13% del total de los hogares encuestados. Los objetivos y las acciones de estas organizaciones están centrados en resolver las problemáticas y los asuntos referidos a la actividad que los aglutina.

Un actor importante en el entramado social de Ixil es la iglesia, específicamente el sacerdote, quien ha fortalecido la organización y participación de la comunidad, no sólo ante situaciones de emergencia, sino para apoyar a quienes se encuentran en un momento dado en una situación difícil. Además de esas labores, presta un terreno a un grupo de mujeres para un proyecto de compostaje. Por el contrario, las diferencias partidistas generan desorganización y conflictos dentro de las familias e incluso al interior del mismo ayuntamiento. Al respecto una entrevistada comenta:

ella es regidora del ayuntamiento... de ecología, pero ella es como si no estuviera, como si no existiera, porque como la administración es del PRI y ella es del PAN, es una cosa terrible, no le dan apoyo, ella casi no puede hacer nada...(PC).

La alternancia de los partidos políticos, un fenómeno no exclusivo de Ixil sino de toda la región, como lo reconoce el Programa de Ordenamiento Territorial Costero de Yucatán (Poetcy, 2007) ha generado rupturas en la estructura social, sin que ello signifique necesariamente mayor participación de la población en la toma de decisiones.

Los entrevistados califican a la comunidad como solidaria, organizada y participativa cuando se enfrenta a un desastre. Ejemplo de ello, fue la iniciativa ciudadana para reconstruir la comunidad después de Isidoro, como lo platica un entrevistado:

...estuvimos organizando por manzanas a las personas, hicieron un censo, necesidades, daños... tres días después vino la gente del gobierno a averiguar, ya estábamos hasta cierto punto organizados, teníamos un balance de los daños, necesidades... y eso lo hicimos fuera del ayuntamiento con algunas personas que colaboraron voluntariamente (EEA).

La solidaridad y cooperación son reflejo de una identidad comunitaria que permite esta organización, y los lazos familiares y de amistad son un recurso del que se valen los hogares para fortalecerse frente a los huracanes y sobrellevar los momentos posteriores a él.

La mayoría de los entrevistados afirman que la cultura de prevención se fortaleció a partir de Isidoro, sin embargo, a la fecha no se realizan actividades comunitarias, más bien iniciativas a nivel familiar –como la poda de árboles, tener disponibles láminas para asegurar puertas y ventanas en caso necesario, así como la compra de alimentos y provisiones–, que si bien no abonan al fortalecimiento organizativo de la comunidad, marcan diferencias en la vulnerabilidad a nivel de los hogares.

La falta de una iniciativa y un impulso ciudadano para promover la elaboración de planes de emergencia contra huracanes, más aun, la inexistencia de éstos, es el aspecto que más debilita el capital social. Por el contrario, el flujo de información contribuye a fortalecerlo. El SAT y los medios de información orientan a la población sobre qué hacer antes, durante y después de un huracán; la mayoría de la población identifica las alertas; las autoridades usan el perifoneo para informar a la población; los medios de comunicación, como parte del protocolo de difusión masiva del Programa Rector para Ciclones Tropicales (CEPC, 2011), emiten *spots* informativos y alertas; además, para prevenir a sectores vulnerables, participan también instancias como las Secretarías de Fomento Agropecuario y Pesquero, y de Educación, entre otras.

El IVS desagregado por sexo muestra que las mujeres tienen menor participación en organizaciones sociales y productivas y una actitud más crítica respecto a la organización y participación comunitaria, en tanto los hombres manifiestan menor participación en trabajos colectivos para prevenirse frente a los huracanes.

## Capital humano

En el capital humano el índice marca 54.4% para vulnerabilidad media; poco menos de una tercera parte vulnerabilidad baja (29.6%) y 16.45% alta vulnerabilidad.

El nivel de escolaridad se considera factor determinante de las habilidades y capacidades de las personas para resistir de la mejor manera ante un posible desastre. La oferta educativa en Ixil sólo cubre nivel secundaria; para continuar los estudios de nivel medio superior es necesario recurrir a la oferta educativa en Chuckchulub Pueblo y Conkal, localidades aledañas, y Mérida para educación superior. Si bien, las cifras oficiales muestran que el promedio de analfabetismo es poco menos de 6% (INEGI, 2010), el indicador en este rubro arroja los siguientes datos: 57% estudió hasta sexto de primaria, lo que se traduce en alta vulnerabilidad; 33 hasta secundaria (vulnerabilidad media) y 10% a nivel medio superior o más (vulnerabilidad baja).

La salud es otro factor que determina las capacidades de las personas y familias. En Ixil 2 949 habitantes tienen acceso a los servicios de salud pública, lo que representa casi 80% de la población total (INEGI, 2010). El impacto de los huracanes en la salud de las familias y en la migración de miembros o familias completas no son factores que determinen una vulnerabilidad alta. Si bien se asocian ciertas enfermedades -respiratorias, de la piel, gastrointestinales o la aparición de insectos- con el impacto de huracanes, son consideradas enfermedades de la temporada sobre las que se puede tener control. No hay una relación entre el impacto de huracanes con la muerte, la pérdida de algún miembro que genere una discapacidad o con epidemias:

Mayormente lo que afecta aquí es la gripa, la tos y eso, porque aquí es un ambiente de mucho calor, imagínate tener un ambiente frío... digas que una infección que se vuelva epidemia, no hay (CPP).

Los flujos migratorios en Ixil, de acuerdo a las entrevistas, están más relacionados al estudio y la búsqueda de fuentes de empleo, que a eventos extremos. En este sentido, el nivel de educación alcanzado es una variable determinante, ya que las personas con mayores niveles de educación son quienes buscan opciones de empleo que no se ofrecen en la comunidad. A pesar de las situaciones de incertidumbre e inestabilidad económica generadas por los huracanes, no son considerados motivo de migración.

Lo que incrementa el nivel de vulnerabilidad en el capital humano es la falta de capacitación que oriente a las personas y familias en el tema de riesgos de desastre. El ayuntamiento no realiza de manera sistemática eventos de capacitación. Alguno de los entrevistados afirma que cuando se han impartido pláticas, éstas han estado a cargo de Protección Civil Estatal (PCE):

A veces vienen unos de protección civil (del Estado) y junto con el ayuntamiento dan unas pláticas... mayormente cuando hay una contingencia vienen los de Mérida... (JHU).

El indicador en este rubro señala 80% de vulnerabilidad alta, es decir, hogares que no han recibido capacitación y es una necesidad manifiesta:

... Siento que se pudieran organizar algunas conferencias o pláticas para crear un poquito de mayor conciencia... hay mucha gente joven que no lo han vivido o que era muy joven cuando ocurrió... (EEA).

Pese a ello, la capacidad individual para hacer frente a un huracán muestra casi 80% de vulnerabilidad baja, es decir, las familias confían en sus propias capacidades. El conocimiento empírico que tiene la comunidad de su entorno y de las condiciones adversas como los huracanes, una amenaza permanente, son parte de su formación, constituyen un recurso fundamental. Experiencias y conocimientos se transmiten dentro de los hogares:

... tus abuelos tus padres te empiezan a platicar como es un huracán y todo, tu misma te empiezas a crear un concepto de qué es... lo que debes de hacer...(CPP).

El índice desagregado por sexo muestra diferencias en dos indicadores: a) la capacidad individual para actuar frente a huracanes: mientras 28% de mujeres muestran vulnerabilidad alta, la cifra para hombres es de 19%, y b) el nivel de escolaridad, aunque la diferencia es menos marcada: 6 puntos porcentuales (60% en mujeres contra 54% en hombres para alta vulnerabilidad) y de 2 puntos en las cifras oficiales de analfabetismo (7% en mujeres contra 4.8% en hombres) (INEGI, 2010).

## Capital político

A manera de antecedente es necesario mencionar que la unidad de PCM, a cargo de las acciones de prevención, auxilio y recuperación frente a desastres, se integró a la estructura del ayuntamiento poco después de Isidoro. Actualmente está conformada por un director y una persona de apoyo o subdirector. De acuerdo a lo que establece la Ley Estatal de Protección Civil, los objetivos de la unidad de PCM son:

1) la ejecución del Programa Municipal de Protección Civil... 2) la formación de una cultura de protección civil... 3) la participación activa y responsable de todos los habitantes del municipio... 4) el auxilio a la población en caso de que acontezca una emergencia o desastre... 5) la realización de campañas de divulgación... 6) la elaboración y actualización del respectivo Atlas Municipal de Riesgos" (LEPCY, 1999:10).

En el tema de huracanes está enfocada a implementar el Programa Recor para Ciclones Tropicales que se elabora para cada temporada de huracanes.

En el índice de IVS predominan los niveles de alta y media vulnerabilidad con 54.4 y 41.4% respectivamente, y la vulnerabilidad baja sólo representa 4.4%.

La percepción sobre la gestión de las autoridades ante una situación de emergencia está fuertemente condicionada por dos factores: uno de ellos, es el cambio del personal de la unidad de PCM cada nueva administración y el nombramiento de nuevo personal, según las afinidades personales y políticas del presidente municipal en turno. Con cada cambio de administración la unidad de PCM pierde sus capacidades ya instaladas. Lo anterior se refleja en el siguiente comentario:

... desde aquí desde el ayuntamiento no tenemos una organización, por decir, bien preparada, casi casi como improvisado por el momento y eso si puede afectar más a las personas... (PC).

No obstante, el ayuntamiento confía en su capacidad de respuesta frente a un desastre, pero sobre todo, por el apoyo y respaldo recibido por parte del gobierno estatal y federal. Sin embargo, como dice Wilches-Chaux (1993), la vulnerabilidad política está dada por el nivel de autonomía que tiene una comunidad para tomar las decisiones que la afectan, en otras palabras, para evitar que los problemas que la afectan trasciendan los linderos locales.

El otro aspecto que determina la percepción sobre la gestión de las autoridades ante una situación de emergencia es la falta de respuesta por parte de la unidad de PCM a las medidas de prevención solicitadas por la población, principalmente la poda de árboles que pudiera representar riesgo, tanto para las personas como a la infraestructura. Esta situación es asumida como falta de compromiso y causa de la vulnerabilidad a la que la población está expuesta:

...lo que si se necesitaría es capacitación para ellos y la iniciativa de querer trabajar por parte de los que están acá, que reciben un sueldo, querer trabajar en cuestiones de la comunidad. Veo que hace falta (JNC).

Sin embargo, lo que más debilita el capital político es el hecho de que la comunidad no cuente con un plan de emergencia. De acuerdo con lo expresado por personal de PCE, contar con un plan de emergencia y tener un Consejo Municipal instalado son requisitos para recibir apoyo del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) en caso de una de emergencia o desastre.

La diferencia en el nivel de vulnerabilidad entre hombres y mujeres está fuertemente marcada en dos temas: la gestión de las autoridades, y que éstas no son receptivas a las propuestas generadas por la población, en ambos casos por 20 puntos porcentuales para alta vulnerabilidad (37% en mujeres contra 17 en hombres y 74 contra 54%, respectivamente). Esto puede ser a consecuencia del rol social que desempeñan hombres y mujeres, y por ende, de su participación en los ámbitos público y privado. Predominantemente le toca a las mujeres realizar las actividades al interior del espacio doméstico, como limpiar el hogar, preparar los alimentos, cuidar a hijos e hijas, entre otras actividades que coadyuvan a la reproducción de la unidad doméstica, mientras que a los hombres les toca ser los proveedores de la casa y tienen mayor participación en el ámbito público, espacio desde el cual se tiene acceso al poder político y se ejerce la ciudadanía.

## Capital natural

El IVS en el capital natural se distribuyen como sigue: 63% para vulnerabilidad media y 32% para vulnerabilidad alta.

Si bien el municipio cuenta con 19 km de playa, la población Ixileña no explota los recursos del mar, incluso carece de una vía de comunicación hacia la costa. El recurso natural más importante para la comunidad es el suelo, seguido del agua dulce y el aire. La percepción sobre el grado de deterioro de éstos es predominantemente baja (58%), aunque 30% lo considera elevado.

Un factor que ha contribuido al deterioro de los recursos y modificado el paisaje es el impacto de huracanes. Al respecto una entrevistada recuerda que antes de Isidoro:

Había demasiados árboles grandes, había muchísimos muchísimos árboles grandes, de hecho aquí había un árbol enorme, no recuerdo exactamente de qué clase de árbol, pero cuando se cayó invadió toda la calle... (NCQ).

Los árboles que tiraron los huracanes; los incendios, algunos de ellos provocados y otros más causados por el incremento de la temperatura, y la poda de árboles para evitar que caigan sobre las casas u obstruyan los caminos en caso de huracán son los tres principales motivos que atribuyen los entrevistados al cambio en el tamaño de la vegetación y la disminución de ésta:

Después de Isidoro se cayeron muchos árboles y al cabo de los años se fue secando... y hubo muchos incendios, mucho de los montes se han quemado, ya casi no existe el monte alto ahorita, se ha quemado digamos la mitad del monte... (EEA).

Otro aspecto que contribuye al deterioro y vulnerabilidad de los recursos naturales es la generación de basura y el hábito de quemarla, muy arraigada en la comunidad. La recolección de *PET*, la elaboración de composta y la producción de cultivos orgánicos son proyectos en vías de consolidarse, que se espera contribuyan a fortalecer el capital natural.

De acuerdo a las entrevistas, el cambio climático los hace más vulnerables frente a los huracanes, aunque se señalan tres síntomas evidentes: 1) el incremento de la temperatura: "hace más calor", lo que se reflejan en un mayor consumo de agua y en el uso de ventiladores; 2) se han incrementado los incendios, situación que ya hemos expuesto; y

3) en una alteración del régimen de lluvias, lo que en ocasiones genera inundaciones. Sobre este último punto una de las entrevistadas señala:

Once de junio<sup>8</sup> era la primera lluvia aquí en Ixil, aquí en Ixil o por aquí cerca, y ya de eso empezaban las lluvias, pero antes. En cambio ahora no, tarda más en llover... (CPP).

En las actividades productivas, los cambios percibidos están relacionados con la pérdida de fertilidad del suelo, lo que se atribuye al uso de químicos; la afectación de las cosechas por inundaciones o sequías, hecho que se refleja en una disminución de la productividad.

Como podemos ver, la afectación a la vida familiar y comunitaria y en las actividades productivas, como consecuencia del cambio climático, no es percibida como inmediata y directa, mientras que los huracanes marcan un antes y un después. Para los horticultores, Gilberto es el parteaguas de la entrada de plagas e Isidoro del incremento de incendios, como lo hemos expuesto líneas arriba.

EL IVS desagregado por sexo indica que las mujeres cuentan más información, quizá a ello se deba que sean casi 20 puntos porcentuales más vulnerables que los hombres (42% en mujeres contra 23% en hombres para alta vulnerabilidad). A partir de las entrevistas podemos inferir que la percepción entre hombres y mujeres difiere de acuerdo a la principal actividad productiva del hogar y al rol que desempeñan unos y otros al interior de la familia.

## Capital físico

El IVS indica que la vulnerabilidad media alcanza 49.8% mientras que 48% corresponde a baja vulnerabilidad.

<sup>8</sup> Fiesta de San Bernabé apóstol, patrono de Ixil.

Los factores que elevan la vulnerabilidad del capital físico son en orden de importancia: la calidad de los albergues, el servicio de telefonía y la afectación a las vías de acceso a la comunidad con 56, 50.5 y 41.8%, respectivamente, para el nivel de alta vulnerabilidad. En la memoria colectiva está relativamente reciente la experiencia del huracán Isidoro (2002), ocasión en la cual los albergues (iglesia, escuelas, casa ejidal y palacio municipal) no fueron lo suficientemente seguros, al respecto una de las entrevistadas recuerda que las puertas de la iglesia fueron arrancadas por los fuertes vientos y que algunos albergues se inundaron, como la misma iglesia y el palacio municipal.

Por los vientos que acompañan a los huracanes, los caminos son obstruidos con árboles, postes y ramas; se cortan las líneas de teléfono y de energía eléctrica, entre otros daños a la infraestructura comunitaria, como lo comenta un entrevistado:

Fueron como 15 días, tres semanas más o menos que el pueblo estuvo sin luz, sin energía eléctrica... no había trabajo, no había escuela, no había nada... no había transporte, no entraban los camiones, las combis no trabajaban... (NCQ).

Actualmente las vías de acceso a la comunidad son dos: una carretera que comunica Ixil con Conkal, que era la única con la que contaban cuando fueron azotados por Isidoro, y otra con Chukchulub Pueblo. Así, la mayoría de las casas son "de material", como lo expresan los entrevistados, lo que las hace más resistentes y reduce, desde su perspectiva, la posibilidad de pérdidas y daños:

...después de Isidoro todo cambió para todos, todo todo, para nosotros porque no teníamos una casa, así como la de ahorita, tenía láminas y se llevó las láminas... (PC).

Dos de los aspectos que contribuyen a una baja vulnerabilidad del capital físico son la calidad del servicio educativo y de salud. En cuanto a

educación, si bien la comunidad sólo cuenta con primaria y secundaria, la posibilidad de continuar los estudios de educación media y media superior es relativamente alta, como se expuso anteriormente. La infraestructura de salud es una clínica de primer nivel del IMSS y un centro de rehabilitación. La clínica está a cargo de un o una pasante, quien únicamente cubre su periodo de servicio social y lo/la cambian. El horario de atención es por las mañanas. La enfermera que apoya al médico en turno ha estado en la clínica por varios años, por lo que conoce los protocolos a seguir en caso de una situación de emergencia: se coordina con protección civil, visita los albergues, supervisa la preparación de alimentos y da pláticas de higiene. Después del huracán se realizan campañas de “abatización”, para evitar la proliferación de insectos, y “descacharrización”, para evitar la acumulación de objetos dañados e inservibles a consecuencia del huracán. La expectativa que tienen los entrevistados sobre los servicios de salud en caso de una emergencia, en general, es buena:

...aquí porque viene salubridad, viene salubridad a hacer abatizaciones, sus pruebas de infección, todo... los huracanes no golpean la salud comunitaria (JUT).

Aun cuando las diferencias de género no están fuertemente marcadas en el capital físico, salta que la falta de electricidad y los servicios de salud son seis puntos porcentuales más altos para las mujeres y menos vulnerables para los hombres respecto a la calidad del transporte público. Nuevamente, esto es reflejo del rol que desempeña tradicionalmente la mujer, para quien su principal ámbito de acción es el espacio privado, donde les afecta más la falta de electricidad y la deficiente atención de los servicios de salud.

## Capital Financiero

El trabajo es el principal activo que poseen las personas y familias para la acumulación de recursos económicos, entre los que se incluyen además del flujo de efectivo, los ahorros o activos líquidos como el ganado, pensiones, remesas y otras transferencias financieras. Los resultados muestran que un importante porcentaje (84.6%) para vulnerabilidad alta y el resto (15.4%) con vulnerabilidad media.

De acuerdo a datos del Censo General de Población y Vivienda del 2000, de la población ocupada en Ixil, 25% se dedicaba al sector primario, 42% al sector secundario y 31% al sector terciario. Las principales actividades dentro del sector primario son la horticultura con la siembra de cebolla, cilantro y rábano y la ganadería en menor escala. Dentro del sector secundario están las personas que se emplean como asalariadas en la maquiladora textil instalada en la misma comunidad y dentro del sector terciario, quienes se emplean principalmente en Mérida en empresas de servicios y como profesionistas.

La alta vulnerabilidad en el capital financiero está dada por la afectación que sufren todas las actividades económicas ante la presencia de un huracán. Las personas entrevistadas comentan que estos eventos golpean su economía porque pierden sus cosechas, su ganado o su fuente de empleo. Las empresas que ofrecen oportunidades de trabajo asalariado en la región suspenden sus actividades ante la falta de energía eléctrica y la obstrucción de caminos, y con ello, pierden temporalmente su sueldo:

... los huracanes no golpean la salud comunitaria, sino la economía: pérdida de cosechas, ganado y las empresas dan vacaciones a trabajadores sin goce de sueldo, suspenden actividades... (JUT).

Después de un huracán, mientras se restablecen las actividades económicas, las familias viven del dinero en efectivo del que dispongan en ese momento, algunas veces pequeños ahorros, y/o de los apoyos que dé el gobierno. De acuerdo a una de las entrevistadas, la reactivación de la economía después de Isidoro se llevó poco más de cinco meses.

Durante ese tiempo, el Programa Empleo Temporal benefició a hombres y mujeres. Los hombres limpiaron las carreteras, sacando las ramas y árboles que obstaculizaban el paso y las mujeres limpiaron las calles. Sobre la distribución de las ayudas que llegan, algunos de los entrevistados comentan que las divisiones partidistas benefician a unos mientras perjudican a otros.

¿Cuándo empieza a haber discrepancia entre la comunidad? cuando te das cuenta de que ya la empiezan (la ayuda) a manejar políticamente. Y te empieza a molestar el hecho de que hay gente que lo necesita y hay otra que ya le tocó o no lo necesita y les andan dando más... (CPP).

Esta situación se suma a que quienes en situaciones normales tienen acceso a financiamiento a través de programas gubernamentales para capitalizar y mejorar sus actividades productivas son principalmente los horticultores más capitalizados, ya que cuentan con recursos para invertir. Para los demás pobladores no hay muchas alternativas viables. Al respecto una entrevistada comenta:

Siempre hay como el problema de que los que tienen dinero pueden comprar los apoyos, porque siempre los apoyos casi nunca vienen al 100%, por decir, regalados... (PC).

Otro aspecto a considerar en el capital financiero es la apertura de los esposos para que la mujer realice, o no, actividades económicas extradomésticas, como lo deja ver el siguiente comentario:

...muchas mujeres trabajan, pero todavía hay mucho machismo. Algunas sólo pueden trabajar en sus casas porque sus maridos no les permiten trabajar fuera de casa. Otras mujeres tienen la convicción de que su papel es la casa y familia, la cocina y ellas mismas se ponen ese rol, se limitan (PC).

La diferencia en la vulnerabilidad de hombres y mujeres es de sólo un punto porcentual (85% contra 84% en alta vulnerabilidad, respectivamente), aunque, como reconoce una entrevistada, es más difícil para aquellas mujeres que cumplen con ambos roles:

... y hay mujeres que no tiene pareja y que fungen como hombres o como padres de familia, pues yo tengo que salir a pesar de mis hijos, dejo encargados a mis hijos con mi vecina o con alguien, tengo que hacerlo porque no tengo un varón a mi lado.... (CPP).

Entre otras características, el INEGI (2005) señala que los hogares con jefatura femenina presentan condiciones menos ventajosas que los hogares dirigidos por hombres, y los ingresos medios tienden a ser menores.

## CONCLUSIONES

En respuesta a nuestra primera interrogante, podemos afirmar que las acciones que se realizan en Ixil para evitar perder o comprometer los recursos en el capital humano están circunscritas principalmente al hogar y no a la comunidad. Las capacidades y conocimientos están determinados por la manera en que cada hogar e individuo ha capitalizado las vivencias y experiencias pasadas. El aprendizaje familiar o personal, a partir de los eventos recientes, se traduce en objetivos y metas, sin embargo no se observó que esta práctica permeara a la comunidad. El capital social, por el contrario, funciona a nivel familiar ante actos o situaciones que impactan de manera inmediata y cotidiana a los actores sociales, pero reacciona a nivel comunitario ante los huracanes, como lo muestra la experiencia frente a Isidoro. En cuanto al capital físico hay cambios importantes en la infraestructura de los hogares y la comunitaria respecto al 2002, cuando Isidoro impactó a la comunidad; si bien los hogares han contribuido a la transformación de las viviendas, la infraestructura con

la que actualmente cuenta la comunidad también es resultado de políticas y programas municipales y estatales.

Al paso de casi una década de que se incorporó la unidad de PCM a la estructura del ayuntamiento, el capital político no ha logrado consolidarse, las autoridades municipales están más enfocadas a atender los problemas cotidianos que ocupadas ante los posibles cambios, las amenazas y los riesgos atribuibles al clima; sin embargo, la preocupación de algunos miembros de la población por no contar con un plan que les permita organizarse y coordinarse ante una situación de emergencia y no estar capacitados, nos indica un interés naciente por incorporar el tema en la agenda local.

Por otra parte, resulta interesante observar que en el capital natural se establece una relación inversa a la esperada. Gilberto e Isidoro marcan un parteaguas en relación con la disponibilidad y el deterioro de los recursos naturales. La manera como se vieron afectadas las familias y sus actividades productivas con el impacto de estos huracanes fue directa e inmediata. Por el contrario, los efectos del cambio climático en los hogares y en las actividades productivas no se perciben de la misma manera. Además, no se establece una relación directa entre este fenómeno y el incremento en el número e intensidad de los huracanes.

Por otro lado, las estrategias para fortalecer el capital financiero de los hogares están determinadas por la composición de las unidades domésticas y sus características.

En cuanto a nuestra segunda interrogante ¿Qué relaciones existen entre los diferentes capitales que hacen a la comunidad más o menos vulnerable? Podemos decir que la falta de institucionalidad de la unidad PCM y las limitantes del personal a cargo, se manifiestan como vulnerabilidades del capital político e inciden, principalmente, en el capital social y humano. En el capital social esta incidencia se expresa en la falta de interés de la población por participar o promover la formulación de planes de emergencia; en el capital humano se refleja en la falta de capacitación de la población en temas de desastres frente a huracanes. La

alta vulnerabilidad del capital financiero, por otra parte, repercute de manera más directa en el capital físico por la destrucción o deterioro de las viviendas y la infraestructura comunitaria que, tras un huracán, es necesario reconstruir; sin embargo su implicación alcanza al resto de los capitales.

Respondiendo a nuestra última interrogante, afirmamos que las percepciones y condiciones respecto a la vulnerabilidad entre hombres y mujeres son diferentes de acuerdo a la actividad que desarrollan y al rol que desempeñan en los ámbitos públicos y privados. La suma de las diferencias de los capitales es de 16 puntos porcentuales para alta vulnerabilidad, desfavorable, por supuesto, para las mujeres (32.6% en mujeres contra 16.7% en hombres). Aun cuando las mujeres se han integrado a las actividades productivas y remuneradas, esto no ha contribuido a disminuir la brecha de desigualdad; persiste el machismo y sometimiento de las mujeres. Es imposible prever el fortalecimiento de las capacidades de las mujeres y la reducción de sus vulnerabilidades frente al cambio climático con la actual división sexual de trabajo y los estereotipos de género dominantes. Se hace impostergable una flexibilización de los roles tradicionales y la construcción de nuevos arreglos que distribuyan las tareas productivas, reproductivas y comunitarias de manera más equitativa a raíz de la generación de nuevas capacidades y habilidades para enfrentar la vulnerabilidad y el riesgo ambiental. En esta línea dos aspectos son fundamentales: 1) la generación de información desagregada por sexo, no sólo para la comprender las causas y consecuencias de la vulnerabilidad, sino para diseñar políticas orientadas a superar las desigualdades en la distribución de las responsabilidades, el acceso y control de los recursos y la participación en los procesos de toma de decisión y 2) socializar la información generada a fin de ir creando capacidades en la materia, dado que el incremento de las capacidades permite reducir la vulnerabilidad. La apuesta es que las iniciativas de política en materia de reducción de vulnerabilidad serán eficaces, equitativas y

sustentables en la medida en que sean sensibles al género e incorporen la participación de la población.

## REFERENCIAS

- Barrachena, J. *et al.*, 2000, Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo, Ponencia presentada en las IV<sup>a</sup> Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, UBA, Buenos Aires.
- Busso, G., 2001, Vulnerabilidad social: nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI, CEPAL, Chile.
- Cardona, O., 2003, La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo, Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgo (Cederi), Universidad de los Andes, Colombia.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). (s/f), *Catálogo de localidades indígenas 2010*, en [http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2578](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2578), Consultado el 12/12/2012.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), 2010, Base de declaratorias de emergencia, desastre y contingencia climatológica, en [http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=51&Itemid=215](http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=51&Itemid=215), Consultado el 12/01/2012.
- Comisión Nacional de Población (Conapo), 2010, Índice de marginación por localidad, 2010, México. Consejo Estatal de Protección Civil (CEPC), 2011, Programa Rector para ciclones tropicales. Temporada 2011. Gobierno del Estado de Yucatán. México.
- Filgueira, C., 2001, Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social. Aproximaciones conceptuales recientes, Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe, CEPAL, Chile.
- Filgueira, C., 2005, "Estructura de oportunidades, activos de los hogares y movilización de activos en Montevideo, 1991-1998", en Prisma, núm. 21, Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio La-

- rrañaga, Uruguay.
- Flora, C. *et al.*, 2004, *Rural communities: legacy and change*, Westview Press, EUA.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2005, *Los hogares con jefatura Femenina*, INEGI, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010, *Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por localidad*, INEGI, México.
- Kaztman, R., s/f., *Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social*, en <http://www.eclac.cl/deype/mecovi/docs/TALLER5/24.pdf>, consultado el 24/02/2012.
- Kaztman, R., 1999, *Marco conceptual sobre activos, vulnerabilidad y estructura de oportunidades*, PNUD-CEPAL, Uruguay.
- Ley Estatal de Protección Civil de Yucatán (Iepcy), 1999, en [http://www.yucatan.gob.mx/procivy/archivos/Programa\\_Rector\\_2012.pdf](http://www.yucatan.gob.mx/procivy/archivos/Programa_Rector_2012.pdf), consultado el 03/07/2012.
- Orilla, M., 1998, *Monografía de Ixil, tierra de las Cebollitas*, Gobierno del estado de Yucatán, Instituto de Cultura de Yucatán, México.
- PNUD, 2007, *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 - La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*, PNUD, Nueva York.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del estado de Yucatán (Poetcy), 2007, *Caracterización*, Secol, Semarnat Delegación Yucatán, Corredor Biológico Mesoamericano, México.
- Urbina, J., 2006, "Dimensiones psicológicas del cambio ambiental global", en Martínez, J. (comp.), *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Wilches-Chaux, G., 1993, "La vulnerabilidad global", en Maskrey, A. (comp.), *Los desastres no son naturales*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, en <http://www.oei.es/decada/portadas/Desnat.pdf>, consultado el 06/2012.



# Cinco tipos de contaminantes de medios bióticos y abióticos y sus riesgos sobre la salud

Guadalupe Prado<sup>1</sup> y Giselle Moreno

**Resumen.** *La contaminación de origen antropogénico es un problema no resuelto. Aún se registran en México y en el mundo residuos de hidrocarburos aromáticos policíclicos, policlorobifenilos, dioxinas, plaguicidas organoclorados y plaguicidas organofosforados en recursos abióticos y bióticos. Con el objetivo de informar sobre su importancia y peligrosidad se han elegido cinco compuestos representativos de cinco familias de contaminantes y se describen características fisicoquímicas, comportamientos básicos de su transporte y procesos biológicos manifiestos en su acción tóxica. De la literatura se han seleccionado estimaciones de sus contenidos en matrices biológicas o medios abióticos y evidencias de sus efectos lesivos sobre la salud y el ambiente.*

**Palabras clave:** *Contaminantes, residuos, ambiente, salud humana.*

**Summary.** *Antropogenic pollution is still a world problem. Basic information about Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Biphenyls, Dioxin, Organochloride Pesticides and Organophosphorates Pesticides residues is described. We also*

<sup>1</sup> Profesora Investigadora titular del Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la UAM-X, e-mail: gua.pra@gmail.com

*show that their contamination sources for live organisms are physic and chemical properties of residues, transfer process by trophic chain, environmental conditions and metabolic pathways. It is also presents cientific evidence about ecological damage and injury on human health for this persistent organic contaminated presence.*

**Key words:** *Residues, contaminants, environment, human health.*

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno multifactorial de la contaminación ambiental responde tanto a procesos naturales de mineralización de materiales y emisiones de gases por el volcanismo, como por la actividad humana en la extracción y refinación del petróleo, procesos de transducción energética, consumo de combustibles, transporte, calefacción, control de plagas y enfermedades, aumento de rendimientos en la actividad agrícola, formulación y uso de productos sintéticos en procesos tecnológicos, desarrollo industrial, hasta accidentes y negligencias como los incendios forestales, derrames en el mar y escape de incineradores.

En el complejo de emisiones y aspersiones contaminantes se encuentran hidrocarburos aromáticos policíclicos, policlorobifenoles, dioxinas, furanos, plaguicidas, vapores de metales pesados, fluorocarbonados, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, ozono, etcétera.

La abundancia y peligrosidad de los residuos y contaminantes en la biosfera responde a la cantidad y calidad de los congéneres de las numerosas familias de sustancias; a las interacciones entre ellos; a los niveles de sus aplicaciones; a las condiciones ambientales y a sus procesos metabólicos dentro de los organismos. La ONU informó 27245758 toneladas de emisiones anuales para 2004. En el 2006, sólo China fue responsable de 6027 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y este gas aumentó 3.1% en 2011. Loganathan y Lam estimaron, en 2012, que se han descubierto y/o sintetizado 10 millones de compuestos orgánicos y que cada año se preparan 100000 nuevas

formulaciones usadas en alimentos, saborizantes, fragancias, artículos de tocador, plásticos, pinturas, agroquímicos y productos industriales como los más importantes. Un grupo de estas sustancias son los PBT, compuestos persistentes, bioacumulables y tóxicos, los que hoy nos ocupan.

La orientación de las investigaciones se vincula con aspectos fisicoquímicos, ecológicos, productivos y toxicológicos, y es clara la tendencia en la integración de la información con el objeto de relacionarla con la salud y el ambiente, ya que la totalidad de estos fenómenos repercute claramente sobre la vida en el planeta.

Nuestro enfoque se centra en informar sobre cinco de los innumerables compuestos que están conectados con actividades petroquímicas, industriales y agropecuarias y que han sido catalogados por la Convención de Estocolmo en 2001, y ratificados en 2009, como altamente peligrosos, estos son: benzo[a]pireno, miembro de la familia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs); el Hx-CB153, perteneciente a los policlorobifenilos (PCBs); la 2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo-p-dioxina, representante del grupo de las dioxinas (PCDDs); el 1, 1, 1-tricloro-2, 2-bis-(p-clorofenil) etano o DDT, entre los plaguicidas organoclorados (POCs) y el diazinón, empleado entre los plaguicidas organofosforados (POFs). En el cuadro 1 se describen sus estructuras químicas y sus características generales; se da información sobre el origen de la contaminación, los recursos metodológicos para estimar sus contenidos y se ha hecho una selección preferente de estudios analíticos en México, incluyendo otros datos comparativos. Asimismo se muestran evidencias que la literatura refiere de sus efectos sobre la salud.

## HAPS

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son estructuras orgánicas que contienen anillos de benceno. Cuando estos compuestos contienen dos o tres anillos, su peso molecular es relativamente bajo y entre ellos se

encuentran el naftaleno, acenafteno, acenaftileno, fluoreno, fenantreno y antraceno. Entre los derivados de más de cuatro anillos y peso molecular mayor están el fluorantreno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[a]fluoranteno, benzo[a]pireno y dibenzo[a,h]antraceno.

En esta agrupación hay unos 100 compuestos que se encuentran distribuidos de manera ubicua y tienen orígenes variables; provienen tanto de emisiones volcánicas e incendios forestales, como por la pirólisis de combustibles fósiles cuando las temperaturas no superan los 800°C y se depositan en el suelo, provenientes de la atmósfera. Ahí pueden permanecer largos periodos de tiempo en respuesta a sus características de baja solubilidad, no polaridad y afinidad por el material particulado del suelo. Tanto los suelos de las actividades industriales y agrícolas, como los urbanos, pueden ser reservorios de los HAPs y por tanto comprometer la salud vegetal, animal y humana por sus efectos dañinos, al ser hábitats de numerosas poblaciones que los incorporan tanto por vía oral, como por la dérmica o pulmonar (Barrán-Berdón *et al.*, 2012).

Son absorbidos en el tracto intestinal y por su alta liposolubilidad se acumulan en el tejido adiposo. Son relativamente inertes y requieren ser activados enzimáticamente para metabolizarse. Las reacciones de fase I se realizan en el hígado con la intervención de las isoformas CYP1A1, CYP1A2 y CYP1B1 del Citocromo P450. La ruta genera epóxidos, mismos que se hidrolizan y son capaces de volver a epoxidarse; sus productos, los diolepóxidos, son altamente tóxicos. La fase II consiste en la conjugación preferente con aspartato o glucuronato, con lo cual se hacen más solubles y finalmente se excretan por la orina. Sin embargo, en su metabolismo se generan intermediarios que son capaces de generar aductos con el DNA, y por tanto, manifiestan una acción genotóxica.

Son especialmente sensibles a la fotooxidación inducida y bajo este estímulo forman especies reactivas de oxígeno, las cuales expresan alta toxicidad en peces, zooplancton, anfibios, plantas y tejidos humanos. Estas acciones dependen de la sensibilidad genética de los organismos y de la edad de los mismos (Toxicología, Universidad de Porto).

Dieciséis de ellos se consideran contaminantes ambientales de alta prioridad según la USEPA. La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2010) ha calificado al benzo[a]pireno (BaP) como carcinogénico para humanos en la clase 1 A y al DahA en la clase 2 A. En el grupo B 1, catalogados como posibles carcinogénicos en humanos, están naftaleno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, criseno, dibenzo[a, h]antraceno e indeno[1,2,3, c, d]pireno.

La simbología para reconocer la potencia toxicológica de los HAPs toma en cuenta el más tóxico, que es el BaP y la cual se le confiere el valor de 1; respecto de él, se mide la toxicidad de otros congéneres, multiplicando su concentración por un factor de equivalencia tóxica (TEF) ya establecido. La sumatoria de los TEFs en los componentes de una mezcla da cuenta de la peligrosidad de un consorcio de estos compuestos. A esta relación se le conoce como BaP<sub>eq</sub>.

En referencia a la presencia de HAPs, y en concreto al benzo[a]pireno, los autores Barrán-Berdón *et al.* (2012) analizaron 46 muestras de suelos en San Nicolás, Querétaro, México, porque estaban interesados en conocer el contenido generado por la combustión parcial de diversos combustibles en unos 300 centros de producción de ladrillo.

La presencia total de 13 HAPs señaló un rango entre 7 ng/g y 1384 ng/g con una media de 220 ng/g. El congénere más abundante fue el naftaleno (Nap), con una presencia de 66% en los suelos, y una participación de 26% de los  $\Sigma$ HAP, seguido por fluoreno (Fl), criseno (Chr), benzo[a]antraceno (BaA) y dibenzo[a,h]antraceno (DahA). Se encontraron ente 4 y 10 congéneres de los 13 analizados en cada muestra de los suelos, y las concentraciones fluctuaron desde aquellas en que no hubo registro mensurable, hasta 664 ng/g, dato presentado por el criseno. El BaP se estimó desde concentraciones no mensurables, hasta 4.1 ng/g; su ocurrencia fue de 34.78% y 6.52% excediendo la NOM-138-SEMARNAT/SS-20, y al someterla a los requerimientos de la USEPA el dato señaló 34.78% de valores objetables.

Los autores estimaron que entre 52% y 76% de los suelos de San Nicolás mostraron niveles más altos que los considerados normales o no peligrosos para uso residencial con base en las normas de la EPA en EUA. Según las normas canadienses (*Canadian Soil Quality Guidelines for Carcinogenic and other Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (CCME, 2008) las concentraciones más altas de benzo[a]pireno se registraron entre 40% y 60% de los suelos muestreados, mismos que contribuyeron con 42% al  $\Sigma$ PAHs, donde el contenido total de HAPs carcinogénicos osciló entre 0 y 955 ng/g con un promedio de 105 ng/g. Los autores concluyeron que el origen de los HAPs fue 57% petrogénico y 43% pirogénico al calcular las concentraciones de los marcadores ya establecidos, ya que el Nap, junto con otros HAPs se considera petrogénico y el BaP pirogénico.

Adicionalmente a los datos de carcinogenicidad del BaP, se encuentra la cantidad y efectividad tóxica del DahA, y la consideración de Bosveld *et al.* (2002), quienes estimaron que tanto el criseno, como el benzofluorantreno son más severos en su respuesta carcinogénica que el propio BaP; por tanto, se presume que es muy peligrosa la exposición a la que está sujeta la comunidad de San Nicolás.

## PCBs

Los policlorobifenilos son una familia con 209 congéneres reconocidos de origen sintético. Entre los más frecuentes pueden contarse los congéneres PCB77, PCB81, PCB105, PCB114, PCB118, PCB123, PCB126, PCB157 y PCB169. Contienen diversos grados de cloración y la posición de ellos los clasifica como orto, mono coplanares y no coplanares. Si en las posiciones 2, 2', 6 y 6' no tienen ningún cloro se mantienen coplanares; si tienen una posición sustituida en cada fenilo son mono-orto sustituidos, y el resto son no coplanares. Si las sustituciones son simétricas en los dos grupos fenilo se dice que son semejantes a las dioxinas. Son altamente hidrofóbicos, no volátiles, viscosos, con baja polaridad, alta constante die-

léctrica, elevada estabilidad, tanto química como térmica, liposolubles, persistentes e ininflamables. Debido a sus cualidades se han empleado en la industria de plastificantes, refrigeración, tinturas, lubricantes y aislantes en transformadores, interruptores, termostatos y condensadores; en alambrado industrial, intercambiadores de calor, bombas de vacío, equipo de minas y barcos, y como plaguicidas.

Por las cadenas tróficas se transportan a partir de sus sedimentos o del suelo por los medios oceánicos y otros cuerpos de agua hasta los organismos; por tanto, los puntos finales de las cadenas alimenticias que son el ser humano, los pájaros rapaces y los peces con abundante tejido graso los contienen en mayor grado. En los humanos se les ha encontrado en cerebro, hígado, tejido adiposo y en la secreción láctea.

Su biotransformación se realiza en la fracción microsomal hepática y se han encontrado los derivados hidroxilados como respuesta de la acción de mono-oxigenasas de acción mixta, típica de las fases de descontaminación de xenobióticos. Son agonistas del receptor de arilhidrocarburo (AhR) y por oxidaciones parciales o intensas presentan riesgos de formar dibenzofuranos o dibenzodioxinas, respectivamente (Gilroy *et al.*, 2012; González-Jáuregui *et al.*, 2012).

Diversas evidencias toxicológicas los consideran disruptores endocrinos porque su estructura tiene cierta semejanza con hormonas tiroideas; son neurotóxicos; expresan actividad androgénica que está relacionada con daño reproductivo, y se les atribuyen efectos carcinogénicos (Selvakumar *et al.*, 2012).

Estos compuestos fueron prohibidos desde 1979 en los EUA; en 1983, en Alemania, y por el Convenio de Estocolmo en 2001. A pesar de estas prohibiciones aún se les encuentra en medios abióticos y bióticos por su alta estabilidad química y un relativo manejo. Por estas razones se regula su uso mediante legislaciones, donde la norma mexicana para agua potable establece el límite de 0.50  $\mu\text{g}/\text{L}$ ; su umbral de emisión al agua, suelo y atmósfera en España, en 2007, se estimó en 0.1 kg/año y

la Unión Europea marcó el límite de  $\Sigma$ PCB de 100 ng/g de grasa para la leche (citado en Pérez *et al.*, 2012).

Un estudio analítico en agua embotellada de consumo humano en la Ciudad de México calculó la presencia de siete PCBs, tanto en botellas de 1.5 L como en garrafas de 19 litros mediante muestreos mensuales que cubrieron un año bajo el protocolo oficial. Los autores Salinas *et al.* (2010) encontraron que la ocurrencia de los congéneres analizados fue de 100%, y en su contenido identificaron por GC/ECD principalmente tres congéneres: PCB28 con valores de 0.018-0.042  $\mu$ g/L; PCB52 con 0.006-0.015  $\mu$ g/L y PCB101, cuyo contenido estuvo en el rango de 0.001-0.039  $\mu$ g/L. El contenido promedio de  $\Sigma$ PCB osciló entre 0.035-0.039  $\mu$ g/L, valor que se encontró dentro de la NOM-133-ECOL-2000 que regula estos contenidos.

Otro estudio realizado en la ciudad de Tuxpan, Veracruz, tuvo el objetivo de medir los PCBs en muestras mensuales de leche comercial durante dos periodos estacionales, obtenidas bajo dos modelos productivos y encontraron la presencia de siete congéneres. Los valores máximos registrados fueron 10 ng/g para el Te-CB52 y 10.1 ng/g en el Hx-CB153. La frecuencia de los siete PCB analizados osciló entre 60% y 100%, y el valor total promedio de los PCBs fue 9.6 ng/g (Pérez *et al.*, 2012).

## PCDDS

Las policlorodibenzo-p-dioxinas son éteres aromáticos policlorados planares con características lipofílicas, bioacumulativas y persistentes en el ambiente. La mayor cantidad se origina de fuentes antropogénicas en la incineración de residuos urbanos y hospitalarios, fabricación de papel, transformaciones de la celulosa, industria del cemento, fabricación de herbicidas y defoliantes, metalurgia a altas temperaturas y fabricación del PVC. Para su emisión deben concurrir tres elementos: un sustrato de una estructura orgánica compleja, por ejemplo lignina, madera, papel o

plásticos; una fuente proveedora de átomos de cloro como  $Cl_2$ ,  $NaCl$ ,  $HCl$  o el polivinilo clorado; y una temperatura suficientemente alta como la que se obtiene al quemar madera, papel o plásticos (Hidalgo, 2009).

De acuerdo a la OMS, la principal vía de exposición a las dioxinas es oral, con 95%, dato a partir del cual el *Codex Alimentarius*, en 1999, estimó una ingesta diaria admisible (IDA) de 1- 4 pg EQT / kg PC / día. La OMS, en 2010, estimó su vida media,  $t$ , en seres humanos de 7 a 11 años y la EPA (2012) ha determinado la persistencia de estos compuestos hasta por 50 años en sedimentos.

Su toxicidad depende del número de átomos de cloro presentes en diferentes posiciones de la molécula. De las 75 dioxinas conocidas, sólo algunos congéneres tienen efectos tóxicos al acumularse en tejido graso, y son aquellos que tienen cloro en las posiciones 2, 3, 7, 8 (Naccha, 2010).

Ejercen sus efectos a través de la unión de alta afinidad con el receptor arilo de hidrocarburo (AhR), el cual es una proteína celular específica. Al igual que otros compuestos clorados, actúan como inductores enzimáticos que alteran la respuesta inmunológica; provocan erupciones de la piel, incluyendo cloracné; hipertriosis; daño hepático; elevación del colesterol y de los triacilglicérols séricos; hipomineralización del esmalte de los primeros molares permanentes en los niños; disminución de la función pulmonar y bronquitis; patología de los párpados y pigmentación de la conjuntiva; náuseas, vómito, pérdida del apetito; alteran el sistema nervioso periférico; predisponen a la diabetes y causan desórdenes de la tiroides (Schechter *et al.*, 2005).

La 2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo-p-dioxina se ha manifestado como disruptor endocrino en el humano y otras especies al inducir desregulación del crecimiento, señalización y metabolismo hormonal, afectando principalmente al sexo femenino en problemas de fertilidad, ciclos menstruales anormales y menopausia prematura. Hay información epidemiológica que indica la presencia del AhR en tejido mamario, por lo que se considera un blanco para las TCDDs, haciéndolo propenso al retraso en su desarrollo y al cáncer (Warner *et al.*, 2002).

En 1997, la IARC lo catalogó como agente carcinogénico Clase 1 al encontrar en ratas carcinomas hepatocelulares y carcinomas escamosos en pulmón, nódulos hepatocelulares e hiperplasia focal alveolar.

A partir de la firma del Convenio de Estocolmo en 2001, México ha enfocado sus investigaciones al monitoreo ambiental, por lo cual se ha generado información sobre los índices de emisión (Semarnat, 2011). Estos estudios en conjunto con las legislaciones europeas y sus investigaciones han dado lugar a estimación de dioxinas en alimentos. Sin embargo, la escasez de información en México y el alto costo que implica la determinación de estos compuestos, han limitado la generación de estadísticas comparables a otros países.

En 2007, Cañedo y Macías realizaron una investigación en peces mediante el sistema analítico de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas de alta resolución (GC/HRMS), detectando diversos congéneres de PCDD en peces de 4 regiones de México, obteniendo como conclusión que el TEQ obtenido para cada espécimen no superó la ingesta diaria tolerable establecida por la OMS en 1998.

Naccha *et al.* (2010) se enfocaron en analizar dichos contenidos en 10 muestras de carne de bovino, leche y yogurt bajo el sistema Gases-Masas de baja resolución, GC/LRMS, obteniendo de las muestras de carne, cuatro con límites de TEQ superiores a los 3 pg TEQ/g grasa que marca la Comunidad Europea como permisibles (LMR). Los valores estimados fueron: 3.05, 4.84, 6.31 y 7.94 pg WHO-TEQ/g grasa, por lo que se consideraron como muestras contaminadas y ninguna con TEQ excedente para las muestras de leche y yogurt.

## POCs

Los plaguicidas organoclorados constituyen una familia de amplio espectro que incluye alcanos, compuestos diénicos y aromáticos donde se clasifican cuatro isómeros del hexaclorociclohexano, aldrín, dieldrín, en-

drín, heptacloro, epóxido de heptacloro, los endosulfanes, el DDT y sus derivados DDE y DDD, como los más frecuentes.

Estos compuestos han sido asperjados en el planeta durante unos sesenta años y han sido muy útiles con sus efectos inmediatos en las actividades agropecuarias y sanitarias, pero han dejado una contaminación excesiva con severos perjuicios sobre la salud y el ambiente. El lindano fue usado en cultivos de arroz, maíz, plátano, fibras industriales, en el combate de moscas y mosquitos y en el control de enfermedades endémicas. El heptacloro fue usado masivamente sobre plagas en el cultivo de algodón, el clordano en el combate de hormigas y como termicida. El endosulfán en el control de insectos masticadores, chupadores y ácaros en hortalizas, tubérculos y tabaco. El DDT redujo las pérdidas en la producción de papa y resalta su uso en aspersiones en México y en el mundo para controlar vectores de enfermedades endémicas. López Carrillo *et al.* (1996) dieron datos de aspersiones domiciliarias de hasta 500 g por casa en Veracruz con el objetivo de reducir daños por paludismo. En 1996, se estimó la existencia de 80 000 compuestos comerciales y en Estados Unidos se prepararon entre 1 100 a 1 500 nuevas formulaciones. En el mismo año en Uganda se emplearon 80 t de DDT y 392 t de dieldrín (Prado, 2001).

Tales residuos agropecuarios se movilizan por las cadenas tróficas, y en su transcurso impregnan los recursos abióticos del aire, suelo y agua; por tanto, llegan a los organismos vivos y alteran sus actividades normales, manifestándose tóxicos. Sus propiedades fisicoquímicas de alta liposolubilidad, baja polaridad y estabilidad química son responsables de su acumulación en tejidos grasos y persistencia en el ambiente, la cual varía según sea el sitio de alojamiento final. La farmacocinética y farmacodinamia de los POCs guardan una relación estricta con los efectos metabólicos y genéticos que se hacen presentes en los organismos que son expuestos.

Mecanismos frecuentes de estos compuestos son la generación de estrés oxidativo, la inducción de isoformas del P450, capacidad estrogéni-

ca y acción sobre genes. La actividad tóxica que manifiestan ha sido descrita por numerosos autores y hay evidencias de sus efectos sobre sistemas nervioso, inmunológico y reproductivo, así como de daño genético. En 2001, la IARC clasificó al DDE como carcinogénico; Mitra *et al.* (2012) han investigado la acción del DDT sobre 12 genes en ratas expuestas al residuo.

La presencia generalizada del DDT y sus derivados mantiene la atención sobre sus efectos. A pesar que se han reducido sus aplicaciones porque legislaciones internacionales y nacionales lo han prohibido, su estabilidad lo hace persistente. Los estudios de Bräuner *et al.* (2012) reportaron el análisis de una cohorte de 47,053 individuos en relación con la presencia de plaguicidas organoclorados; adicionalmente a los POCs en el ambiente, registraron PCBs y metales pesados. Los autores estimaron un prediagnóstico de Linfoma no Hodking asociado a la presencia conjunta de POCs con PCBs.

Un estudio en fórmulas lácteas registró presencia de  $\alpha$ -HCH (100%),  $\beta$ -HCH (95.2%),  $\gamma$ -HCH (90.5%), aldrín (85.7%), heptacloro + epóxido de heptacloro (80.9%), endosulfán I (71.4%),  $\delta$ -HCH (61.9%), endrín aldehído (42.8%), p,p'-DDT (38.1%), p,p'-DDD (33.3%), dieldrín + endrín (23.8%), endosulfán II (19%), p,p'-DDE (14.3%) y endosulfán sulfato (9.5%). Se encontraron 8 de 16 plaguicidas arriba de 60% de frecuencia, mientras que los aromáticos de la familia del DDT tuvieron menor ocurrencia. Los contenidos oscilaron en estos rangos:  $\Sigma$ HCH: 0.24 - 6.119  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ;  $\Sigma$ DDT: N.D. - 1.083  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ;  $\Sigma$ H +EH: 0.027 - 2.927  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; aldrín + dieldrín: N.D. - 4.907  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; endrín + endrín aldehído: N. D. - 1.301  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; endosulfanes: N. D. - 1.716  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , valores inferiores a los LMR según el Codex Alimentarius 2005 (Gutiérrez *et al.*, 2012).

En diversas partes del orbe se analizan POCs y se encuentran en cantidades diversas. Thomas *et al.* (2012) los midieron en suelos de la Región de La Lorraine en Francia y encontraron de manera sobresaliente al  $\beta$ -HCH con un valor de  $0.64 \pm 0.15 \mu\text{g}/\text{kg}$  y la  $\Sigma$ -DDT entre 0.2 y 2.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Por otro lado, Khairy *et al.*, (2012) estimaron la presencia de  $\Sigma$ -DDT en 27  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , junto con otros organoclorados en sedimentos en la Bahía de Abu Qir en Egipto.

## POFs

Los organofosforados son ésteres del ácido fosfórico, donde el átomo de fósforo se une a diferentes grupos y forma tanto oxones como tionos. En este grupo están el diazinón, malatión, paratión, metilparatión, disulfotón, demetón-S-metilo, forato, terbufus, metamidofos y monocrotofos. Tuvieron un origen sintético militar y después se emplearon como insecticidas fundamentalmente en las actividades agrícolas. En un momento sustituyeron a los plaguicidas organoclorados por considerarse menos tóxicos y con menor persistencia por su baja estabilidad. Son altamente solubles en agua, poco hidrofóbicos, se hidrolizan en medio alcalino, tienen baja presión de vapor, por tanto no son volátiles y son poco persistentes en el ambiente.

Generalmente se usan en forma de aerosoles o polvos y se transportan fundamentalmente por el agua hasta los seres vivos, y ya en los organismos animales se biotransforman en el hígado por la acción de hidrolasas, oxidasas y glutatión-S-transferasas. Su presencia genera respuestas tóxicas y su excreción se realiza por la orina, heces y el aire expirado.

Las intoxicaciones agudas por estos plaguicidas se producen por inhibición de la acetilcolinesterasa (AChE), la cual origina un síndrome muscarínico y otro nicotínico. Al no destruirse la acetilcolina en la sinapsis hay una sobre-estimulación con hipersecreciones, temblores y convulsiones. Puede también manifestarse con ataxia y parálisis de las extremidades inferiores y a veces las superiores con desmielinización secundaria. También se presentan alteraciones en el sistema músculo-esquelético y daños en el sistema nervioso periférico (Repetto y Repetto, 2009).

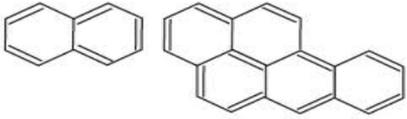
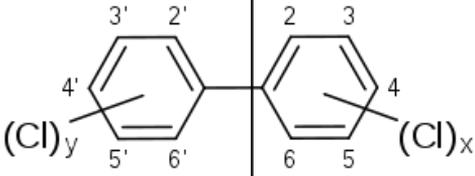
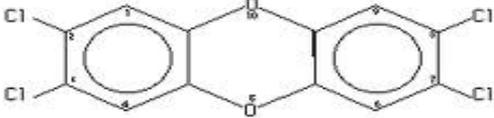
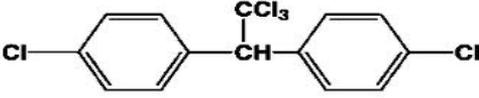
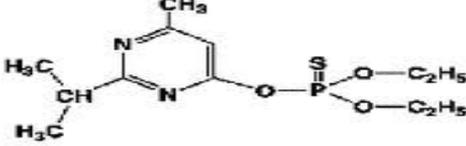
El diazinón es un alilfosfato, del cual se ha medido la sinergia con cis-permetrina. Wang *et al.* (2012) encontraron daño reproductivo en las células germinales de los tubos seminíferos de ratón macho adulto con degeneración celular, disminución en la síntesis de testosterona y anomalías morfológicas en mayor grado que con cada uno de los plaguicidas por separado.

Tanto el monocrotofos como el clorpirifos manifiestan una respuesta genotóxica que se ha medido con la formación de micronúcleos. Se ha valorado la influencia del metamidofos comercial frente al reactivo puro, y el producto técnico ha manifestado mayor daño sobre el espermatozoide de ratón al medirse con el ensayo Cometa, aunque no mostró peroxidación de lípidos (Urióstegui-Acosta *et al.*, 2012). Se han diseñado nuevos métodos para medir diazinón y clorpirifos en pacientes que han sido intoxicados por estos compuestos mediante la formación de aductos con la butirilcolinesterasa y/o la albúmina, que se miden por cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS).

En la región agrícola de Mérida, Venezuela se analizaron 13 plaguicidas en aguas superficiales de un complejo hidrológico formado por tres ríos, durante 2008 y 2010. Los organofosforados fueron diazinón, malatión, metilparatión, etilparatión, metamidofos, dimetoato y clorpirifos; los carbamatos analizados fueron carbofurán y metomilo; el ditiocarbamato (DTCM) mancozeb; las triazinas atrazina y metribuzina y el linurón, derivado de la urea. Se estimaron frecuencias de 100% por plaguicida individual durante mayo de 2008. Los plaguicidas detectados en las concentraciones más altas fueron: diazinón  $459 \pm 4.0 \mu\text{g/L}$ , en mayo 2008 en el río Mocotíes c; clorpirifos  $302.9 \pm 0.9 \mu\text{g/L}$ , en mayo 2010 en el río Mocotíes c; mancozeb  $108 \pm 1.0 \mu\text{g/L}$ , en mayo 2010 en el río Mocotíes c; metamidofos  $107 \pm 8.0 \mu\text{g/L}$ , en mayo 2010 en río Las Playitas y dimetoato  $55 \pm 3.0 \mu\text{g/L}$ , en mayo 2010 en el río Las Tapias.

En la mayoría de los casos se observó que las concentraciones detectadas para el período 2010 superaron las de 2008: el diazinón en el río Las Tapias aumentó 2500 veces; metamidofos se incrementó 78 veces en el río Las Playitas, mientras que clorpirifos aumentó 8 veces en los dos sitios de muestreo del río Mocotíes. Los POFs diazinón, clorpirifos, dimetoato y metamidofos y el DTCM mancozeb tuvieron las concentraciones más altas. En todos los casos, los niveles detectados superaron los límites establecidos por la Unión Europea y la EPA, y el total de POFs rebasó también los límites establecidos por la legislación venezolana (Molina-Morales *et al.*, 2012).

**Cuadro 1. Naturaleza química de cinco contaminantes presentes en la biosfera**

Naturaleza del compuesto	Ejemplo representativo	Estructura química
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Benzo[a]pireno y Naftaleno	 <p style="text-align: center;">Naftaleno                      Benzo(a)pireno</p>
Bifenilos Policlorados (PCBs)	Fórmula general	
Policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs)	2, 3,7, 8,Tetracloro-dibenzo-p-dioxina	
Plaguicidas organoclorados (POCs)	Diclorodifenil-tricloroetano (DDT)	 <p style="text-align: center;"><b>DDT</b></p>
Plaguicidas organofosforados (POFs)	Diazinón	 <p style="text-align: center;"><b>Diazinon</b></p>

**Efectos sobre la salud.** Los procesos vitales son afectados de diferentes maneras por los residuos y contaminantes. Hay numerosas evidencias que señalan compuestos, dosis de exposición, frecuencia de la misma y condición nutricional de los seres vivos como factores de riesgo por las exposiciones específicas a dichos compuestos. Los modelos toxicológicos empleados son generalmente murinos, líneas celulares y en ocasiones humanos voluntarios. Estos daños se pueden agrupar como metabólicos y genéticos; entre los primeros hay evidencias del daño generado en los sistemas neurológico, inmunológico y reproductivo. También se conoce su acción desregulando estados redox celulares, con perturbaciones en las funciones endocrinas. Entre los efectos genéticos, estos compuestos se vinculan a respuestas mutagénicas, teratogénicas y carcinogénicas.

Se configura cada vez con mayor amplitud el múltiple panorama de los mecanismos de acción, con los cuales se ejercen los daños; un ejemplo es la producción de especies reactivas de oxígeno que desbalancean el estado óxido-reductor de los microambientes celulares. En el cuadro 2 se presenta un resumen de los efectos globales de estos contaminantes que refiere la literatura científica.

**Cuadro 2. Efectos sobre la salud de cinco contaminantes de medios abióticos y bióticos**

Compuesto	Neuro-tóxico	Inmunoló-gico	Reproductivo	Disruptor endocrino	Metabó-lico	Estrés oxidativo	Carcinogé-nico
BaP			X				X
Hx-CB153	X	X	X	X	X	X	X
2, 3, 7, 8, tetraclorodibenzo-p-dioxina		X	X	X	X	X	X
DDT	X	X	X	X	X	X	X
Diazinón	X		X		X	X	X

## METODOLOGÍA

Para cuantificar los contenidos de estas sustancias en diversas matrices, se han establecido métodos oficiales, ya que sus concentraciones son del orden de ng/kg a mg/kg. Las etapas metodológicas consisten en un muestreo representativo, seguido por un procedimiento para la extracción de la grasa; a partir de ésta, se procede a la purificación de los analitos de estudio por medio de matrices específicas que los retienen, y se realiza la cuantificación para la cual se emplean técnicas de alta sensibilidad, especificidad, automaticidad y alta resolución. En ocasiones se hacen confirmaciones con espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear u otros procedimientos. Se determinan las características analíticas y los resultados se someten a análisis estadísticos.

En el cuadro 3 se presentan ejemplos de recursos metodológicos para su cuantificación; entre ellos está la cromatografía de gases (CG) con diversos detectores. Para el caso de los HAPs se emplea CG/FID con detector de ionización de flama, pero también se emplea la cromatografía de líquidos de alta resolución HPLC/FLD con detector de fluorescencia o ultravioleta. Para las dioxinas el equipo cromatográfico se acopla a espectrometría de masas (CG/MS), lo cual ofrece alta resolución llegando a medir ng/kg. Los PCBs se miden con CG/ECD con detector de captura de electrones y muchos plaguicidas organofosforados utilizan HPLC/DAD con detector de arreglo de diodos.

**Cuadro 3. Recursos analíticos en las estimaciones de HAPS, PCBs, PCDDs, POCs y POFs**

Compuesto	Metodología	Determinación de un analito	Referencia
HAPs	GC/FID HPLC-FLD	BaP en suelo: 0.9-4.1 ng/g	Barrán-Berdón <i>et al.</i> (2012).
PCBs	GC/ECD	PCB28 en agua potable: 0.018-0.042 µg/L	Salinas <i>et al.</i> , 2010
PCDDs	GC/MS	Tdbpd en carne de bovino: 3.05-7.94 pg TEQ/g grasa	Naccha <i>et al.</i> , 2010.
POCs	GC/ECD	DDT en fórmulas lácteas: N.D.-1.083 µg/kg	Gutiérrez <i>et al.</i> (en prensa).
POFs	HPLC-DAD	Diazinón en agua: 459±4.0 µg/L	Molina-Morales <i>et al.</i> (2012)

BaP: benzo[a]pireno

Tdbpd: 2, 3, 7, 8, tetraclorodibenzo-p-dioxina

Para regular el manejo de estas sustancias en el ambiente se han dado directrices internacionales por medio del *Codex Alimentarius*, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2011), la Unión Europea (EUA *Commission* 2011), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011), la Organización Internacional

del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de Salud (WHO, 2011), organismos que han fijado límites máximos permitidos (LMR), ingesta diaria admisible (ADI) y otros parámetros para proteger las poblaciones. Paralelamente, las legislaciones nacionales establecen normas, algunas de ellas con carácter obligatorio. En el cuadro 4 se presentan los límites establecidos por diversos organismos para los compuestos seleccionados. Los HAPs en México están regulados con la NOM-138-SEMARNAT/SS-20; NOM, 2003, las PCDD con las NOM 098 y 040 SEMARNAT 2002. El DDT por el Organismo CICLOPLAFEST y la norma para leche y alimentos lácteos es la NMX-F-718 COFOCALEC.

**Cuadro 4. LMRs establecidos por organismos nacionales e internacionales para cinco contaminantes de medios abióticos y bióticos**

Compuesto	Norma mexicana	FAO/OMS	EPA
BaP	2 ng/g		0.015 ng/g
ΣPCB	0.5 µg/L para agua		
2,3,7,8 tetracloro dibenzo-p- dioxina	LMP de 0.2 a 0.5 ng/m <sup>3</sup> EQT***	ADI 1-4 pg EQT/kg PC/día	
DDT		20 µg/kg base grasa	
Diazinón*			0.08 µg/L**

\*Aguas superficiales

\*\*CCC Criterios de Concentración Crítica de la USEPA

\*\*\* Para equipos industriales, de incineración, fabricación de cemento hidráulico (Semarnat, 2011).

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La demanda mundial de alimentos, el modelo intensivo de producción, la industrialización, junto con factores climáticos, socioeconómicos y políticos forman parte de un modelo consumista de satisfactores que está conduciendo a una explotación intensiva de los recursos planetarios. Los umbrales de regulación del planeta se ven perturbados y la contaminación ambiental es, al mismo tiempo, causa y efecto de la problemática actual. Se aprecia este efecto en los costos ecológicos y en las alteraciones de la salud animal.

En medio de esta reflexión, hay un movimiento hacia la sustentabilidad como recurso viable de buscar soluciones al problema referido. Se desarrollan perspectivas teóricas y prácticas para contrarrestar el efecto pernicioso de los contaminantes; entre ellas se encuentran la relación entre la quiralidad de los enantiómeros y la toxicidad; la biorremediación por consorcios de bacterias y plantas, la utilización de bioplaguicidas, el aprovechamiento de nanopartículas para absorber y eliminar compuestos de interés; la producción de vacunas sintéticas; la generación de modelos matemáticos que involucran variables hidrológicas, climatológicas y parámetros humanos de los individuos potencialmente afectados; la producción de organismos genéticamente modificados (OGM); ingeniería de proteínas; genómica, epigenómica y los estudios epidemiológicos.

Resulta una imperiosa necesidad el enfoque que pueda dar una metodología transdisciplinaria en el estudio de este tema, capaz de visualizar de una manera nueva las perspectivas y las acciones frente a esta problemática.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), 2010.
- Barrán B. *et al.*, 2012, "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils From a Brick Manufacturing Location in Central México", en *Rev Int Contam Ambie* 28(4): 277-288.
- Bosveld, T. *et al.*, 2002, "In vitro EROD induction equivalency factors for the 10 PAHs generally monitored in risk assessment studies in The Netherlands", en *Chemosphere* 49: 75-83.
- Bräuner V. *et al.*, 2012, "A prospective study of organochlorines in adipose tissue and risk of non-Hodgkin lymphoma", en *Environ Health Perspect* 120(1): 105-11.
- Cañedo Y. y V. Macías 2007, "Dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos en peces de cuatro regiones diferentes de México", en *Ciencias Marinas*, Universidad Autónoma de Baja California, México, 33(2): 217-227.
- CCME, 2008, *Carcinogenic and other Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*, Canadian Council of Ministers of the Environment, Scientific Supporting Document.
- CICLOPLAFEST 2005, *Catálogo Oficial de Plaguicidas*, Comisión Intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.
- CODEX ALIMENTARIUS, 1999, Comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos, CX/FAC 00/26, Documento de examen sobre las dioxinas, Beijing, República Popular de China.
- EPA, 2011, Title 40. Code of Federal regulations, en [www.epa.gov/lawsregs/regulations](http://www.epa.gov/lawsregs/regulations), consultado el 18/10/2012.
- EPA, 2012, Technical Fact sheet on: DIOXIN (2, 3, 7, 8-TCDD), en <http://www.epa.gov/ogwdw/pdfs/factsheets/soc/tech/dioxin.pdf>.

- Gilroy A. *et al.*, 2012, "Polychlorinated biphenyls and their hydroxylated metabolites in wild fish from Wheatley Harbour Area of Concern, Ontario, Canada", en *Environ Toxicol Chem* (12): 2788-2797.
- González M. *et al.*, 2012, "Persistent organic contaminants and steroid hormones levels in Morelet's crocodiles from the Southern Gulf of Mexico", en *Arch Environ Contam Toxicol* 62(3): 445-54.
- Gutiérrez R. *et al.*, 2012, "Contenido de residuos de plaguicidas organoclorados en fórmulas lácteas infantiles comercializadas en el sur de la Ciudad de México", en *Agrociencia* (En prensa).
- HAPs, Facultad de Farmacia. Toxicología. Universidad de Porto, en [http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g8\\_hap/html](http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g8_hap/html).
- Hidalgo, C., 2009, "Contaminación de Alimentos por Dioxinas", en *Ciencia Ahora* 22, en <http://www.bierzoairelimpio.org/imagenes/descargas/Contaminacionalimentosdioxinas.pdf>
- IARC, 1997, *Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans*, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 69. Consultado el 04-12-2012.
- IARC, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
- INE, 2009, Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), en <http://www.ine.gob.mx/sqre-temas/765-sqre-cop>
- Khairy, A., 2011, "Risk posed by chlorinated organic compounds in Abu Qir Bay, East Alexandria, Egypt", en *Environ Sci Pollut Res Int* (3): 794-811.
- Loganathan, B., 2012, "Global Contamination Trends of Persistent Organic Chemicals: Overview", en *Global Contamination Trends of Persistent Organic Chemicals*, Bommanna G. Loganathan y Paul K. S. Lam. CRC Press.
- López L. *et al.*, 1996, "Is DDT Use a Public Health Problem in Mexico?", en *Environ Health Perspect*, 104 (6): 2-6.
- Mitra S. *et al.*, 2012, "Analysis of the toxicogenomic effects of exposure to persistent organic pollutants (POPs) in Slovakian girls: corre-

- lations between gene expression and disease risk”, en *Environ Int* 39(1): 188-99.
- Molina, Y. *et al.*, 2012, “Niveles de plaguicidas en aguas superficiales de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela, entre 2008 y 2010”, en *Rev Int Contam Ambie* 28(4): 289-301.
- Naccha, R., 2010, *Cuantificación de dioxinas por cromatografía de gases/espectrometría de masas de baja resolución (GC/LRMS) en carnes y leches consumidos en Nuevo León*, tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- NOM-133-ECOL-2000, Contaminantes Orgánicos Persistentes en México. Un catálogo de males por resolver, Este País/Histórico/Green Peace Mexico/24.09.2009.
- Pérez J. *et al.*, 2012, “Polychlorinated byphenils (PCBs) residues in milk from an agroindustrial zone of Tuxpan, Veracruz, México”, en *Chemosphere* 89: 404-408.
- Prado, G., 2001, *Residuos de plaguicidas organoclorados persistentes en leches reconstituida y humana*, tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.
- Repetto, M. y G. Repetto 2009, *Plaguicidas organofosforados. Toxicología Fundamental*, 4a. Ed. Díaz de Santos, España.
- Salinas O. *et al.*, 2010, “Presence of polychlorinated biphenyls (PCBs) in bottled drinking water in Mexico City”, en *Environ Contam Toxicol* 85(4): 372-6.
- Schechter A., *et al.*, 2005, “Dioxins: An overview”, en *Environmental Research* 101(3): 419-428.
- Selvakumar, K. *et al.*, 2012, “Polychlorinated biphenyls impair blood-brain barrier integrity via disruption of tight junction proteins in cerebrum, cerebellum and hippocampus of female Wistar rats: Neuropotential role of quercetin”, en *Hum Exp Toxicol* (nov. 15, Consultado en línea antes de su impresión).
- Semarnat, 2011, Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

- Thomas M. *et al.*, 2012, "Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments and fish from freshwater cultured fish ponds in different agricultural contexts in north-eastern France", en *Ecotoxicol Environ Saf* 77: 35-44.
- Urióstegui M. *et al.*, 2012, "Comparative effect of technical and commercial formulations of methamidophos on sperm quality and DNA integrity in mice", en *Environ Toxicol* (nov. 2, consultado en línea, anterior a su impresión).
- Wang D. *et al.*, 2012, "Evidence for diazinon-mediated inhibition of cispermethrin metabolism and its effects on reproductive toxicity in adult male mice", en *Reprod Toxicol* 34(4): 489-497.
- Warner M. *et al.*, 2002, "Serum Dioxin Concentrations and Breast Cancer Risk in the Seveso Women's Health Study", en *Environ Health Perspect* 110: 625-628.

# Integración bioquímica para modelar las respuestas metabólicas en la producción láctea de bovinos lecheros

Arturo César García Casillas<sup>1</sup> y Lisandro Atilio Montiel Ramos<sup>2</sup>

**Resumen.** *El presente estudio es un análisis exhaustivo de los elementos científicos y técnicos sobre la gluconeogénesis hepática en los bovinos lecheros, donde factores como las adaptaciones de las papilas ruminales, el metabolismo de la glucosa, la oxidación y  $\beta$ -oxidación de lípidos, y la formación y uso de cuerpos cetónicos son componentes esenciales en los ajustes metabólicos dentro de la producción láctea. Esta revisión hace mayor énfasis en la estructura de modelos esquemáticos de integración bioquímica, especialmente durante el balance energético negativo con el fin de alcanzar un adecuado equilibrio entre el consumo de energía, por parte del animal, y la energía requerida para el mantenimiento y la preñez (en la vaca gestante) y el mantenimiento y la lactancia (en la vaca lactante). Por lo tanto, la información revisada pretende hacer más accesible la comprensión de los procesos bioquímicos que ocurren antes y después del parto, así como la fisiología y bioquímica de la lactancia temprana, eventos de vital importancia para la salud, producción y rentabilidad en bovinos lecheros.*

**Palabras clave:** *Gluconeogénesis hepática, Oxidación y  $\beta$ -oxidación, Cetogénesis*

<sup>1</sup> Estudiante becario, doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, e-mail: cesargarciacasillas@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor-Investigador, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, e-mail: lmontiel@correo.xoc.uam.mx

**Abstract.** *This study is an exhaustive analysis of the elements on hepatic gluconeogenesis in dairy cattle, where factors such as the adaptations of ruminal papillae, glucose metabolism, oxidation and  $\beta$ -oxidation of lipids and the formation and use ketone bodies, are essential components in the metabolic settings within the milk yield. The review emphasizes the structure of schematic models of biochemistry integration, especially during negative energy balance in order to achieve an appropriate balance between energy consumption by the animal, and the energy required for maintenance and pregnancy (in the pregnant cow), and the maintenance and lactation (in the lactating cow). Therefore, the revised information aims to make it more accessible understanding of the biochemical events that occur around calving, physiology and biochemistry of early lactation, events of vital importance to the health, production and profitability in dairy cattle.*

**Keywords:** *Hepatic gluconeogenesis, Oxidation and  $\beta$ -oxidation, Ketogenesis.*

## INTRODUCCIÓN

Comparada con otras especies, la producción de alimentos de origen bovino presenta menos competencia con el hombre por la disponibilidad de una amplia cantidad de ingredientes que se pueden emplear; debido a que los nutrientes necesarios para el mantenimiento y producción en los bovinos pueden ser obtenidos a partir de forrajes o alimentos que el hombre no consume, pero que el bovino, en su condición de rumiante, puede utilizar debido a sus procesos digestivos (Bauman *et al.*, 2006).

Dentro de los alimentos disponibles para los bovinos lecheros, son pocos los productos vegetales con cantidades considerables de disacáridos como la sacarosa por ejemplo, la caña de azúcar (Martín, 2005), y menos aún los que contienen monosacáridos como la glucosa por ejemplo, la pulpa de remolacha (Voelker y Allen, 2003). Por lo tanto, los carbohidratos más abundantes en sus raciones son polisacáridos

como celulosa, hemicelulosa, pectinas, fructanos y almidones (Sniffen *et al.*, 1992). Estos sustratos energéticos son fermentados por bacterias ruminales, por ejemplo *Streptococcus bovis*, *Bacteroides amylophilus*, *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium* (Reddy *et al.*, 2008), y transformados en ácidos grasos volátiles (AGV) de cadena carbonada corta: principalmente ácido acético con dos carbonos, ácido propiónico con tres carbonos y ácido butírico con cuatro carbonos (Hristov *et al.*, 2005).

Al respecto Firkins *et al.* (2006) reportaron que los AGV son absorbidos a través de la pared ruminal por medio de difusión simple, mediante un intercambio con el bicarbonato sanguíneo, para posteriormente ser llevados en la sangre portal hasta el hígado. Sin embargo, el ácido propiónico es el único de los AGV que puede intervenir como sustrato energético en la gluconeogénesis (Sutton *et al.*, 2003). Siendo el hígado, el órgano responsable de utilizar dicho sustrato para satisfacer las necesidades metabólicas de todos los tejidos corporales (Dorland *et al.*, 2009). No obstante, es importante señalar que durante la lactancia temprana, la capacidad del hígado para utilizar ácido propiónico en el proceso de gluconeogénesis está reducida a causa del balance energético negativo (BEN), propio de esta etapa fisiológica (Banos *et al.*, 2005). Por lo que este órgano responde mediante una serie de ajustes bioquímicos, con la finalidad de abastecer la demanda de glucosa, utilizando vías metabólicas alternas con sustratos gluconeogénicos endógenos como lactato, lípidos y proteínas (Firkins *et al.*, 2006; Firkins *et al.*, 2007).

En general, estos ajustes bioquímicos son un reflejo de los cambios metabólicos que ocurren para facilitar el proceso del parto (Goff, 2006) y la preparación de la glándula mamaria para la síntesis de calostro, y posteriormente de la leche (Bauman *et al.*, 2006). Con base en lo anterior, esta revisión pretende contribuir a la divulgación de elementos científicos y técnicos sobre las respuestas metabólicas originadas en la producción láctea de bovinos lecheros, mediante modelos esquemáticos de integración bioquímica.

## Adaptaciones de las papilas ruminales

Durante el periodo de transición, –con el objetivo de asegurar el correcto desarrollo de la unidad feto-placenta en el último tercio de la gestación (Goff, 2006), para mantener una apropiada condición corporal (Mulligan *et al.*, 2006), y optimizar la producción de leche (PL) (Buttchereit *et al.*, 2010)–, la vaca realiza ajustes metabólicos y una adaptación de su sistema digestivo, en respuesta a los cambios en el suministro de carbohidratos no estructurales y de fuentes de fibra.

Como consecuencia de lo anterior, las concentraciones de los productos finales de la fermentación ruminal se modifican lo mismo que el pH del rumen, los cuales son factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de las papilas ruminales, como lo establecieron Rotger *et al.* (2005) al probar el efecto de la relación forraje, concentrado sobre la fermentación ruminal, los productos finales, y la cinética de degradación *in situ*; señalando que el aumento de la velocidad y el nivel de degradación están relacionados positivamente con la adaptación de la microflora ruminal y con los cambios en el patrón de fermentación. Lo anterior es similar a lo reportado por Reddy *et al.* (2008), quienes observaron un incremento significativo sobre la flora bacteriana amilolítica, al incorporar en las raciones nutricionales cantidades importantes de cereales. Sin embargo, cuando esta incorporación sucede en forma repentina se produce una cantidad elevada de ácido láctico (Rotger *et al.*, 2005).

En un rumen bien adaptado, las bacterias que utilizan ácido láctico por ejemplo *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*, lo metabolizan a AGV (Reddy *et al.*, 2008). No obstante, el desarrollo de estas bacterias requiere de tres a cuatro semanas, por lo que durante el posparto temprano se produce un retraso en el desarrollo de las papilas.

Como se puede interpretar, la transición entre el estado de preñez y la PL exige en la vaca lechera una elevada capacidad de adaptación hacia sus nuevas condiciones metabólicas y fisiológicas (Banos *et al.*, 2005). De lo contrario, la combinación de elevadas producciones de ácido

láctico, la adaptación lenta de las poblaciones microbianas que utilizan este ácido, y la reducida capacidad de absorción en la pared ruminal al inicio de la lactancia propiciarán la aparición de patologías metabólicas como la cetosis; con un riesgo de incidencia por lactancia de entre 1.3 y 18.3% (Duffield *et al.*, 2009); estimando pérdidas económicas de \$145 dólares por caso, incluyendo el tratamiento clínico, disminución en la PL y aumento en los días abiertos (Kelton *et al.*, 1998).

## Importancia de la gluconeogénesis en los rumiantes

Para todos los mamíferos la glucosa es el sustrato energético en común, en el metabolismo energético de todas sus células (Brosnan, 1999). En animales no rumiantes, a diferencia de los bovinos, cantidades importantes de glucosa se absorben en intestino delgado, siendo su verdadero reto garantizar su adecuado almacenamiento en forma de glucógeno (Young, 1977; Woerle *et al.*, 2003).

En bovinos lecheros, la captación intracelular de este sustrato energético se lleva a cabo por difusión facilitada a través de proteínas facilitadoras de transporte de glucosa (GLUT) y de transportadores de glucosa acoplados a Sodio  $\text{Na}^+$ /glucosa (SGLT) (Zhao y Keating, 2007). La mayoría de la glucosa utilizada en el metabolismo energético es proporcionada mediante gluconeogénesis (Aschenbach *et al.*, 2010). Young (1977) calculó que una vaca lechera requiere de 7.4 kg de glucosa por día para producir 90 kg de leche, y que de esa cantidad de glucosa, 4.4 kg se convierten en lactosa. Este incremento en la disponibilidad de glucosa, no puede ser explicado por un aumento en la absorción a través del sistema digestivo, pues, aunque algunas investigaciones con estrategias de alimentación externas han conseguido transportar hasta 5 kg/día de almidón desde el rumen al duodeno (Taylor y Allen, 2005), las limitaciones en la hidrólisis del almidón en intestino, así como el metabolismo esplácnico (Doepel *et al.*, 2009), disminuyen el aporte de glucosa absorbida a

menos del 5% en la mayoría de los estudios, confirmando la importancia cuantitativa de la gluconeogénesis en los rumiantes.

Diferentes investigaciones han estimado la contribución referente a los sustratos gluconeogénicos, clasificando su importancia con base en su porcentaje de captación hepática: ácido propiónico de 60 a 74%, lactato de 16 a 26%, alanina de 3 a 5%, valerato e isobutirato de 5 a 6% y glicerol de 0.5 a 3% (Nafikov y Beitz, 2007; Larsen y Kristensen, 2009). Firkins *et al.* (2006) reportaron que la contribución de glicerol y lactato aumenta durante el BEN y la consecuente movilización lipídica. Por su parte Doepel *et al.* (2009) indicaron que durante la lactación temprana, excluyendo a la alanina, el resto de los aminoácidos siguen la prioridad metabólica de dirigirse hacia la producción de proteína de leche en lugar de participar en la gluconeogénesis.

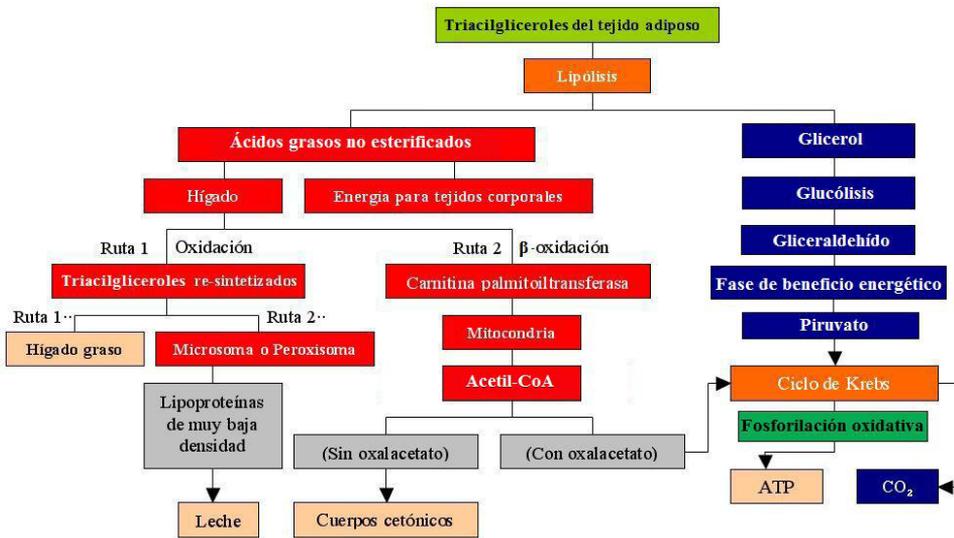
## Oxidación y $\beta$ -oxidación de lípidos

Durante el posparto, la demanda energética en la vaca lechera se incrementa debido a la PL (Banos *et al.*, 2005). Bauman *et al.* (2006) indicaron que este requerimiento adicional se satisface parcialmente por un mayor consumo de alimento, y el aporte energético restante implica ajustes bioquímicos sobre la repartición metabólica de los principales nutrientes. En este contexto, es el hígado el órgano encargado de llevar a cabo estos ajustes bioquímicos, utilizando vías de respuesta alternas con sustratos gluconeogénicos endógenos como lactato, lípidos, y proteínas (Firkins *et al.*, 2006; Firkins *et al.*, 2007).

Los triacilgliceroles almacenados en el tejido adiposo realizan una marcada lipólisis para compensar la elevada demanda energética, produciendo glicerol y ácidos grasos no esterificados (AGNE), con su grupo carboxilo libre (Martín y Sauvant, 2007). Kiens (2006) reportó que los AGNE son transportados en el torrente sanguíneo, unidos de forma no covalente a una proteína portadora, la albúmina sérica, y sólo una pequeña porción de ellos está disponible como fuente de energía para los tejidos corporales.

En la figura 1 se observa como la gran mayoría de los AGNE llegan al hígado, donde pueden seguir dos rutas metabólicas: 1)  $\beta$ -oxidación mitocondrial con la formación de acetil-coenzima A (acetil-CoA) (Bartlett y Eaton, 2004), y 2) síntesis *de novo* a triacilgliceroles mediante el restablecimiento del enlace éster, llevado a cabo en el retículo endoplasmático de los hepatocitos y facilitado por las enzimas intrahepáticas diacilglicerol aciltransferasas (Harris *et al.*, 2011).

**Figura 1. Metabolismo hepático de los lípidos**



Fuente: Elaboración propia a partir de Bartlett y Eaton, 2004; Bonnefont *et al.*, 2004 y Sánchez, 2006.

A su vez, los triacilgliceroles sintetizados *de novo* pueden seguir dos rutas metabólicas nuevamente: 1) oxidación microsomal y participación en la formación de lipoproteínas de muy baja densidad (LMBD) (Sánchez,

2006); Kiens (2006) concluyó que en este proceso no se forma adenosin-trifosfato (ATP), sino que la energía se disipa como calor, y 2) almacenamiento en el citosol hepático, debido a que el hígado de los rumiantes presenta una baja capacidad para formar y exportar LDBD, ricas en triacilgliceroles, formando hígado graso cuando este órgano presenta más de 20% de su estructura como grasa (Bobe *et al.*, 2004).

En la figura 1 también se puede observar como la enzima carnitina palmitoiltransferasa es el dispositivo que limita la velocidad de la  $\beta$ -oxidación (Bonfont *et al.*, 2004). Es importante señalar que durante la lactancia temprana, cuando las reservas hepáticas de glucógeno se reducen, la concentración de malonil-CoA disminuye y su efecto inhibitorio sobre esta enzima decae, induciendo el transporte de los AGNE hacia el interior de la mitocondria hepática (Bartlett y Eaton, 2004).

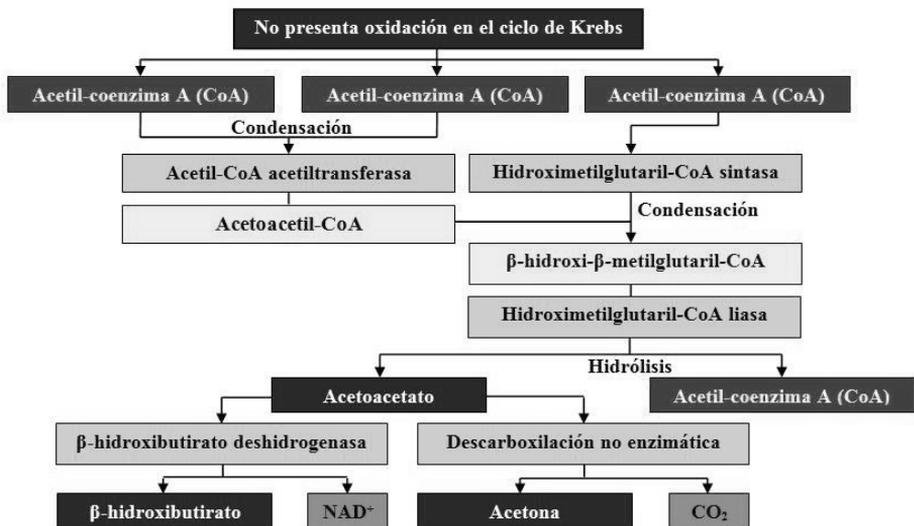
El proceso de oxidación mitocondrial de los AGNE, consiste en una serie de sucesivas  $\beta$ -oxidaciones que conducen a la formación de acetil-CoA (Xu *et al.*, 2010). Esta enzima requiere combinarse con el oxalacetato para su ingreso al ciclo de Krebs, donde los sucesivos metabolitos sufren oxidaciones con la formación de NADH + H<sup>+</sup> (Bartlett y Eaton, 2004). Kiens (2006) menciona que en este proceso el transporte electrónico exergónico a través de los sistemas enzimáticos en la membrana interna mitocondrial se acopla al proceso endergónico de la síntesis de ATP.

## Formación y uso de cuerpos cetónicos

Bartlett y Eaton (2004) concluyen que si la oxidación de los AGNE se lleva a cabo de manera completa en el ciclo de Krebs, el proceso liberará dióxido de carbono y pares de átomos de hidrogeno H<sup>+</sup>; los cuales donarán sus electrones para efectuar una serie de reacciones de óxido reducción que culminarán en la formación de agua y el almacenamiento de la energía producida en forma de ATP (Kiens, 2006).

Si existe una producción insuficiente de oxalacetato disponible para combinarse con la acetil-CoA, entonces ésta se acumula dentro de la mitocondria hepática (Bartlett y Eaton, 2004). En la figura 2 se observa un par de moléculas de acetil-CoA que se condensan vía enzimática para formar acetoacetil-CoA; a este proceso bioquímico le sigue una segunda condensación vía enzimática para unir otra acetil-CoA y formar  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilglutaril-CoA (Houten y Wanders, 2010). A partir de este sustrato bioquímico se metaboliza acetoacetato (AcAc) (Bartlett y Eaton, 2004). Este cuerpo cetónico sale de la mitocondria y entra en el citosol hepático donde puede reducirse en  $\beta$ -hidroxibutirato ( $\beta$ -HBA), o descarboxilarse lenta y espontáneamente hasta acetona (Ac) antes de abandonar el hígado y entrar a la circulación general (Xu *et al.*, 2010).

**Figura 2. Cetogénesis**



Fuente: Elaboración propia a partir de Houten y Wanders, 2010 y Xu *et al.*, 2010.



Houten y Wanders (2010) mencionan que el AcAc y el  $\beta$ -HBA pueden ser usados como una fuente adicional de energía por los tejidos corporales, solventando la escasez de glucosa. Sin embargo, cuando existen elevadas concentraciones de ellos, el estado metabólico se encuentra comprometido, ya que se disminuye la utilización de los AGNE, debido a que el AcAc y el  $\beta$ -HBA sirven como reguladores de su liberación (Duffield *et al.*, 2009). Bartlett y Eaton (2004) indicaron que los cuerpos cetónicos presentan una retroalimentación positiva con la concentración de malonil-CoA en el citosol, ocasionando su incremento, y por respuesta bioquímica la supresión de la actividad enzimática de la carnitina palmitoiltransferasa (Bonfont *et al.*, 2004). Como consecuencia de estos desajustes metabólicos se produce cetosis y el balance energético negativo se prolonga peligrosamente (Kelton *et al.*, 1998).

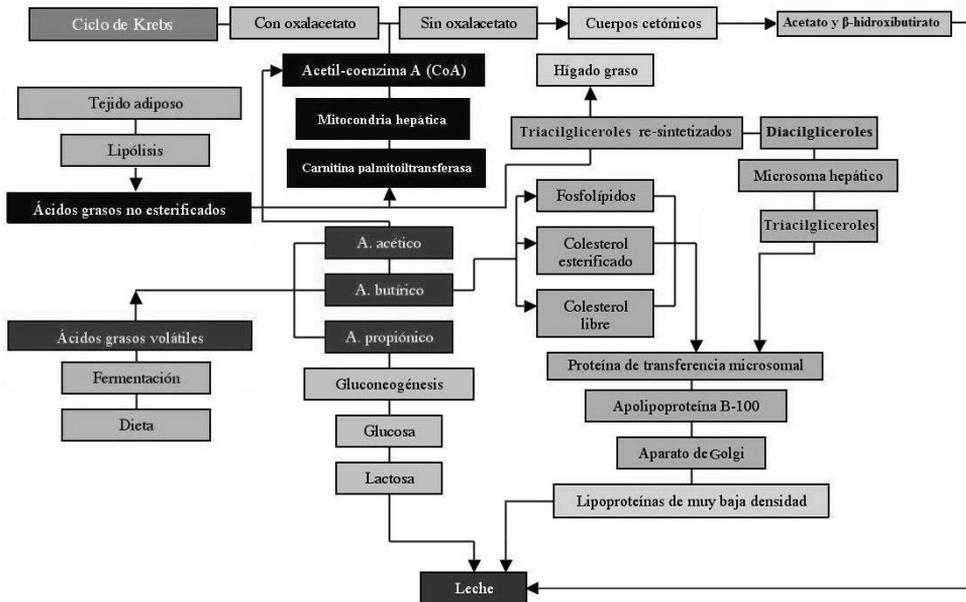
Duffield *et al.* (2009) reportan que la cetosis es una de las principales patologías en los hatos lecheros de alta producción porque está íntimamente ligada a otras patologías metabólicas, por ejemplo, acidosis, desplazamiento de abomaso y esteatosis hepática, y ocasiona disminuciones en la PL que van desde: 1.4, 1.8, 3.2 y 4.2 kg de leche por día, al alcanzar una concentración en suero de 1400, 1600, 1800 y 2000  $\mu$ M de  $\beta$ -HBA, respectivamente.

Por su parte, la gran cantidad de AGNE que llega al hígado afecta negativamente a las enzimas: a) piruvato carboxilasa (PC), que cataliza la conversión de piruvato en oxalacetato (Adina-Zada *et al.*, 2012) y b) fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK) que cataliza la conversión de oxaloacetato en fosfoenolpiruvato y  $\text{CO}_2$  (Al-Trad *et al.*, 2010), limitando la velocidad de la gluconeogénesis hepática (Pershing *et al.*, 2002). Información que concuerda con Li *et al.* (2012) que al investigar los efectos de los AGNE sobre la gluconeogénesis, la actividad y expresión de la PC y la PEPCK en hepatocitos bovinos cultivados y analizados mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y espectrofotometría, concluyeron que los niveles de PC y PEPCK ARNm se redujeron cuando las concentraciones de AGNE superaron 0.5 y 1.5 mM, respectivamente. Estos hallazgos indican que elevados niveles circulantes de AGNE inhiben la gluconeogénesis hepática, y con ello promueven el BEN.

## Lipoproteínas de muy baja densidad

Los elevados niveles de AGNE que llegan al hígado provocan una infiltración de grasa y la re-síntesis de triacilglicérols que se almacenan en el citosol (Ospina *et al.*, 2010). Respecto a esta situación metabólica, Oikawa *et al.* (2010) reportan que el hígado de los rumiantes, en comparación con los no rumiantes, es deficitario en las enzimas lipoproteína lipasa y lipasa hepática, por lo que como se observa en la figura 4, los triacilglicérols re-sintetizados y almacenados en el citosol deben ser hidrolizados a nivel de diacilglicérols, y transferidos hacia un pequeño banco de reservas secretorio dentro de los microsomas o peroxisomas (Sparks y Sparks, 2010).

Figura 4. Metabolismo de los ácidos grasos



Fuente: Elaboración propia a partir de Firkins *et al.*, 2006; Navarro *et al.*, 2009 y Nielsen y Karpe, 2012.

Una vez ahí, los diacilgliceroles son nuevamente metabolizados a triacilgliceroles para ser unidos a LMBD (Therond, 2009), cuya síntesis y secreción, de acuerdo a Nielsen y Karpe (2012), requiere de 50 a 55% triacilgliceroles, 18 a 20% fosfolípidos, 12 a 15% colesterol esterificado con un ácido graso, y 8 a 10% colesterol libre. Estos lípidos deben ser agregados para su enlace a la apolipoproteína B-100, lo que ocurre gracias a la presencia de una proteína de transferencia microsomal de triacilgliceroles (MTP) (Navarro *et al.*, 2009).

El colesterol libre y los fosfolípidos se localizan en exterior hidrofílico; por lo tanto interactúan con el entorno acuoso (Sparks y Sparks, 2010); en el interior se alojan las sustancias hidrofóbicas como el colesterol esterificado a un ácido graso y los triacilgliceroles (Therond, 2009). La apolipoproteína B-100 es necesaria para la estabilización de la molécula en forma de agregado esférico, de manera que cualquier interferencia en su elaboración, por ejemplo, la declinación de los niveles séricos de la S-adenosilmetionina y de la colina, precursores de la síntesis de fosfatidilcolina tienen un efecto depresor sobre la formación de LMBD y la consecuente reducción en la exportación de triacilgliceroles desde el hígado (Mason, 1998 y Bernabucci *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES

Con base en la bibliografía revisada, se concluye que las adaptaciones del sistema digestivo en la vaca lechera limitan la absorción intestinal de glucosa, por lo cual el proceso de gluconeogénesis hepática es de vital importancia en el aporte energético de los rumiantes, principalmente al momento de la producción láctea. Factores como la oxidación y  $\beta$ -oxidación de lípidos y la formación y uso de cuerpos cetónicos deberán considerarse como componentes esenciales en los intentos por disminuir el balance energético negativo, mediante la manipulación nutricional, ya sea incrementando la densidad energética de la ración o por el suministro de precursores glucogénicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adina, A. *et al.*, 2012, "Regulation of the structure and activity of pyruvate carboxylase by acetyl CoA", en *Arch Biochem Biophys* 519(2): 118-130.
- Al, B. *et al.* 2010, "Expression and activity of key hepatic gluconeogenesis enzymes in response to increasing intravenous infusions of glucose in dairy cows", en *J Anim Sci* 88(9): 2998-3008.
- Aschenbach, R. *et al.*, 2010, "Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough", en *IUBMB Life* 62(12): 869-877.
- Banos, G. *et al.*, 2005, "Modeling daily energy balance of dairy cows in the first three lactations", en *J Dairy Sci* 88(6): 2226-2237.
- Bartlett, K. y S. Eaton, 2004, "Mitochondrial beta-oxidation", en *Eur J Biochem* 271(3): 462-469.
- Bauman, E. *et al.*, 2006, "Major advances associated with the biosynthesis of milk", en *J Dairy Sci* 89(4): 1235-1243.
- Bernabucci, U. *et al.*, 2004, "Abundance of mRNA of apolipoprotein b100, apolipoprotein e, and microsomal triglyceride transfer protein in liver from periparturient dairy cows", en *J Dairy Sci* 87(9): 2881-2888.
- Bobe, G. *et al.*, 2004, "Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows", en *J Dairy Sci* 87(10): 3105-3124.
- Bonnefont, P. *et al.*, 2004, "Carnitine palmitoyltransferases 1 and 2: biochemical, molecular and medical aspects", en *Mol Aspects Med* 25(5-6): 495-520.
- Brosnan, T., 1999, "Comments on metabolic needs for glucose and the role of gluconeogenesis", en *Eur J Clin Nutr* 53 Suppl 1: S107-111.
- Buttchereit, N. *et al.*, 2010, "Evaluation of five lactation curve models fitted for fat: protein ratio of milk and daily energy balance", en *J Dairy Sci* 93(4): 1702-1712.

- Doepel, L. *et al.*, 2009, "Differences in splanchnic metabolism between late gestation and early lactation dairy cows", en *J Dairy Sci* 92(7): 3233-3243.
- Dorland, A. van *et al.*, 2009, "Variation in hepatic regulation of metabolism during the dry period and in early lactation in dairy cows", en *J Dairy Sci* 92(5): 1924-1940.
- Duffield, F. *et al.*, 2009, "Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production", en *J Dairy Sci* 92(2): 571-580.
- Firkins, L. *et al.*, 2006, "Integration of ruminal metabolism in dairy cattle", en *J Dairy Sci* 89 Suppl 1: E31-51.
- Firkins, L. *et al.*, 2007, "Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy", en *J Dairy Sci* 90 Suppl 1: E1-16.
- Goff, P., 2006, "Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health", en *J Dairy Sci* 89(4): 1292-1301.
- Harris, A. *et al.*, 2011, "DGAT enzymes are required for triacylglycerol synthesis and lipid droplets in adipocytes", en *J Lipid Res* 52(4): 657-667.
- Houten, M. y R. Wanders, 2010, "A general introduction to the biochemistry of mitochondrial fatty acid beta-oxidation", en *J Inherit Metab Dis* 33(5): 469-477.
- Hristov, N. *et al.*, 2005, "Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows", en *J Anim Sci* 83(2): 408-421.
- Kelton, F. *et al.*, 1998, "Recommendations for recording and calculating the incidence of selected clinical diseases of dairy cattle", en *J Dairy Sci* 81(9): 2502-2509.
- Kiens, B., 2006, "Skeletal muscle lipid metabolism in exercise and insulin resistance", en *Physiol Rev* 86(1): 205-243.
- Larsen, M. y N. Kristensen, 2009, "Effect of abomasal glucose infusion on splanchnic amino acid metabolism in periparturient dairy cows", en *J Dairy Sci* 92(7): 3306-3318.
- LeBlanc, J., 2010, "Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period", en *J Reprod Dev* 56 (Suppl): S29-35.

- Li, X. *et al.*, 2012, "Effects of non-esterified fatty acids on the gluconeogenesis in bovine hepatocytes", en *Mol Cell Biochem* 359(1-2): 385-388.
- Martín, O. y D. Sauvant, 2007, "Dynamic model of the lactating dairy cow metabolism", en *Animal* 1(8): 1143-1166.
- Martín, C., 2005, "El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche", en *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 39(Especial): 427-438.
- Mason, M., 1998, "The role of factors that regulate the synthesis and secretion of very-low-density lipoprotein by hepatocytes", en *Critical reviews in clinical laboratory sciences* 35(6): 461-487.
- Mulligan, F. *et al.*, 2006, "Production diseases of the transition cow: body condition score and energy balance", en *J Irish Veterinary* 59(9): 505-510.
- Nafikov, A. y D. Beitz, 2007, "Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals", en *J Nutr* 137(3): 702-705.
- Navarro, V. *et al.*, 2009, "Cholesterol metabolism: updated databases", en *Rev Española de Obesidad* 7(6): 360-384.
- Nielsen, S. y F. Karpe, 2012, "Determinants of VLDL-triglycerides production", en *Current opinion in lipidology* 23(4): 321-326.
- Oikawa, S. *et al.*, 2010, "Changes of very low-density lipoprotein concentration in hepatic blood from cows with fasting-induced hepatic lipodosis", en *Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire* 74(4): 317-320.
- Ospina, A. *et al.*, 2010, "Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level", en *J Dairy Sci* 93(8): 3595-3601.
- Pershing, A. *et al.*, 2002, "Short communication: Hepatic gene expression for gluconeogenic enzymes in lactating dairy cows treated with bovine somatotropin", en *J Dairy Sci* 85(3): 504-506.
- Reddy, G. *et al.*, 2008, "Amyolytic bacterial lactic acid fermentation - a review", en *Biotechnol Adv* 26(1): 22-34.
- Rotger, A. *et al.*, 2005, "Changes in ruminal fermentation and protein degradation in growing Holstein heifers from 80 to 250 kg fed high-

- concentrate diets with different forage-to-concentrate ratios”, en *J Anim Sci* 83(7): 1616-1624.
- Sánchez, B., 2006, “Signaling pathways involved in the regulation of lipolysis in adipocytes”, en *REB* 25(3): 80-84.
- Sniffen, J. *et al.*, 1992, “A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability”, en *J Anim Sci* 70(11): 3562-3577.
- Sparks, E. y J. Sparks, 2010, “Lipid metabolism: insights into the complexity of VLDL metabolic pathways”, en *Current opinion in lipidology* 21(3): 280-281.
- Sutton, D. *et al.*, 2003, “Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets”, en *J Dairy Sci* 86(11): 3620-3633.
- Taylor, C. y M. Allen, 2005, “Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows”, en *J Dairy Sci* 88(4): 1413-1424.
- Therond, P., 2009, “Catabolism of lipoproteins and metabolic syndrome”, en *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 12(4): 366-371.
- Voelker, A. y M. Allen, 2003, “Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 2. Effects on digestion and ruminal digestion kinetics in lactating dairy cows”, en *J Dairy Sci* 86(11): 3553-3561.
- Woerle, J. *et al.*, 2003, “Pathways for glucose disposal after meal ingestion in humans”, en *Am J Physiol Endocrinol Metab* 284(4): E716-725.
- Xu, C. *et al.*, 2010, “Decreased complete oxidation capacity of fatty acid in the liver of ketotic cows”, en *Asian-Australasian J Anim* 23(3): 312-317.
- Young, W., 1977, “Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology”, en *J Dairy Sci* 60(1): 1-15.
- Zhao, Q. y A. Keating, 2007, “Expression and regulation of glucose transporters in the bovine mammary gland”, en *J Dairy Sci* 90 (Suppl 1): E76-86.



# Los Sistemas Acuícolas de Recirculación: ¿una alternativa para el cultivo sustentable de peces ornamentales en el Estado de Morelos?

Omar Domínguez Castanedo<sup>1</sup>

**Resumen.** *Se analiza la viabilidad de la implementación de los Sistemas Acuícolas de Recirculación en la acuicultura ornamental del estado de Morelos. El estado de Morelos es considerado el principal productor de peces ornamentales en nuestro país, no obstante, opera bajo circunstancias poco sostenibles; generando problemáticas biológicas, ecológicas y socioeconómicas (uso irracional del agua, descontrol en las condiciones del cultivo, mala calidad en los peces, etc.), las cuales limitan su crecimiento. Una alternativa que permite solucionar algunas de estas problemáticas es el uso de los sistemas intensivos, ya que permiten un manejo racional del agua y mantienen la producción aislada del medio natural, entre otros beneficios. Sin embargo, por sí solos estos sistemas no representan una alternativa viable para lograr que el proceso acuícola de peces ornamentales del estado de Morelos sea sustentable, asumiendo hasta la actualidad un impacto en la mejora del proceso productivo solo de tipo potencial por las desventajas que también poseen.*

**Palabras clave:** *Sistemas Acuícolas de Recirculación, sustentabilidad, acuicultura, peces ornamentales, estado de Morelos.*

<sup>1</sup> Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, e-mail: odominguez@correo.xoc.uam.mx.

**Abstract.** *The viability of implementation of the recirculating aquaculture systems was analyzed in the ornamental fish culture of the State of Morelos, México. The State of Morelos is considered the main ornamental fish producer in our country, however, it operates under unsustainable conditions, generating biological, ecological and socio-economic problems (inadequate use of water, lack of control in breeding conditions, poor fish quality, etc.), which limit their growth. A solving alternative to some of these problems is the intensive culture systems, which allows efficient water management and maintains production isolated from the environment, among other benefits. However, these systems do not represent a viable alternative to sustainable of the State of Morelos ornamental fish aquaculture process by themselves, assuming to date just a potential impact type.*

**Key words:** *Recirculating Aquaculture Systems, sustainability, aquaculture, ornamental fish, Morelos State.*

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura de peces ornamentales, a pesar de no producir artículos de primera necesidad como lo es el alimento, es una actividad que crece cada vez más rápido. Su importancia radica en el gran número de personas (hasta hoy desconocido) que han encontrado en esta actividad un modo de vida ante la imperante situación actual de crisis económicas y desempleo (Martínez *et al.*, 2004; Mancera-Rodríguez y Álvarez-León, 2008; Ramírez *et al.*, 2010).

En el estado de Morelos, principal entidad productora de peces ornamentales, esta actividad aportó en el año 2000, 14 millones de pesos. Para el 2002 se generaron 26 millones de pesos (con la venta de 16.5 millones de peces de 35 especies) (Conapesca, 2005). Para el 2010, el aporte de esta actividad fue de \$25 900 000. Todas estas cifras se encuentran muy por debajo de las reales, pues se sabe que un gran porcentaje de productores trabaja de manera informal, por lo que no son

tomados en cuenta en las estadísticas oficiales (Martínez *et al.*, 2010a; Ramírez *et al.*, 2010).

No obstante su creciente importancia, la acuicultura se desarrolla de manera poco sustentable, ocasionando alteraciones ambientales como: uso desmedido del agua, eutrofización, introducción de compuestos químicos y organismos en los cuerpos de agua naturales, lo cual conlleva a un cambio, en ocasiones irreversible, de los hábitats aledaños a las unidades de producción (Naylor *et al.*, 2000; Challenger, 1998). Dado que esta actividad es una fuente de autoempleo para miles de personas ante las crisis económicas (Martínez *et al.*, 2004), se vuelve prioritario la aplicación de tecnologías con base en el paradigma actual de la acuicultura: incrementar la capacidad productiva de las unidades ( $\text{kg L}^{-1} \text{año}^{-1}$ ), reduciendo el volumen y el espacio ( $\text{kg/m}^2$ ) en un esquema de contención y reutilización de los desechos, con el fin de perpetuar esta actividad productiva bajo un marco amigable con el ambiente (Arredondo *et al.*, 1996; Piedrahita, 2003).

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la viabilidad de la implementación de los sistemas acuícolas de recirculación en la producción de peces ornamentales en el estado de Morelos, como una alternativa hacia la piscicultura ornamental de este estado.

## **Problemática del sector acuícola ornamental**

Pese a la importancia económica de la acuicultura ornamental en nuestro país, a lo largo del proceso de cultivo, existen múltiples problemáticas derivadas por una parte de la escasa o nula capacitación de los productores, y por otra, por la inexistente transferencia tecnológica al sector. En la actualidad trabajan de manera empírica, lo cual incrementa las probabilidades de fracaso en sus estrategias productivas. A estas deficiencias se suma la apatía gubernamental para impulsar de manera integral esta actividad, lo que resulta en un impacto negativo, tanto en la problemática

ambiental como en la economía de los productores (Martínez *et al.*, 2007). Todo lo expuesto previamente, limita las posibilidades de competir con el mercado internacional –ya que 80% de los peces disponibles en el mercado nacional son importados– (Martínez *et al.*, 2010a); de esta manera se desplaza cada vez más la producción mexicana de peces ornamentales, descapitalizando las unidades productivas.

En el estado de Morelos, la acuicultura se lleva a cabo, en la gran mayoría de las unidades, de manera tradicional (en estanquería rústica o semi-rústica y a cielo abierto) (Martínez *et al.*, 2010a; Ramírez *et al.*, 2010). Esta práctica genera tres problemáticas:

- 1) Impacto ambiental, especialmente por el uso irracional del agua. Se calcula que para producir 1 g de biomasa se utilizan mínimo 4 litros de agua, pues en estas condiciones se realizan recambios indiscriminados del líquido, vertiendo en los alrededores de las instalaciones compuestos químicos, antibióticos, hormonas y materia orgánica (heces fecales y peces muertos) (Naylor *et al.*, 2000; Piedrahita, 2003). Estos desechos contribuyen a la eutrofización de cuerpos de agua naturales (Boyd, 1982; Piedrahita, 1991; Pillay, 1992). Además la introducción en los cuerpos de agua naturales de especies exóticas, provenientes de las granjas, pone en peligro la sobrevivencia de las especies endémicas (Zambrano *et al.*, 2010).
- 2) Descontrol en las condiciones de cultivo. Debido a las características de la estanquería, es decir, gran superficie y volumen que no cuenta con sistemas de filtrado ni aireación y tampoco con el registro de los organismos contenidos en los estanques o con protocolos de alimentación, el resultado es el deterioro de la calidad del agua. Por otro lado, los peces son depredados por fauna silvestre (principalmente aves), ocasionando pérdidas cuantificables (Martínez *et al.*, 2010b; Ramírez *et al.*, 2010).
- 3) Calidad de los peces. Los peces ornamentales, considerados “joyas vivientes”, basan su valor comercial en sus bellas características

físicas (color, tamaño, forma de cuerpo y de aletas), algunas de ellas comprometidas por la inexistencia de un control genético, ya que los peces se reproducen libremente sin restricción parental en los estanques (Bassleer, 1994).

Los puntos anteriores muestran que las problemáticas pertenecen a diversos rubros (ecológico, biológico y socioeconómico) que están interrelacionados entre sí; por lo que la generación de alternativas con un enfoque sustentable podría beneficiar a todas las partes involucradas.

## Acuicultura sustentable

A lo largo de los años, se han generado diversos enfoques en torno al concepto de sustentabilidad, sin cambiar el trasfondo de esta tendencia, desde sus orígenes. De manera general, la sustentabilidad maneja la utilización de los recursos naturales (cualquiera que estos sean), en función de su preservación para el beneficio de las siguientes generaciones, con una visión integral, es decir, obteniendo el mayor crecimiento socioeconómico con el menor impacto ecológico, ambiental, social y cultural (Thia-Eng, 1997; Singh-Renton, 2002). En dicho enfoque se encuentra implícito un cambio social, en el que se requiere de la participación activa de la sociedad y de voluntad política basada en las necesidades humanas básicas, sin anteponer los intereses económicos a los biológicos (Murillo, 1997).

Existen diversas visiones de acuicultura sustentable, sin embargo, todas ellas comparten ciertos puntos para lograr que el proceso acuícola perdure en el tiempo sin ocasionar daños sociales y/o ambientales. En primera instancia, será necesario dejar de obtener peces de cuerpos naturales para criarlos en granjas (Naylor *et al.*, 2000), protegiendo así a las poblaciones naturales. También se vuelve imperativo suspender el uso de productos químicos para curar o mejorar a los peces producidos, fomentando la producción orgánica de peces (Brister y Kapuscinski, 2000).

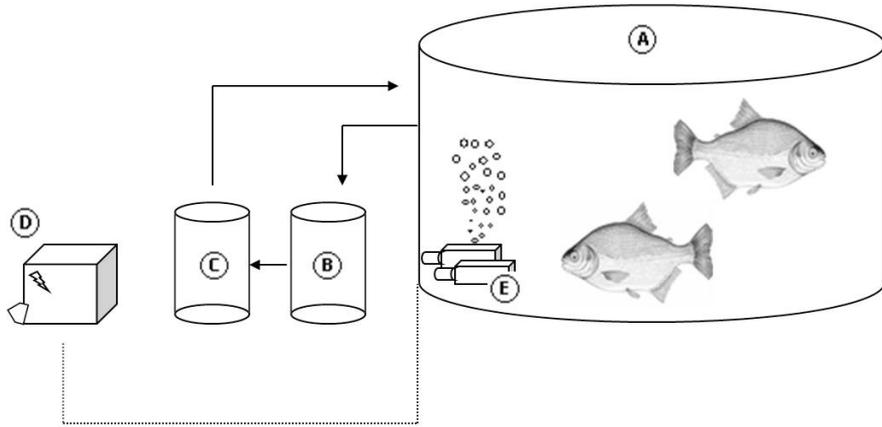
Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante el empleo de probióticos en lugar de antibióticos (Gatesoupe, 1999). Otro punto importante es la implementación de policultivos, maximizando los recursos limitados como el agua en la obtención de varios productos comerciales (Neori *et al.*, 2000). También se vuelve muy deseable operar las unidades productivas con energía proveniente de generadores alternativos a los combustibles fósiles como la energía solar o eólica, y finalmente, crear mecanismos que impidan la colonización de especies exóticas, evitando la competencia con las especies nativas (White *et al.*, 2004). La implementación de estas alternativas optimizaría el uso de los recursos maximizando las ganancias; con la subsecuente rentabilidad de las unidades sin ocasionar impacto ambiental. Con base en las anteriores consideraciones, una innovación tecnológica compatible con la tendencia actual de la acuicultura sustentable es el uso de los Sistemas Acuícolas de Recirculación (SAR), considerados una tecnología limpia y ambientalmente adecuada (Arredondo *et al.*, 1996).

## Los Sistemas Acuícolas de Recirculación

Los SAR son sistemas de producción (crecimiento o engorda) intensiva, desarrollados a lo largo de los últimos 30 años, donde se mantiene el mismo volumen de agua en constante circulación para metabolizar los desechos a través de sistemas de filtración, lo que les da la característica de ser sistemas semicerrados, ya que no poseen interacciones significativas con el ambiente (Losordo *et al.*, 1998; Piedrahita, 2003; Timmons *et al.*, 2007). Las entradas del sistema son los peces, el alimento y agua de reposición por evaporación. Las salidas son las heces fecales y los peces muertos (en su caso). Los SAR tienen una capacidad de carga máxima ( $\text{kg L}^{-1}$ ) dada por las características de sus componentes (Piedrahita, 2003). Existen diversos diseños de SAR, principalmente horizontales (figura 1) y en menor medida verticales (figura 2).

Los componentes básicos (conectados entre sí por el sistema hidráulico) se describen a continuación (Chen *et al.*, 1993; Losordo, 1997; Lazur y Deborah, 1997; Losordo *et al.*, 1998; Losordo, 1998; Masser *et al.*, 1999; Summerfelt, 1999; Vinatea, 2002; Piedrahita, 2003; Cline, 2005; Hernández *et al.*, 2009):

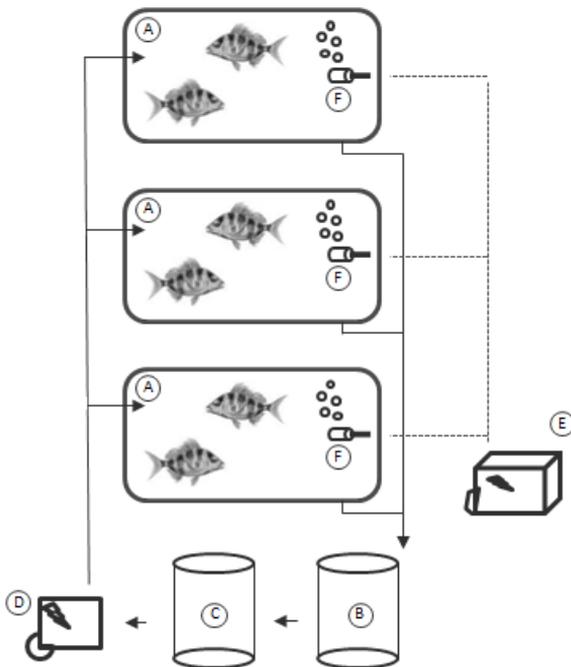
**Figura 1. Componentes básicos de un SAR horizontal: A) Estanque, B) Filtro mecánico, C) Filtro Biológico, D) Bomba de aire y E) Difusores de aire. Las flechas indican el flujo del agua entre los componentes del sistema (Original).**



a) Estanque. Pueden variar considerablemente en tamaño y forma, siendo los más recomendables los circulares, ya que se facilita la extracción de desechos; se promueve que los peces se mantengan en constante movimiento, lo cual conduce, por un lado, a una mejor asimilación del alimento, y por otro, disminuye la agresión entre ellos; b) Filtro mecánico. Su función es la remoción de los sólidos de mayor tamaño antes de que inicie su disolución y liberación en el agua; c) Filtro biológico. Su función es la de metabolizar las sustancias nitrogenadas tóxicas generadas por los peces. Tiene

soportes que son colonizados por bacterias nitrificantes que oxidan el  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_2$  para finalmente oxidarlo en  $\text{NO}_3$ ; d) Filtro químico. Su función es filtrar las partículas más pequeñas, así como eliminar el color y olor del agua; e) Aireadores o generadores de oxígeno. El oxígeno es el principal limitante de la capacidad de carga en los SAR, ya que es utilizado, tanto por los peces como por las bacterias nitrificantes. Los aireadores ingresan el oxígeno al sistema por intercambio atmosférico y en ocasiones, cuando se trabaja con altas densidades se requiere suministrar oxígeno líquido.

**Figura 2. Componentes básicos de un SAR vertical: A) Estanque, B) Filtro mecánico, C) Filtro Biológico, D) Bomba de agua, E) Bomba de aire, y F) Difusores de aire. Las flechas indican el flujo del agua entre los componentes del sistema (Original).**



## Los SAR como una alternativa sustentable de producción

Los SAR requieren, bajo condiciones controladas, menos del 90 y hasta el 99% del agua y del espacio que utilizan los sistemas de cultivo tradicionales, y sólo necesitan la reposición diaria de 2% del volumen total de agua en labores de limpieza y/o por evaporación (Timmons y Ebeling, 2007; Flimlin *et al.*, 2008), con lo que es factible la instalación de unidades productivas en sitios urbanos e independientes de las condiciones climáticas, lo cual permite producir a lo largo de todo el año (Timmons, 2005). En los SAR es posible mantener desde 9 g L<sup>-1</sup> y en algunos casos, con la implementación de sistemas de apoyo (como el oxígeno líquido), hasta 100 g L<sup>-1</sup> de biomasa, cantidad todavía más notable para el caso de los peces ornamentales, por su tamaño pequeño (< 5 g en promedio) (Ng *et al.*, 1992; Losordo, 1997; Eshchar *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2009).

Debido a su condición de sistemas semicerrados, es posible utilizar compuestos químicos como promotores de crecimiento y medicamentos; y lo más importante, es posible dar un tratamiento al agua antes de desecharla o incluso reutilizarla; siendo esto uno de los mayores retos a trabajar. Además, en estos sistemas se impide la fuga de organismos, evitando que colonicen cuerpos de agua aledaños (Timmons y Ebeling, 2007).

Por lo tanto, en los SAR la tasa de crecimiento de los peces es mayor que en los sistemas tradicionales debido a la mejora en las condiciones de calidad de agua, disponibilidad de alimento y la reducción de pérdidas energéticas durante la búsqueda de este último (Lasur y Britt, 1997; Schuster y Stelz, 1998).

Por otro lado, los SAR permiten conocer el número exacto, proporción sexual y estadio de desarrollo de los peces, con lo que se calcula la biomasa exacta a lo largo del ciclo productivo permitiendo racionar el alimento y evitar que se reproduzcan de manera descontrolada, evitando la pérdida de potencial genético. Además, se facilita la detección oportuna de signos de enfermedad (Timmons y Losordo, 1994).

Adicionalmente, los SAR son compatibles con tecnologías amigables con el ambiente. Es posible implementar el cultivo de vegetales comestibles u ornamentales utilizando el agua que contienen los compuestos generados por los peces y que son necesarios para el desarrollo de las plantas ( $\text{NO}_3$ , principalmente). La estrategia es implementar una plataforma como una etapa de filtrado biológico final (Rakocy *et al.*, 1996). Por otro lado, en los SAR se puede utilizar agua de lluvia y energía generada en paneles solares o hélices eólicas (White *et al.*, 2004).

Finalmente, en los últimos años, ha sido motivo de investigación el funcionamiento, mejora tecnológica y el manejo de la calidad de agua mediante el uso de los SAR (Hernández *et al.*, 2009). Han sido empleados principalmente en el cultivo de especies comestibles tales como *Rachycentron canadum* (Faulk y Holt, 2005); tilapia, *Oreochromis niloticus* (Losordo, 1997); bagre, *Ictalurus punctatus* (Miller y Libey, 1984); salmón, *Oncorhynchus mykiss* (Heinen *et al.*, 1996), entre otros. En peces ornamentales existe un número reducido y disperso de trabajos con las especies: carpa dorada, *Carassius auratus*; ciclido azul, *Pseudotropheus* spp; pez cola de espada, *Xiphophorus* spp, y barbos, *Barbus* spp. (Ng *et al.*, 1992); guppy, *Poecilia reticulata* (Kaiser *et al.*, 1998); carpa koi, *Cyprinus carpio* (Karakatsoul *et al.*, 2010); cíclido Oscar, *Astronotus ocellatus* (Martínez *et al.*, 2010c); y pacú, *Piaractus mesopotamicus* (Domínguez-Castanedo y Martínez-Espinosa, 2012).

En el estado de Morelos ya se cultivan comercialmente en SAR especies como el combatiente, *Betta splendens*; gourami azul, *Trichogaster trichopterus*; pez cebra, *Brachydanio rerio*; pacú, *Piaractus mesopotamicus*; tetra negro, *Gymnocorymbus ternetzi*; barbo tigre, *Puntius tetrazona*; pez cola de espada, *Xiphophorus helleri* y guppy, *Poecilia reticulata*; número aún reducido del total de especies cultivadas actualmente en el estado (observación personal). El cultivo se realiza con densidades muy por debajo de las propuestas por Losordo (1997) para el cultivo en SAR, mostrando buenos resultados, pero también, dejando al descubierto la necesidad de adecuar las características de dichos sistemas de cultivo intensivo con los requerimientos propios de los peces de ornato.

## Problemáticas asociadas a la implementación de los SAR

No obstante sus ventajas sobre los sistemas tradicionales de cultivo, los SAR se emplean sólo de forma parcial en las unidades de producción del estado de Morelos, la causa principal es el costo del equipo y de su operación. Los SAR son equipos más costosos que la estanquería rústica, requieren de materiales onerosos para su construcción y de servicios de apoyo para funcionar. Un elevado número de unidades de producción en el estado no cuentan con corriente eléctrica ni la posibilidad de obtenerla a corto plazo. Además, las granjas que sí cuentan con este recurso, ven en la instalación de los SAR una desventaja que les incrementa los costos de producción. Por otro lado, es deseable la adquisición de plantas de emergencia, pues con las densidades manejadas en los SAR, los peces mueren en pocos minutos por la falta de oxígeno y filtración proporcionados por la corriente eléctrica (Wheaton, 1991; Losordo y Westerman, 1994; Losordo *et al.*, 1998; Timmons y Ebeling, 2007; Jenner, 2010).

Los productores necesitan estar capacitados para instalar, utilizar y mantener estas unidades, así como para solucionar problemas de forma total y correcta en el uso de SAR (Masser *et al.*, 1999; Flimlin *et al.*, 2008). Muchos de ellos no cuentan con los recursos para capacitarse, mientras que en otros casos son engañados y defraudados debido a su ignorancia; se les prometen rendimientos extraordinarios, imposibles de alcanzar con la implementación de los SAR en las condiciones imperantes de los productores morelenses (Arturo Cárdenas, comunicación personal).

Adicionalmente, los productores de peces ornamentales del estado de Morelos son en un gran porcentaje campesinos que trabajan sus unidades semiintensivas empíricamente (Martínez *et al.*, 2004), con una intervención mínima en el proceso, en contraste con el uso de SAR, donde se necesita que el productor dedique más tiempo y trabajo (Masser *et al.*, 1999). En muchos casos, los acuicultores obtienen ganancias suficientes para sostener el estilo de vida que ellos conocen, y al no tener grandes expectativas de crecimiento se convierte en una opción poco atractiva dedicar mayores recursos, esfuerzo y tiempo a su producción.

Por otro lado, dado que los SAR permiten incrementar la biomasa de cultivo, también aumenta drásticamente el volumen de desechos; que de no contemplarse esta situación se genera una cantidad tal de remanentes que los ecosistemas no pueden metabolizar, generando así un impacto ambiental (Piedrahita, 2003).

Otra situación común es que los parámetros de calidad de agua fluctúen fuera de los rangos aceptables antes de que los peces lleguen a la talla comercial, en ocasiones, sin haber rebasado la capacidad de carga máxima, poniéndolos en peligro u obligando a cambiar el agua de los estanques antes de terminar el ciclo productivo (Domínguez-Castanedo y Martínez-Espinosa, 2012). Es por ello, crucial, conocer la capacidad de carga del sistema, así como contar con equipos para el monitoreo de los parámetros de calidad de agua de forma permanente.

Finalmente, los SAR (principalmente los modelos comerciales disponibles al alcance económico de los productores de Morelos) no permiten cultivar cualquier especie, ya que el diseño de sus componentes está dirigido para albergar peces grandes (destinados para consumo humano), dificultando o imposibilitando (de no realizar modificaciones) su uso con especies pequeñas, principal característica de la mayor parte del catálogo de peces ornamentales cultivados en el estado de Morelos (Martínez *et al.*, 2009).

Éstas son las principales razones por las que los SAR no se han introducido de forma generalizada en las unidades productivas en el estado de Morelos; problemas difíciles de solucionar, pues existen múltiples factores asociados a esta problemática (Martínez *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2010a; Ramírez *et al.*, 2010):

- a) La producción estatal no posee diversidad en la oferta de especies, lo que provoca que los productores compitan entre sí por el mercado.
- b) Los bajos precios en los peces producidos.
- c) La poca rentabilidad actual de la actividad.

- d) La existencia de grupos de productores que persiguen intereses diferentes.
- e) La concentración de la producción en pocas unidades productivas.
- f) El nulo ordenamiento del sector fomentado por el gobierno y la presencia de grupos que estafan a los productores.

## CONCLUSIONES

El sector acuícola de peces ornamentales tiene un camino difícil para lograr que su proceso sea sustentable, ya que los SAR sólo contribuyen en una pequeña parte en su mejoría. Dadas las condiciones actuales en las que operan las granjas, no se cuenta con los recursos suficientes para la adquisición y puesta en marcha de estos sistemas, mientras que las pocas granjas que sí cuentan con los recursos, se encuentran con problemas de falta de energía eléctrica, capacitación o la competencia por la poca oferta, ocasionando la caída en los precios de los peces. Por lo que, la sola implementación (con todo lo que esto significa) de los SAR no genera un impacto determinante en el camino hacia la acuicultura sustentable en el estado de Morelos, tan solo se continúa hablando de impactos potenciales, ya que a pesar de la gran promesa que representan para los productores, se debe primero alcanzar a comprender lo complejo que resulta cambiar un sistema productivo tradicional, para después crear las condiciones económicas y sociales necesarias para la correcta implementación de esta tecnología. Además, es cardinal que exista interés legítimo y permanente en la participación y regulación gubernamental, para solventar las necesidades de adquisición y capacitación de una de las actividades más productivas y representativas del estado. Asimismo, es necesario aumentar el grado de intervención y presencia de las universidades, primero, en la generación de conocimiento científico multidisciplinario congruente a las necesidades imperantes, para después extenderlo a los productores en soluciones integrales como el diseño y construcción de

SAR a costos accesibles y acordes a sus necesidades, además de la impartición de cursos de capacitación, permitiendo su capitalización y, por consiguiente, la perpetuidad de esta actividad a través del tiempo, pero no a costa de los ecosistemas.

## AGRADECIMIENTOS

Dedicado a la memoria de Dolores Duk Lahut (†). Agradezco a Liliana García Calva, Bruno A. Marichal Cancino y Miguel A. Mosqueda Cabrera por sus consejos para mejorar este manuscrito. A Francisco Juárez Salas por la elaboración del abstract y a Luis Arturo García Hernández por su apoyo y motivación para la publicación del presente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo, L. *et al.*, 1996, "Descripción, operación y resultados de un sistema de recirculación cerrado para acuicultura", en *Contactos México* 18: 33-38.
- Bassleer, G., 1994, "The international trade in aquarium ornamental fish", en *Infofish International* 5:15-17.
- Boyd, E., 1982, *Water Quality Management for Pound Fish Culture*, Elsevier, Amsterdam.
- Brister, J. y A. Kapuscinski., 2000, *Organic Aquaculture: A new wave of the future*, The Institute for Social, Economic and Ecological Sustainability, University of Minnesota, Minnesota.
- Challenger, A., 1998, *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología-UNAM, Agrupación Sierra Madre S. C., México.
- Chen, S. *et al.*, 1993, "Production, characteristics and modeling of aquaculture sludge from a recirculating aquaculture system using a

- granular media biofilter”, en Wang, K. (comp.), *Techniques for modern aquaculture*, St. Joseph, MI, American Soc. of Agr. Eng.
- Cline, D., 2005, Constructing a simple and inexpensive recirculating aquaculture system (RAS) for classroom use, SRAC Publication No. 4501, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca), 2005, *Anuario 2005*, en <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>, consultado el 22/09/2011.
- Domínguez, O. y D. Martínez, 2012, “Desempeño de los Sistemas Acuícolas de Recirculación en el cultivo intensivo del Pacú *Piaractus mesopotamicus* (Pisces: Characidae)”, en *Revista Biología Tropical* 60(1): 381-391.
- Eshchar, M. et al., 2006, “Intensive fish culture at high ammonium and low pH”, en *Aquaculture* 255: 301-313.
- Faulk, C. y G. Holt, 2005, “Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating aquaculture systems: Live prey enrichment and greenwater culture”, en *Aquaculture* 249(1-4): 231-243.
- Flimlin, G. et al., 2008, *Aquaculture systems for the Northeast*, NRAC Publication No. 104, The Northeastern Regional Aquaculture Center, University of Maryland, College Park, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Gatesoupe, F., 1999, “The use of probiotics in aquaculture”, en *Aquaculture* 180(1-2): 147-165.
- Heinen, J. et al., 1996, “A Semiclosed Recirculating-Water System for High-Density Culture of Rainbow Trout”, en *The Progressive Fish-Culturist* 58(1):11-22.
- Hernández, C. et al., 2009, “Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la región norte, noreste y noroeste de México”, en *Revista Mexicana de Agronegocios* 25(8): 117-130.

- Jenner, A., 2010, "Los sistemas de recirculación en acuicultura: ¿el futuro de la piscicultura?", en *Revista Panorama Acuícola* 15(3):32-34.
- Kaiser, H. *et al.*, 1998, "Water quality fluctuations in a closed recirculating system for the intensive culture of the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters)", en *Aquaculture research* 29(8): 611-615.
- Karakatsouli, N. *et al.*, 2010, "Effects of light spectrum, rearing density and light intensity on growth performance of scaled and mirror common carp *Cyprinus carpio* reared under recirculating system conditions", en *Aquaculture Engineering* 42(7): 124-127.
- Lasur, A. y C. Britt, 1997, *Pond recirculating production systems*, SRAC Publication No. 455, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Lazur, A. y C. Deborah, 1997, *Pond Recirculating Production Systems*, SRAC Publication No. 455, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Losordo, M. y P. Westerman, 1994, "An Analysis of biological, economic, and engineering factors affecting the cost of fish production in recirculating aquaculture systems", en *Journal of the world aquaculture systems* 25(2): 193-203 .
- Losordo, M., 1997, "Tilapia culture in intensive recirculating systems", en Costa, B. y J. Rokocy, (comp.), *Tilapia Aquaculture in the Americas*, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Los Angeles.
- Losordo, M. *et al.*, 1998, *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. An Overview of Critical Considerations*, SRAC Publication No. 451, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Mancera, J. y R. Álvarez, 2008, "Comercio de peces ornamentales en Colombia", en *Acta Bilógica Colombiana* 13(1): 23-52.

- Martínez, D. *et al.*, 2004, "Análisis retrospectivo de la piscicultura de ornato en el estado de Morelos", en *Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 5(8): 69-75.
- Martínez, D. *et al.*, 2007, *Análisis comparativo de dos estrategias de producción acuícola en unidades ejidales del estado de Morelos*, Serie Académicos, CBS, núm. 77, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Martínez, D. *et al.*, 2009, *Plan Rector para la piscicultura de ornato del Estado de Morelos*, Sagarpa, Documento de circulación interna, restringida por convenio.
- Martínez, D. *et al.*, 2010a, "Estructura de la producción de la piscicultura de ornato del estado de Morelos y su relación con la diversidad de la oferta", en *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 10(20): 15-36.
- Martínez, D. *et al.*, 2010b, Depredación de peces de ornato por aves silvestres en una granja productora en Morelos, México, XII Congreso Nacional de Ictiología, Nayarit, Méx. 26-29 octubre 2010, Sociedad Ictiológica Mexicana.
- Martínez, D. *et al.*, 2010c, Evaluación del crecimiento de *Astronotus ocellatus* con suplemento de probióticos en sistemas acuícolas de recirculación verticales, XII Congreso Nacional de Ictiología, Nayarit, Méx. 26-29 octubre 2010, Sociedad Ictiológica Mexicana.
- Masser, P. *et al.*, 1999, *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Management of Recirculating Systems*, SRAC Publication No. 452, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Miller, E. y G. Libey, 1984, "Evaluation of a trickling biofilter in a recirculating aquaculture system containing channel catfish", en *Aquaculture* 3(1): 39-57.
- Murillo, C., 1997, *Desarrollo Sostenible: el gran reto para el próximo milenio*. El concepto de desarrollo sostenible; dimensiones economi-

- ca, social y ambiental, Curso organizado por el proyecto de apoyo al sistema para el desarrollo sostenible, Banco Interamericano de Desarrollo, San José Costa Rica, BID, citado por Brunett, P. L. *et al.*, 2006, "La agroecología como paradigma para el diseño de la agricultura sustentable y metodologías para su evaluación", en *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 6(12): 83-109.
- Naylor, L. *et al.*, 2000, "Effect of aquaculture on world fish supplies", en *Nature* 405(29): 1017-1024.
- Neori, A. *et al.*, 2000, "A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone", en *Aquaculture* 186(3-4): 279-291.
- Ng, J. *et al.*, 1992, "Water quality within a recirculating system for tropical ornamental fish culture", en *Aquaculture* 103(2): 123-134.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2010, *Estado Actual de la Pesca y la Acuicultura*, Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma.
- Piedrahita, H., 1991, "Modeling water quality in aquaculture systems", en Brune, E. y J. Tomasso (comps.), *Aquaculture and Water Quality*, Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society.
- Piedrahita, H., 2003, "Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation", en *Aquaculture* 226: 35-44.
- Pillay, R., 1992, *Aquaculture and the Environment*, Wiley, New York.
- Rakocy, J. *et al.*, 1996, *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture*, SRAC núm. 454, Southern Regional Aquaculture Center, The United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education and Extension Service, EUA.
- Ramírez, C. *et al.*, 2010, *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México*. Libros Universitarios, Universidad Autónoma de Nuevo León e Instituto Nacional de Pesca, México.

- Schuster, C. y H. Stelz, 1998, "Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems", en *Aquaculture Engineering* 17: 167-174.
- Singh, S., 2002, *Introduction to the Sustainable Development Concept in Fisheries*, FAO, Fisheries Report núm. 683, Supplement, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Summerfelt, T., 1999, "Waste-handling systems", en Wheaton, W. (comp.), *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Thia, Ch., 1997, "Sustainable aquaculture and integred coastal management", en Bardach, J. (comp.), *Sustainable aquaculture*, Library of Congress, EUA.
- Timmons, M. y T. Losordo, 1994, *Aquaculture water reuse systems: engineering design and management*, El Sevier, EUA.
- Timmons, M., 2005, "Competitive potential for USA urban aquaculture", en Costa, B. et al. (comp.), *Urban Aquaculture*, CABI Publishing, Cambridge, MA.
- Timmons, M. y J. Ebeling, 2007, *Recirculating Aquaculture*, NRAC Publication núm. 01-007, Nueva York.
- Vinatea, L., 2002, *Principios químicos de calidad del agua en acuicultura*, Manual, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México.
- Wheaton, F., 1991, Partial recycling system design, Proceedings of the world aquaculture society annual meeting, Puerto Rico, 16-20 junio, Puerto Rico, American Society of Agricultural Engineers.
- White, K. et al., 2004, *At a Crossroads: Will Aquaculture Fulfill the Promise of the Blue Revolution?*, The Seaweb Aquaculture Clearinghouse Report, en <http://www.aquacultureclearinghouse.org>, consultado el 14/12/2011.
- Zambrano, L. et al., 2010, "Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City", en *Biological Invasions* 12: 3061-3069.



# El agua en Chihuahua: Un presente que se bebe al futuro<sup>1</sup>

Víctor Manuel Quintana Silveyra<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

Aunque el verano de 2012 no fue tan seco como el de 2011 en Chihuahua, estuvo mucho más caliente y no porque los termómetros alcanzaran máximas históricas, sino porque desde el principio del verano astronómico y hasta casi el fin del mismo se generó un enérgico movimiento de productores agropecuarios de varios municipios del norte del estado en contra de las perforaciones y los aprovechamientos ilegales de aguas en la cuenca del río del Carmen.

<sup>1</sup> Este trabajo fue presentado por primera vez el 18 de octubre de 2012 como conferencia magisterial al inicio del XIII Congreso de Socioeconomía del Sector Pecuario, en la sede del Colegio de Posgraduados, en Cholula, Puebla. Ahí expusimos la campaña de linchamiento mediático y político emprendido contra El Barzón en Chihuahua y sus dirigentes. El sábado anterior, 13 de octubre, el líder barzonista Ismael Solorio fue agredido en su ejido, Benito Juárez, municipio de Buenaventura, por gente a sueldo de la mina El Cascabel que pretende establecerse en dicha comunidad a pesar de la oposición de la mayoría de los ejidatarios. Por desgracia la agresión no paró ahí: el lunes 22 de octubre, apenas cuatro días después de la presentación de este trabajo y de la denuncia de la campaña contra El Barzón, Ismael Solorio, luchador social defensor del agua, del medio ambiente, de las tierras comunes, fue asesinado junto a su esposa Manuela Martha Solís cerca de Ciudad Cuauhtémoc. A ellos dedico este ensayo.

<sup>2</sup> Dirigente de El Barzón, Edo. de Chihuahua.

Los productores son ejidatarios, colonos, pequeños propietarios, agrupados en sus organizaciones locales y en El Barzón. Proviene de los municipios de Riva Palacio, Namiquipa, Buenaventura y Ahumada. Se enfrentan a un grupo de acaudalados productores de religión menonita que han construido presones y bordos, han perforado pozos en la cuenca del Santa Clara-Del Carmen, reduciendo drásticamente el caudal a que los primeros tienen derecho, y abatiendo el nivel freático de los pozos.

La demanda fundamental del movimiento que se ha autodenominado “Defensores del agua del desierto chihuahuense” es que se ponga fin a los aprovechamientos y perforaciones ilegales, que se derriben las obras de retención y que la Comisión Nacional del Agua (Conagua) haga respetar la ley en este aspecto, así como que la Procuraduría Federal del Medio Ambiente (Profepa) no conceda permisos de cambio de uso de suelo para la apertura de nuevas tierras al cultivo; que la Sagarpa no otorgue a los productores que perforan o se aprovechan ilegalmente del agua ningún tipo de apoyo o subsidio, y que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) no les conecte la energía eléctrica. Y que el Gobierno del Estado vigile para que todas estas demandas se lleven a cabo, prestando, incluso, el auxilio de la Policía Estatal o de maquinaria pesada.

El movimiento ha llevado a cabo muy diversas acciones: tomas de oficinas públicas, de carreteras, de las vías del ferrocarril, acompañamiento de autoridades gubernamentales en el derribo de bordos y presones, y en la clausura de pozos. En algunos momentos ha estado al borde de la violencia física, pues la tradicionalmente pacífica comunidad menonita dice no estar dispuesta a que terminen con sus aprovechamientos. Estos acontecimientos han tenido una enorme resonancia en los medios locales, nacionales e incluso internacionales y se han desbordado los aspectos meramente productivos y económicos, pues se le han querido dar, en ocasiones, un carácter de enfrentamiento étnico entre mestizos y menonitas. Algunos medios han emprendido el linchamiento moral de los barzonistas y demás productores, acusándolos de atacar sin razón a la laboriosa comunidad menonita, de envidiar su productividad y su prosperidad.

Las mismas instituciones de gobierno han sido zarandeadas, sobre todo la Conagua, a la cual se le señala por su negligencia, su colusión con agricultores corruptos, su permisividad, su ineptitud para la adecuada administración del agua. Ésta se ha enfrascado en una esgrima mediática con el Gobierno del Estado, responsabilizándose mutuamente de haber producido esta explosiva situación.

Lo cierto es que este conflicto ha ido involucrando no sólo a los actores rurales y gubernamentales; sino ha penetrado en los medios, en la opinión pública, con una intensidad y polarización poco vistas.

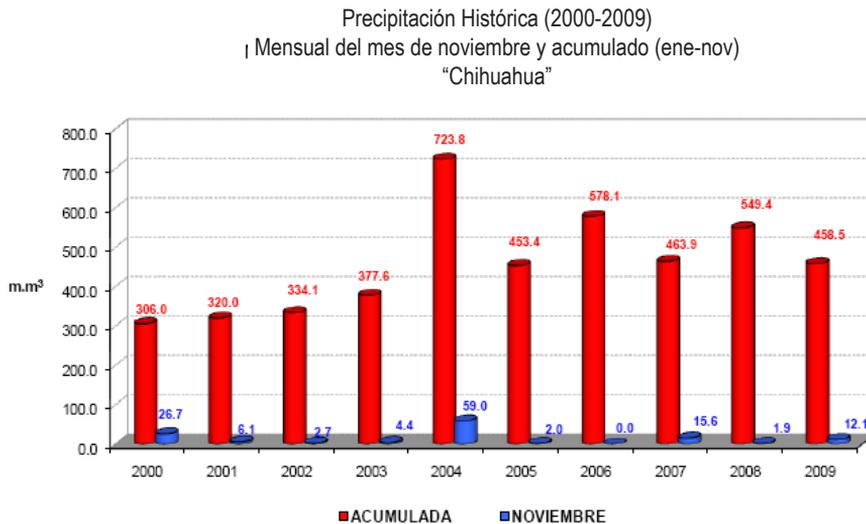
Ante estos hechos, las preguntas brotan a borbotones: ¿esta disputa por el agua en el norte de Chihuahua es un caso aislado? ¿hasta qué punto es indicador de los conflictos que se van a estar generando de ahora en adelante en el contexto del cambio climático y la agricultura “extractivista”? ¿qué fue lo que condujo que se llegará a este nivel de enfrentamiento? ¿cuáles son las raíces sociales de este conflicto? ¿qué nos revelan para el futuro inmediato? Eso vamos a explicar a continuación:

## **Chihuahua: un estado desértico que, sin embargo, exporta agua**

Chihuahua es un estado que cuenta con 244 mil km<sup>2</sup>, es decir, 24.4 millones de ha. Su vasta geografía se divide en tres regiones naturales: el desierto, los llanos y la sierra, que a su vez tiene su parte alta y la zona de barrancas semitropicales.

La ubicación de Chihuahua, en la latitud de los grandes desiertos del planeta, determina las escasas precipitaciones pluviales a lo largo de todo el año. En la década 2000-2009 la precipitación promedio enero-noviembre fue de 456.4 mm<sup>3</sup>, como lo muestra la gráfica 1.

### Gráfica 1. Precipitación histórica 2000-2009, mensual noviembre y acumulada



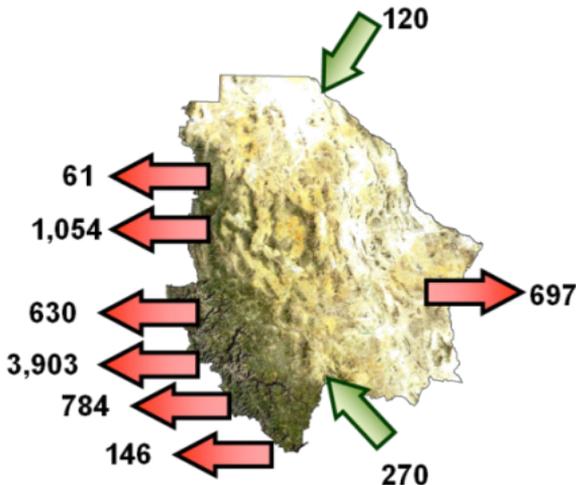
Fuente: Siap, con datos de Conagua.

Sin embargo, dicha precipitación tiende a bajar por los efectos del cambio climático. Así, desde el invierno de 2010-2011 y durante todo el siguiente año, las precipitaciones resultaron 38% por debajo del promedio, y alcanzaron un piso alrededor de los 270 mm<sup>3</sup> en los municipios donde hubo mayor precipitación.

Con todo y eso, el "balance hídrico", entendiendo por esto la diferencia entre las aguas superficiales que ingresan a Chihuahua de otras

entidades y de los Estados Unidos y las que salen del estado por los caudales de los diferentes ríos, es desfavorable a Chihuahua; pues mientras que por los ríos provenientes de la Unión Americana y el estado de Durango ingresan 120 y 270 millones de m<sup>3</sup>, respectivamente, salen del estado 7,477 millones de m<sup>3</sup> hacia Sonora y Sinaloa y hacia el río Bravo. (Secretaría de Desarrollo Rural, 2011). Parte de este caudal es el comprometido por el Tratado Internacional de Límites y Aguas de 1944, entre los gobiernos de México y los Estados Unidos, mediante el cual, México se compromete a entregar una determinada cantidad de agua al río Bravo a través del río Conchos para que los Estados Unidos dejen llegar el agua del río Colorado al Valle de Mexicali.

**Mapa 2. Caudales de aguas superficiales que ingresan y egresan del estado de Chihuahua**

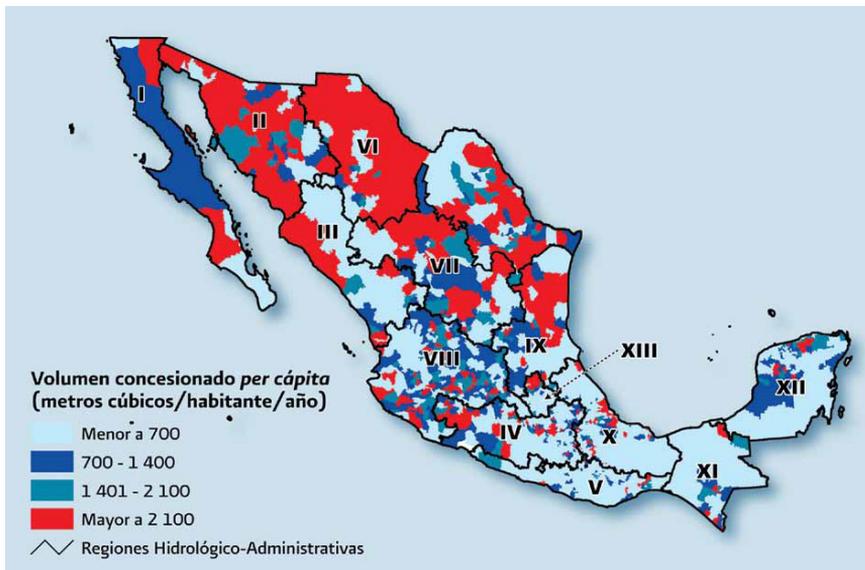


Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado con datos de Conagua.

## Usos y abusos del agua en Chihuahua

dada la ubicación de Chihuahua, así como su carácter de exportador neto de agua rumbo a otras entidades, es vital el empleo al máximo del recurso hídrico para la actividad productiva estatal. En 2009, de un uso consuntivo total anual de 5,151 hectómetros cúbicos, 4,590 (89.1%), uno de los mayores porcentajes en todo el país, se destinaron al uso agrícola; 476 al abastecimiento público; 58 a la industria autoabastecida y 28 a la termoeléctrica. Esto coloca a Chihuahua como el tercer lugar entre todas las entidades federativas en cuanto al volumen concesionado de agua para usos consuntivos, sólo por debajo de los estados de Sinaloa y Sonora, tanto en números absolutos como *per cápita*, según lo muestra el siguiente mapa: (Conagua, 2011: 64)

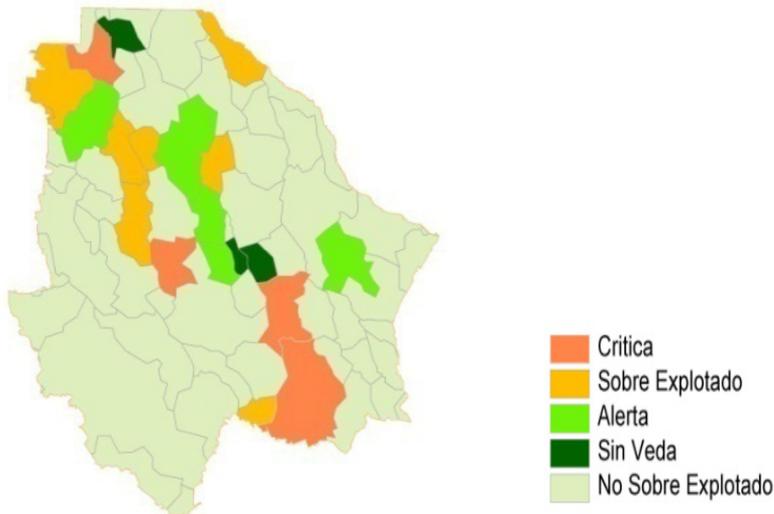
Mapa 3. Volumen de agua concesionado *per cápita* en metros cúbicos



Fuente: *Estadísticas del agua en México 2010*, Conagua, p. 62.

Ahora bien, del agua para uso agrícola, 41.48% son aguas superficiales y 58.51%, aguas subterráneas, lo que nos habla de la enorme importancia del riego por bombeo en el estado (Conagua, 2011, 148). Y aquí empieza el problema, pues existe un gran desequilibrio entre lo que se les extrae a los acuíferos y la capacidad de recarga de los mismos: la recarga natural subterránea apenas llega a los 656.32 millones de m<sup>3</sup>, mientras que la extracción anual es de 2,406.5 millones de m<sup>3</sup>, a través de los 20,943 pozos electrificados, de los cuales cuando menos 13,500 son de uso agrícola (no estamos contando los clandestinos ni los “clonados”). Esto ha generado una gran presión sobre los 61 acuíferos que hay en el estado, de los cuales, cinco están en situación crítica y 19 con algún grado de sobreexplotación, como se muestra en el siguiente mapa:

**Mapa 4. Situación de los acuíferos en Chihuahua**



Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado, con datos de Conagua.

Ya adentrándonos en el tema agropecuario, hay que decir que Chihuahua es un estado que cuenta con 24.4 millones de hectáreas. Los datos sobre la superficie agrícola son variables, según la Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno el Estado existe una superficie agrícola de 1 279 743 ha, de las cuales 479 125 ha se cultivan bajo el sistema de riego, y 800,616 ha con el sistema de temporal. Sin embargo, hay otros datos que nos dicen que las estimaciones oficiales están por debajo de lo real; examinemos esto con más cuidado.

Por un lado, están las propias cifras de Siap-Sagarpa, que en el cierre anual de superficie sembrada nos muestra que del 2000 al 2011, ésta ha tenido un incremento constante, de 337 mil 642.16 ha, en el primer año, hasta 524 mil 819.03, en 2011, es decir, 64% más, lo que significa que en tan sólo 11 años la superficie irrigada para siembra creció en dos tercios, y prácticamente toda fue de riego por bombeo, pues hace mucho Chihuahua llegó a su límite de riego con aguas superficiales.

La Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado proporciona datos muy semejantes: en 2011, el número de hectáreas irrigadas, tanto en distritos como en unidades de riego, ascienden a 526 mil 354 ha, de las cuales 138 mil 390 son irrigadas con aguas superficiales y 387 mil 964 ha, con aguas subterráneas.

**Gráfica 2. Evolución de la superficie bajo riego en Chihuahua (2000-2011)**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de Siap-Sagarpa.

Por otro lado, estos, ya de por sí atrevidos, datos parecen conservadores con otros que proporciona personal de la misma Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado a partir, no de estadísticas de INEGI o de Sagarpa, sino del análisis combinado de las fotos spots, satelitales y las estadísticas de cambio de uso de suelo proporcionadas por Semarnat. Según esto último, la superficie bajo riego en Chihuahua aumentó de 2000 a 2009, de 725 mil 827 ha a 912 mil 764; mientras que la de temporal, en el mismo lapso, pasó de un millón 187 mil 543 ha a un millón 350 mil 973 ha (Datos proporcionados de manera informal por la Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado).

## La expansión de la frontera irrigada en chihuahua

Ahora bien, ¿cómo se ha ido produciendo toda esta nueva superficie irrigada? Es importante identificar bien la respuesta porque de ello habrá consecuencias importantes. Veamos primero los distritos de desarrollo rural en los que se aprecia un incremento más significativo del área irrigada. Para esto, analizaremos lo siguiente:

**Cuadro 1: Superficie de riego por distritos de desarrollo rural 2001-2010**

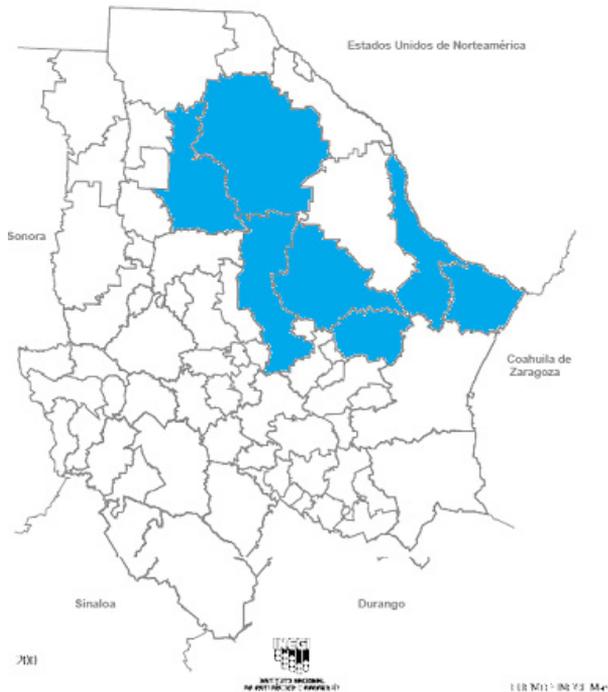
Distrito	2001	2010	% incremento
Bajo Río Conchos	8892	30899	344
Balleza	1588	1719	8
Buenaventa	16,814	47,030	264
Casas Gdes.	71875	74645	3
Chihuahua	18564	34136	183
Cuauhtémoc	52815	60813	15
Delicias	72,393	81,216	12
El Carmen	23175	60824	262
Madera	16695	26439	58
Papigochi	12051	13085	8
Parral	9099	15895	74
Valle Juárez	17540	12841	-27
TOTAL	344,226	491069	42

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado.

Como podemos ver, los distritos donde hay un crecimiento espectacular

lar de la superficie irrigada son el del Bajo Río Conchos (344%); el de Buenaventura (264%), el de El Carmen (262%) y el de Chihuahua (183%). Todos ellos comparten como características: la expansión a base de la perforación de pozos; dos de estos distritos, El Carmen y Buenaventura, están en la cuenca del Río del Carmen, donde estalló el conflicto por las perforaciones y aprovechamientos ilegales; en general se trata de zonas de libre alumbramiento salvo las de la cuenca del río del Carmen, ubicadas en la parte más árida del desierto chihuahuense, al norte y oriente de la entidad.

### Mapa 5. Municipios con mayor crecimiento de las áreas de riego 2001-2010



¿Cómo es que se da este proceso de empezar a desmontar, perforar y convertir miles de hectáreas a la agricultura, que antes se dedicaban a la ganadería?

Aquí coinciden varios factores: en primer lugar, la prolongada y/o recurrente sequía inducida por el cambio climático ha afectado drásticamente a todo el estado, pero en especial a las zonas ya de por sí más desérticas. En las vastas llanuras del norte y del oriente de la entidad se han establecido grandes ranchos que practican la ganadería extensiva, con buenos pastizales, aunque con muy altos índices de hectáreas por cabeza de ganado. Con sólo cuidar los pastizales y acondicionar abrevaderos, sin grandes inversiones, la ganadería era un buen negocio, hasta que el clima empezó a cambiar, y con las sequías, los pastos dejaron de recuperarse y los abrevaderos se fueron agotando. Es entonces cuando los ganaderos de estas regiones empiezan a querer vender sus ranchos.

Sin embargo, ningún otro ganadero les va a comprar esas vastas extensiones. Es entonces cuando llegan los colonos menonitas. Ellos vienen buscando nuevas tierras para el cultivo dado que la población de sus colonias en la región de Cuauhtémoc-Namiquipa y Riva Palacio se ha multiplicado, pero no sólo eso, cuentan además con recursos para invertir en el desmonte de las tierras, en la perforación de pozos, en el equipamiento de los mismos, en la instalación de sofisticados sistemas de riego, e incluso en la construcción de nuevos y muy modernos asentamientos humanos. Es así como van adquiriendo predios en los municipios de Ojinaga, Julimes y Manuel Benavides, en el distrito del Bajo Río Conchos, y fundan colonias como El Oasis y Los Juncos. En municipio de Buenaventura, en el distrito del mismo nombre, abren al cultivo varios miles de hectáreas en la colonia El Valle; en el mismo distrito, pero en el municipio de Ahumada, abren al cultivo la colonia Valle de la Esperanza; y ya están desmontando para comenzar la colonia La Peralta; en el municipio de Aldama, en el distrito de desarrollo rural de Chihuahua, se disponen a comenzar a desmontar en la Laguna del Cuervo, y así podríamos seguir.

Además, en general, los grupos menonitas, conformados por un puñado de gente acaudalada, identifican otra ventaja: la mayoría de los predios que adquieren están en las zonas de libre alumbramiento, así que ni siquiera tienen que pagar permisos para perforar; lo que se les podría dificultar en todo caso, es que Semarnat no les extienda el permiso de cambio de uso de suelo, de uso ganadero a uso agrícola; hecho que no los detiene, ya que, en general, no esperan a tener el permiso, sino que pagan la multa correspondiente una vez que el cambio de uso está consumado.

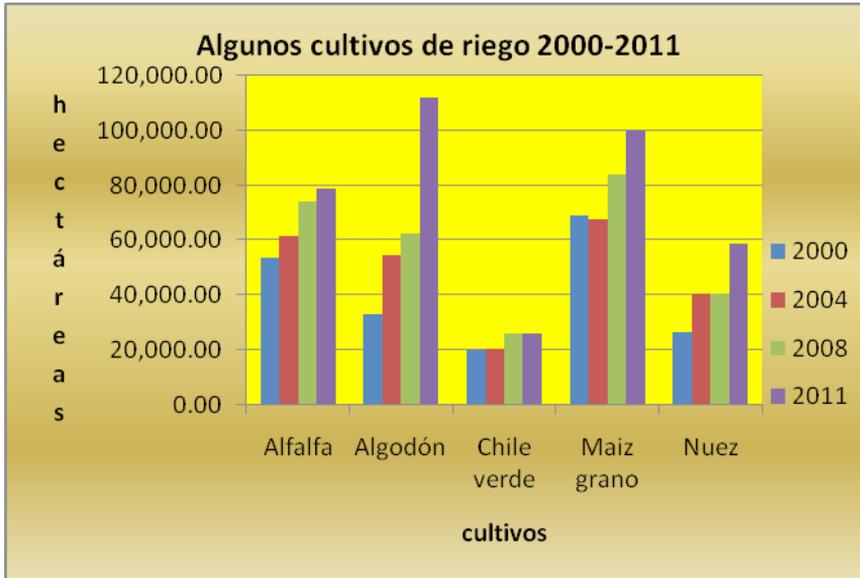
Pero, ¿qué es lo que facilita el que se hagan tan grandes inversiones en pleno desierto para abrir nuevas tierras al cultivo? Vamos a verlo enseguida.

## **La “economía política” de la nueva irrigación en Chihuahua**

Si de pronto un grupo de agricultores, casi siempre de religión menonita, compra un predio de 20 mil ha en el desierto, lo desmonta, lo nivela, perfora una batería de 200 o 400 pozos profundos, instala costosos pivotes de riego, construye bodegas, casas-habitación y centros de servicios, es porque hay posibilidades muy grandes de recuperar la inversión. Es más, de recuperarla antes de que se agote el acuífero que se va a empezar a explotar.

Por otro lado, no sólo los colonos acomodados de origen menonita, sino también inversionistas mestizos se han animado a realizar costosas inversiones en riego porque saben que pueden aspirar a un pronto retorno de su dinero. La gráfica siguiente nos muestra cuáles son los cultivos que más se han expandido en Chihuahua en las zonas de riego:

**Gráfica 3. Cultivos de riego que muestran mayor expansión en Chihuahua 2000-2011**

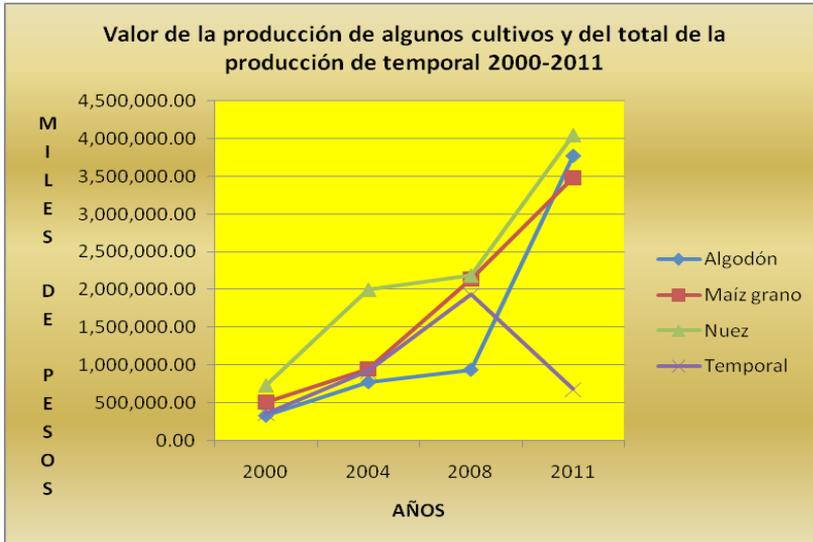


Fuente: Elaboración propia con datos de Siap-Sagarpa.

Es muy evidente que el algodón, el maíz de grano (en su gran mayoría, maíz amarillo), la alfalfa y la nuez son los cultivos que más se han expandido en el estado. Es necesario hacer una pequeña digresión para observar que la alfalfa es un cultivo que demanda una gran cantidad de agua y del cual, paradójicamente, Chihuahua se ha colocado como uno de los principales productores y exportadores; una de las entidades más secas que en la alfalfa exporta grandes cantidades de agua...

Detrás de ese crecimiento espectacular de los cultivos antes señalados se encuentra una razón económica, ya que son cultivos que resultan muy rentables para el productor, como se muestra en la gráfica 4:

**Gráfica 4. Valor de la producción de los principales cultivos de riego en Chihuahua 2000-2011**



Fuente: Elaboración propia con datos de Siap-Sagarpa.

Aquí podemos ver con toda claridad como en 11 años el valor de la producción del maíz grano, de la nuez y del algodón se ha disparado considerablemente. En 2000, el valor de cada uno de estos cultivos equivalía más o menos al del total de los cultivos en áreas de temporal de Chihuahua; pero la producción temporalera es afectada seriamente por las sequías y ahora ni siquiera llega a la cuarta parte del valor de cualquiera de ellos.

Indudablemente que esta expansión espectacular de los cultivos como el maíz, el algodón y la nuez se debe a una coyuntura, ya de larga duración, de altos precios de los principales productos agrícolas, pero hay factores adicionales que también contribuyen a que las inversiones en nuevas zonas de bombeo y de riego se hagan rentables. Dichos factores son:

En primer lugar, la posibilidad de los productores de acceder a subsidios y apoyos gubernamentales, sobre todo del programa “Activos productivos” para la tecnificación del riego y del bombeo. Gracias a estos apoyos los productores pueden adquirir nuevos equipos aportando sólo 40% del costo de los mismos, pues el gobierno aporta el resto.

En segundo lugar, gracias a estos nuevos equipamientos, la productividad de los cultivos se eleva considerablemente, al punto de que Chihuahua es, junto con Sinaloa, la entidad donde los rendimientos por hectárea del maíz son los más altos del país, llegando hasta 12 y 14 toneladas por hectárea.

Entonces, la apertura de nuevas áreas de riego al cultivo tiene en la raíz el que, a pesar de las grandes inversiones que se requieren, resultan muy buen negocio a corto plazo. Y para ello son decisivas las políticas de gobierno: en primer lugar, la política de altos precios de los productos agrícolas; en segundo, la política de fomento a través de programas como el de “Activos productivos” o “Tecnificación del riego”. Aunque para nosotros se trata de una política de “fomento excluyente”, pues sólo beneficia a unos cuantos productores, de ello hablaremos luego.

## **El revés de la trama: los altos costos de la nueva irrigación**

Esta historia de éxito para algunos, tiene altos costos y problemas graves para muchos. Se han detectado al calor de las demandas de grupos como *El Barzón* y otros agricultores que sienten que hay todo un sistema de apoyo, de permisividad, para los agricultores ricos, en detrimento de los productores medianos y pequeños. Así, las principales denuncias son:

*Pozos operando por encima de las concesiones otorgados:* por fallas en la aplicación de la ley; en unos casos, por la existencia de huecos jurídicos, además por prácticas nocivas de parte del Estado Mexicano se ha sobreconcesionado la extracción del agua del subsuelo en los acuíferos de todo

el país. Tan sólo en el estado de Chihuahua actualmente existen títulos para 19 mil 499 pozos de todo tipo, y están operando 20 mil 123. Habría que ver si los diferentes acuíferos pueden aguantar la extracción de los pozos, tanto titulados como sin título.

*Sobreexplotación y abatimiento de acuíferos:* esto, aunado a la falta de estudios técnicos suficientes y adecuados, ha generado la sobreexplotación y abatimiento de acuíferos. Según Conagua a partir de la década de los setenta ha venido aumentando el número de acuíferos sobreexplotados en todo el país: 32 en 1975; 80 en 1985; 97 en 2001 y 104 en 2004. De éstos se extrae casi 60% del agua subterránea para todos los usos. En el estado de Chihuahua, como señalamos, hay 19 acuíferos con algún grado de sobreexplotación y cinco ya en condición francamente crítica, por no decir, irreversible. Una de las razones detrás de la sobreexplotación de acuíferos es la necesidad de los productores de incrementar la productividad utilizando más agua para poder competir con los precios artificialmente bajos de los productos agrícolas importados. Esto es muy claro en el caso del maíz que se riega por bombeo: se utiliza intensivamente el agua de pozo para incrementar los rendimientos por hectárea para poder competir con el grano importado de los Estados Unidos, donde las condiciones agroclimáticas son netamente más favorables.

*Las zonas de libre alumbramiento:* en la legislación actual sigue estando vigente un concepto que pertenece más a la tradición liberal que a la de uso del agua como bien público: el de *las zonas de libre alumbramiento*. Se supone que en ellas cualquier persona puede perforar y extraer agua sin necesidad de una autorización o concesión previa por parte de las autoridades; sólo notificándoles. Hay que hacer notar, que al menos en el estado de Chihuahua, estas zonas son las que antes se consideraban propias sólo para pastizales y ganadería extensiva. Ahora se busca convertirlas en zonas agrícolas, sin contar con estudios hidrológicos de cada una de ellas, sin medir los impactos ambientales y sin saber siquiera si los man-

tos de dichas zonas no están comunicados con otros mantos y afecten el bombeo que en ellos se practica.

*Pocas, inadecuadas y concentradas inversiones para mejorar la eficiencia de la extracción y del riego:* la descapitalización de los productores, agravada por la falta de inversión pública en los tres niveles de gobierno, ha impedido que se tecnifiquen más de 250 mil hectáreas de riego por bombeo en el estado de Chihuahua, propiciando con ello, entre otros, el encarecimiento de los costos de producción y el uso ineficiente del agua y la energía. Esto sucede con la mayoría de los productores en tanto un pequeño grupo acapara los subsidios de los programas oficiales, tanto los de *Activos Productivos*, como los de *Tecnificación del riego*. En 2008 hubo una serie de denuncias graves por parte de los mismos empleados de Conagua sobre la colusión de las autoridades de esa dependencia con los del Gobierno del Estado para favorecer con esos programas a unos cuantos productores y comprar los equipos a dos o tres proveedores solamente. Una de las cuestiones importantes a seguir investigando es cómo y en quién se van concentrando estos programas y subsidios.

*Acaparamiento de pozos:* pocas veces se toma en cuenta que, en las condiciones actuales, ya no es tan importante concentrar tierra como concentrar agua. Los criterios sociales, redistributivos del Artículo 27 Constitucional, en lo referente a tierras y bosques, se estrellan cuando se trata de las concesiones para las aguas subterráneas, es decir, para los pozos. Poco a poco los productores más poderosos van concentrando concesiones, adquiriendo nuevas, a veces hasta realizando perforaciones clandestinas. Se produce así el fenómeno que hemos llamado de "latihidrismo". En Chihuahua hay grandes productores manzaneros o nogaleros que concentran más pozos que los que disponen para el suministro de agua potable ciudades de mediano tamaño como Cuauhtémoc o Jiménez. Las concesiones se siguen otorgando de manera individual, sin criterios que privilegien los usos sociales, sin mecanismos que eviten la concentración

o los prestanombres. Por otro lado, ya casi son inexistentes los programas oficiales de apoyo para la perforación de pozos a campesinos pobres organizados.

*Abatimiento de niveles freáticos y agotamiento de aguas superficiales:* como lo acaba de revelar el reciente enfrentamiento veraniego entre ejidatarios y colonos de la cuenca del río Del Carmen, cuando se perforan nuevos pozos o se llevan a cabo obras de retención de agua en cuencas donde ya existen pozos y aprovechamientos, bajan los niveles freáticos y disminuye el caudal de aguas superficiales, afectando seriamente a los productores que se habían establecido anteriormente. Así, cuando llegan y perforan más profundo de donde están los pozos que se cavaron primero, el nivel freático se abate y entonces los productores que tenían sus pozos menos altos tienen que perforar a más profundidad para no perder el agua y, por consiguiente, tienen que gastar más en energía eléctrica para el bombeo.

*Agotamiento de aguas fósiles y devastación ambiental:* poco se habla de esta última, pues se piensa que es un bien indiscutible convertir el desierto en un emporio agrícola, sin embargo, el desmonte sistemático e indiscriminado de amplias zonas desérticas y el uso intensivo de los acuíferos va contribuyendo a una *desertificación* inducida, perversa. Se acaba con la vegetación originaria, típica del desierto chihuahuense, el mayor de Norteamérica, se altera todo el ecosistema y desaparecen especies vegetales y animales completas. Del desierto natural, donde bullen muy diversas formas de vida se pasa al *desierto antropogénicamente inducido*, donde la vida agoniza. Los mismos mantos acuíferos que tienen agua almacenada desde hace 500 mil años se agotan en unos cuantos años, como es el caso de los predios *Los Juncos* y *El Oasis* en el oriente del estado. Hay que tener en cuenta que una gota de agua que cae al suelo en esta región tarda 50 años en llegar al acuífero.

*Insustentabilidad hídrica y de toda forma de vida:* esta forma de explotar el agua es totalmente no sustentable; no deja ningún futuro, ya no digamos para la vida productiva, sino para la vida en amplias regiones del estado. Hay que tener en cuenta que estas regiones que acabamos de describir son aquellas donde más presión hay sobre el agua y menos disponibilidad de metros cúbicos *per cápita* en todo el país. Así, para el 2030, la VI región hídrica, es decir, la del río Bravo, donde se compendia la mayor parte del estado de Chihuahua, ocupará el tercer lugar en cuanto a menor volumen de agua renovable *per cápita*, con sólo 918 m<sup>3</sup> por habitante por año, sólo por debajo de las regiones del Valle de México y Baja California (Conagua 2011: 110). Así nos lo muestra el mapa 6 de Conagua:

**Mapa 6. Conagua 2011**



## CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

La expansión de la frontera agrícola irrigada por bombeo o con aguas subterráneas en Chihuahua tiene detrás de sí razones, sobre todo económicas, para abrir tierras para los cultivos que muestran mayor rentabilidad. No se trata de producir más alimentos básicos, de lo contrario no tendrían tanta preponderancia la nuez y el algodón, sino de orientarse a los cultivos que ofrecen mayores márgenes de ganancia.

Esta expansión está favorecida por factores tanto internacionales, como nacionales. Dentro de aquellos, es clave la nueva fase agroalimentaria mundial, caracterizada por la penetración del capital y la lógica especulativa en los alimentos. Dentro de los factores nacionales, y muy relacionado con el anterior destaca la política de “fomento excluyente” o de “subsidios concentrados y selectivos” del Gobierno Federal que orienta los subsidios para la capitalización, equipamiento y comercialización a productores comerciales, ya de por sí capitalizados, en detrimento de pequeños y medianos productores de básicos.

Un factor que también tiene un gran peso es el cambio climático. Por un lado, es lo que determina que muchos ganaderos vendan sus tierras al agotarse pastizales y abrevaderos; y por otro, torna aun más azarosa e insegura la agricultura de temporal. Finalmente, al reducirse el caudal de aguas superficiales debido también a las cada vez más severas y recurrentes sequías, los productores le apuestan a la perforación de pozos.

Así, se está viviendo en Chihuahua un proceso de devastación social, hídrica y ambiental. La sequía y el cambio climático han hecho que ganaderos y agricultores vendan o abandonen sus ranchos y parcelas, produciéndose un doble proceso de “desganaderización” en las zonas desérticas y de “descampenización” en las zonas de temporal. Por otra parte, se fortalece un grupo cada vez más compacto de productores que concentran pozos, tierras irrigadas, recursos, financiamientos y subsidios. Todo esto a costa de un severo impacto en el medio ambiente:

abatimiento y agotamiento de acuíferos, reducción al mínimo de las aguas superficiales, desmonte de terrenos de pastizales y de arbustos, destrucción de los ecosistemas típicos del desierto chihuahuense, y de ahí el círculo vicioso que redundará en más desertificación, menos lluvia, menos cubierta vegetal, menos recarga de acuíferos, etc. Todo esto es inducido por un modelo agrícola que ejerce gran violencia sobre los recursos naturales, un modelo cuyo símil más cercano es el extractivismo minero. Se trata, pues, de un modelo de “agricultura extractivista”.

Las movilizaciones que en este contexto han emprendido agricultores del norte y noroeste del estado, algunos de ellos agrupados en El Barzón, son pioneras y marcan la primera respuesta social articulada al cambio climático y a la agricultura extractivista. Sus demandas, sus formas de lucha, sus llamados deben retomarse como lo que prefigura las luchas que en un futuro próximo se darán en nuestro país y en el planeta.

En este sentido, es necesario retomar, difundir y apoyar las demandas de estos agricultores en lucha y construir una nueva política hacia todo el tema del agua, de los recursos naturales y del cambio climático:

- El uso del agua en la agricultura no debe considerarse sólo como *consuntivo*, pues la agricultura también contribuye a la producción de agua sobre todo cuando se amplía la cubierta vegetal, se produce biomasa, se evita la erosión, se reforesta. Hay que reconocer y pagar en lo que vale este servicio ambiental que los agricultores hacen a toda la nación.
- Es necesario que, como en los demás usos, en el uso agrícola del agua predominen los criterios de *bien público y sustentabilidad* sobre los criterios de apropiación individual, libre alumbramiento y producción de valores de cambio. Debe buscarse una nueva Ley Federal de Aguas que traduzca estos criterios, que privilegie los usos colectivos, que prevea el manejo sustentable, que estipule los cultivos a que se debe dedicar con prioridad el agua: a los que

- generan más empleos, que fortalecen la soberanía alimentaria del país, que resultan más eficientes en el aprovechamiento del líquido.
- Dicha ley debe también establecer políticas y medidas concretas para evitar el acaparamiento del recurso, tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas. Deben reglamentarse los límites del volumen de agua que pueden extraer o concentrar las personas físicas o morales; deben preverse mecanismos para que los grupos de productores pobres, comunidades indígenas o campesinas puedan tener no sólo el derecho de extraer agua en un momento dado, sino de recibir el financiamiento para ello.
  - Debe también modificarse la Ley de Equilibrio Ecológico para poner condiciones más estrictas para lograr los permisos de cambio de uso de suelo y para establecer sanciones más drásticas a quienes hagan el cambio sin el permiso correspondiente.
  - Así mismo, debe establecerse también una normatividad que impida que los productores que recurren a perforaciones o aprovechamientos ilegales de aguas reciban los apoyos y subsidios gubernamentales, como son los programas de tecnificación del riego, activos productivos y apoyos a la comercialización. Y para que también se evite que reciban la energía eléctrica de parte de la Comisión Federal de Electricidad.
  - Debe elaborarse y ponerse en marcha el Programa Nacional del Agua para Riego Agrícola, que contemple un tratamiento integral a corto, mediano y largo plazos del recurso, con la participación de comunidades, productores, los tres niveles del gobierno, del Congreso de la Unión, Centros de Investigación e Instituciones de Educación Superior.
  - Se requiere incrementar sólidamente el presupuesto para infraestructura hidroagrícola. Este presupuesto debe contemplar la realización de los estudios geohidrológicos para establecer una amplia red de piezometría y monitoreo de los pozos.

- Deben dirigirse también recursos públicos para fomentar los programas de *siembra y cosecha del agua*, apoyando sobre todo a las comunidades que se encuentran en el nacimiento de las cuencas.
- Debe haber un extraordinario esfuerzo presupuestal de los diferentes niveles de gobierno y de los productores para mejorar la eficiencia en la extracción, conducción y riego. Esto debe hacerse con criterios no sólo de ahorro del recurso, sino de sustentabilidad de los diferentes ecosistemas. Así mismo, el mejoramiento de la infraestructura de riego debe hacerse disponible mediante créditos blandos a todos los productores, evitando que sean los más capitalizados quienes acaparen los recursos para la tecnificación.
- Los productores, el Gobierno Federal y el Congreso de la Unión deben establecer políticas, normas y mecanismos que permitan la transparencia y la participación democrática en la gestión del agua en los distritos de riego.
- La soberanía nacional debe ser principio rector también en la gestión del agua. Las decisiones de políticas y de inversión en este aspecto deben privilegiar el dominio de la nación y de las comunidades sobre este bien público y no el pago de un recurso a otra nación.
- Finalmente, es necesario promover, tanto entre los productores como en los consumidores, una nueva cultura del agua basada en los conceptos de bien público, de sustentabilidad, de recurso que no es sólo objeto de apropiación, sino que también puede producirse y multiplicarse. Del agua como factor central para la comunidad de todos los seres vivientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional del Agua, 2010, *Estadísticas del agua en México*, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf>.
- Comisión Nacional del Agua, 2011, *Estadísticas del agua en México*, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP/1/11/EAM2011.PDF>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2009, *Comportamiento histórico de precipitación (nacional y estatal): mensual de noviembre y acumulado (ene-nov)*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, "Cierre de la producción agrícola por cultivo", en [http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350).
- Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua, 2011.

Entrevista:

Martín Solís Bustamante, dirigente de *El Barzón*, Chihuahua.



# Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas<sup>1</sup>

Rodolfo Montaña Salazar<sup>2</sup>

Este libro es el resultado del trabajo de investigación de 13 autores comprometidos con el estudio de la relación del territorio con el medio ambiente, binomio difícil de compatibilizar cuando se tratan de reconocer procesos humanos ligados a él, los cuales generan intereses económicos, políticos y sociales. Un tercer tema central en el libro es la búsqueda de un método científico que se adapte a estudiar los fenómenos sociales que se presentan en esta dualidad territorio-medio ambiente.

Razón, la anteriormente planteada, para realizar la reseña en el ámbito metodológico, no porque los temas del territorio y el ambiente no sean importantes, sino porque el método de estudio ampliado para obtener resultados científicos en estos temas es de suma importancia en el estudio de las ciencias sociales, ya que no hay leyes que nos indiquen cuál es el mejor método a aplicar en los temas planteados en este libro, por lo cuál analizaremos cada uno de los que componen las tres partes: en la primera se aborda el tema de *Metodología para la planeación del territorio y su implicación ambiental*; la segunda trata sobre los *Nuevos*

<sup>1</sup> Del Roble Pensado Leglise Mario, 2011. Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas, Siglo XXI, IPN. México, D.F., 345 pp.

<sup>2</sup> Investigador docente de El Colegio del Estado de Hidalgo, correo electrónico: romosa2008@live.com.mx

*enfoques metodológicos para el estudio del territorio ambiental*, y en la tercera se nos hace referencia a los *Métodos y técnicas en el análisis de las relaciones territorio y ambiente*. Así, sin más preámbulo, damos paso al análisis del método científico en este libro.

Es de suma importancia para realizar cualquier tipo de investigación contar con un método que nos permita ser claros, objetivos, sistemáticos, entre otras muchas características; esta lucha por dilucidar cuál es el método más indicado para llevar a cabo la investigación se ha tenido desde que el hombre, en su afán por conocer su realidad, ha formulado preguntas y ha contestado en distintas formas a través de la historia. Basta recordar las primeras respuestas que dieron los filósofos de Mileto cuando se preguntaron por el *origen de todo*: ¿de dónde salen las cosas?, por supuesto las respuestas que expresaron –en aquel momento– son ingenuas: del agua, del aire o del ápeiron, sin embargo, con estas formas de enfrentar la duda, comenzó todo un proceso de apropiación del conocimiento, que ha atravesado por distintas etapas históricas; para ello basta recordar la teoría del genio maligno sugerido por Descartes, o que la fuente del conocimiento proviene de la experiencia según *Hume*, sólo para mencionar ejemplos al azar. Lo importante es destacar que no hay una forma exclusiva de conocer. Esto lo determina el objeto, el investigador, sus objetivos, las herramientas con las cuales estudia, así como el momento histórico, ya que éste proporcionará una serie de medios, tanto intelectuales como materiales, acordes con la época. (Montaño 2012).

El método científico, menciona Bunge (1981):

No es ya una lista de recetas para dar con las respuestas correctas a las preguntas científicas, sino el conjunto de procedimientos por los cuales a) se plantean los problemas científicos y b) se ponen a prueba las hipótesis científicas.

El estudio del método científico es en una palabra la teoría de la investigación. Esta teoría es descriptiva en la medida en que descubre pautas en la investigación científica (y aquí interviene la historia de la ciencia como proveedora de ejemplos). La metodología es normativa, en la medida en que muestra cuáles

son las reglas de procedimiento, que pueden aumentar la probabilidad de que el trabajo sea fecundo. Pero las reglas discernibles en la práctica científica exitosa son perfectibles: no son cánones intocables, porque no garantizan la obtención de la verdad; pero, en cambio, facilitan la detección de errores.

El pensar en metodología es explorar diferentes tipos de pensamiento teórico-metodológico y analizar las líneas que siguieron diversos pensadores a lo largo del tiempo, muchos de ellos en la actualidad siguen causando gran polémica por los planteamientos realizados con el fin de obtener un método de investigación que nos guíe en la obtención de la verdad, una verdad que tendrá el matiz de quien realice la investigación.

En este momento podemos constatar que la ciencia requiere de la filosofía para sustentar la validez de sus propuestas y proposiciones, el campo que aborda estos problemas es la epistemología; para llegar a tal aseveración ha transcurrido mucho tiempo en el pensamiento científico y ha habido una gran cantidad de debates entre eruditos de las ciencias; por tal razón, recapitulando acerca de los métodos de la investigación, éstos pueden establecer su análisis de acuerdo a modelos matemáticos, físicos, lógicos, metafísicos, filosóficos, incluso en el estudio a partir de las agrupaciones sociales.

Con ello, observamos que de acuerdo a los objetivos en los diferentes ámbitos de la investigación, el método se desarrollará y/o amoldará proporcionándonos herramientas para alcanzarlos.

En el libro encontramos tres grandes apartados: en la primera parte, los investigadores demuestran, de forma sistematizada, el crecimiento de las regiones y los fenómenos que en ellas acontecen, creemos que el seguir un método de investigación ayudará a delinear y corroborar, de manera empírica, los procesos que en ella se desarrollan; en este apartado vemos claramente la línea de investigación de los racionalistas empiristas, cuyo planteamiento del Método Científico aplicado al estudio de las ciencias sociales nos ofrece un trabajo.

En esta primera parte podemos destacar la *Metodología para elaborar un plan estratégico de desarrollo sustentable, el caso de Valsequillo, Puebla*; en él se identifica la incorporación al estudio de elementos varios, como la combinación de métodos y técnicas sustentados en la *participación social*, elemento este último, indispensable en estos días cuando se habla del tema de la sustentabilidad, y para lograr un buen diagnóstico de la zona de estudio. Aunado a lo anterior, se destacan dos herramientas que son básicas en la elaboración de planes estratégicos: la construcción de modelos econométricos que relacionan el bienestar social y el ambiente, y la generación de escenarios futuros que nos lleven a la realización de modelos dinámicos de sistemas y con esto, interpretar el presente con base en el pasado, e imaginar cómo será el futuro, elementos básicos que destaca el historicista Thomas Kuhn (1985) en su planteamiento metodológico, con bases teóricas metodológicas muy fuertes en el tema de planeación estratégica, *la cual nos permite idear rutas críticas en las que se identifiquen fortalezas y debilidades, oportunidades y riesgos para lograr los resultados propuestos*, Del Roble (2011: 27).

Los siguientes tres artículos están muy ligados y son el resultado del trabajo realizado en la Red para la Gestión del Desarrollo Rural (GTD), en ellos podemos ver la aplicación del mismo método científico, adecuado a las necesidades del análisis de diferentes entidades administrativas que realizan labores de planificación territorial en el medio rural, y los resultados de la labor que efectúan.

Algunos de los elementos a destacar de la metodología son los fundamentos conceptuales que soportan la visión territorial: la cohesión territorial, la social, el desarrollo endógeno y el regional, los clusters productivos, la red de política pública y consejos territoriales, para desembocar en el diseño de políticas públicas en el ámbito rural orientadas por la demanda.

Referente al capítulo de Agencias de Gestión e Innovación, podemos destacar la propuesta del modelo por construir, el tema de la Innovación como factor de cambio tecnológico, organizacional comercial y

financiero que genera conocimiento y eleva la riqueza económica, cultural, ecológica, nutricional y hasta política. En donde se propone crear redes de innovación como un conjunto de herramientas formales para la investigación social.

Para el caso del Análisis de gestión en Ixmiquilpan Hidalgo, la concepción metodológica empleada en el desarrollo de este trabajo, nos pone de manifiesto la visión territorial de la Red para la Gestión del Desarrollo Rural (GTD), ya mencionada y fundada en elementos conceptuales como: cohesión territorial, cohesión social, desarrollo endógeno, desarrollo regional, entre otros. Con los cuales se realiza un diagnóstico de la región de estudio muy detallado, en el que resaltan tópicos como el capital físico, capital humano, capital social, capital económico, capital institucional, todo ello con el afán de conocer la problemática en el ámbito rural, económico, natural, turismo y servicios, y cómo operan las instituciones públicas encargadas atender estos temas.

En el apartado de Nuevos Enfoques Metodológicos para el estudio territorial ambiental encontramos la aplicación de un método que se basa en la experiencia directa, inmediata y empírica real; de la observación que se sustenta sobre lo teórico, garantizando su generalidad, método que depende de la formalización de las teorías, verificables empíricamente, y cuya confirmación identifica leyes generales como una función técnica, que revela relaciones causales. Los juicios de valor o consideraciones éticas quedan fuera al no ser empíricamente contrastables, y los otros juicios se agrupan mediante la unificación progresiva de las leyes científicas de un sistema único.

En este marco, se encuentran dos capítulos de casos prácticos de aplicación directa del método científico y sus adecuaciones para el análisis. En primera instancia, hablaremos de la “Cooperación y Conflicto en la Construcción de dos Sistemas Agroalimentarios”, en el cual se destaca la vinculación de los productos analizados con el territorio, su arraigo en el consumo nacional, la introducción de innovación tecnológica en la producción, así como la conformación de redes de producción y dis-

tribución de los productos en comento. Destaca la forma de agruparse como Sistemas Agroalimentarios Localizados (Sial) y se hace hincapié en la idea de que estos sistemas pueden ser una herramienta para combatir la pobreza e inseguridad alimentaria. Este enfoque Sial puede ser pertinente para estudiar y analizar las experiencias de desarrollo rural basadas en una estructura productiva familiar y en la movilización de recursos territoriales comunes.

El siguiente capítulo acerca de la “Coordinación Vertical y Organización Territorial del Sistema Lácteo en México” nos ofrece un análisis diferente a los anteriores, ya que se refiere al Modelo Intensivo Holstein, así como a los beneficios y perjuicios en el medio ambiente natural, económico, aunado a la dependencia tecnológica para la producción en la región de estudio. Aunque en este capítulo no se aprecia bien el método científico aplicado para la realización de la investigación, sí encontramos los resultados, mismos que serán de gran interés para quien estudia el tema.

El capítulo de “Determinantes de la ecología industrial y su impacto en la región”, de Graciela Carrillo, es el que, en lo personal, considero muestra la estructura metodológica de carácter cualitativo de manera más sistemática y clara para el lector, ya que hace un planteamiento con base en el *método hipotético deductivo* (método científico), claro y conciso, realizando un planteamiento teórico con base en diferentes autores expertos en la materia; realiza el planteamiento de los objetivos generales, particulares, interrogantes, metas científicas y metodología utilizada, etapas del proyecto y resultados. Pensando en el tema de docencia, es un buen referente para los alumnos que construyen sus trabajos de tesis y para los cuales es difícil encontrar algún autor que plantee de forma explícita su método de investigación, razón por la cual recomendaré a mis alumnos la lectura del libro y de este capítulo.

El tema de los “Intangibles ambientales” pone un antecedente sobre el tema de la Pampa Argentina y el costo social que paga la zona al introducir elementos de cultivo como soya, maíz, girasol y sorgo; hace

mención a un tema que muchos no hemos considerado y que es el tema de la sobreexplotación actual del suelo, recurso agotable, y que de seguir así, con ese ritmo de producción, en términos no sustentables, provocará pasivos ambientales crecientes en todo el mundo.

La “Medición de la disposición a pagar por un programa de conservación de los servicios ecosistémicos en el acuífero del valle de Cuernavaca” nos muestra la aplicación de forma correcta del método Científico y la flexibilidad a la hora de su aplicación; este capítulo nos ofrece un diagnóstico del acuífero en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y en la zona metropolitana del Valle de Cuernavaca; derivado de lo anterior, utiliza la Valoración Contingente como método de medición de la disposición a pagar por la conservación de los servicios ecosistémicos, lo cual muestra la propensión del usuario a preservar las condiciones de estabilidad e integridad de los ecosistemas y el ambiente.

El planteamiento metodológico que encontramos en el capítulo de “Metodología para el estudio de los metales como trazadores de rutas de contaminación en partículas  $PM_{10}$ ” (por debajo de 10 micras) es preciso al enumerar las etapas y desarrollar cada una de ellas para la detección de las partículas  $PM_{10}$  en suspensión en el aire, mismas que no están normadas en México y que son importantes en la salud pública.

En la tercera sección del libro, contamos con métodos y herramientas tradicionales o convencionales que siguen siendo efectivos a la hora de llevar a cabo una investigación científica. El capítulo “Espacio simbólico” hace referencia al territorio en el que convergen las normas para su ordenación, y los grupos sociales que en él habitan, y con ello el uso simbólico y práctico que le dan grupos indígenas al territorio, así como la convivencia que debe haber entre los hombres para conservarlo, así como los recursos y sitios sagrados.

Para el capítulo de “Cambio de uso de suelo” se trabajó con una metodología en la que se destacan principalmente las herramientas de análisis utilizadas, tales como la recopilación de información bibliográfica, cartográfica, imágenes aéreas; caracterización de la zona de estudio con base en

los elementos geográficos y ambientales de la zona y principalmente los cambios en el uso del suelo; en el diagnóstico se reconocieron los impactos ambientales generados como fragmentación, pérdida de cubierta vegetal, entre otros, y se analizaron a través de la aplicación de la Matriz de Leopold simplificada, sin explicar el método científico utilizado.

Por último, se cuenta con el tema de “Actividades recreativas como impulsoras de la conservación del medio ambiente”; ante este fenómeno complejo se requirió de formas de análisis dinámicas que contemplaron al espacio natural como totalidad, e interactuando con éste la actividad humana como principal agente de degradación. La metodología utilizada para llevar a cabo el análisis se llevó a cabo en tres fases: caracterización, diagnóstico y propuestas.

## CONCLUSIONES

Comprendemos que la unidad descriptiva típica de los grandes logros científicos no es una hipótesis aislada, sino más bien el programa de investigación (Lakatos, 1971), entendido como una secuencia de teorías que se caracterizan por exhibir una continuidad reconocible que relaciona a sus miembros y permite identificarlos como versiones modificadas de un plan inicial común. Al respecto Lakatos (1975: 230) comenta: “...los miembros de tales series de teorías, normalmente están relacionados por una notable continuidad que las agrupa en programas de investigación”; esto es lo que reseñamos en este libro, un gran programa de investigación al servicio de la comunidad científica.

El libro es de gran utilidad para quien busca un referente bibliográfico que abarque la metodología en la construcción de las investigaciones realizadas, situación que es hoy en día difícil de encontrar en la bibliografía publicada, ya que en ella sólo se puede observar el resultado de la investigación propiamente y no la concepción del método de investigación y la aplicación del mismo. Material muy recomendado para la docencia en los temas de territorio, ambiente y metodología.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M., 1981, *La ciencia: su método y su filosofía*, Siglo XX, Buenos Aires, Argentina.
- Kuhn, T., 1985, *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Lakatos, I., 1971, "Historias de la ciencia y de sus reconstrucciones racionales", en Howson, C. (ed), *Método y valoración en las ciencias físicas*. También en I que corta ed, revoluciones científicas; Lakatos I, *Papeles Filosóficos* Vol. 1.
- Lakatos, I., 1975, *La Falsación y los programas de Investigación Científica*, Grijalbo, México.
- Montaño, R. et al., 2012, "Transformaciones en la estructura industrial y laboral en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG)", (en dictamen) *Revista Cuadernos de Geografía*, Colombia.
- Montaño, R., 2012, *El Método de Investigación en el Estudio de las Ciudades*, Inédito.
- Pensado, M. (coord.), 2011, *Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas*, IPN CIEMAD Siglo XXI, México.



# Guía para autores <sup>1</sup>

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente

## Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas
4. Reseñas de libros y comentarios

Los *Artículos de investigación* deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Los artículos no deben rebasar más de 30 cuartillas manuscritas incluyendo figuras, cuadros, referencias, etc.

Las *Notas de investigación* son una descripción concisa y completa de una investigación limitada, la cual no puede ser incluida en un estudio posterior.

La *Nota científica* debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias.

Los *Ensayos y revisiones bibliográficas* deben incluir un tema de interés actual y relevante. Estos trabajos no deben exceder las 20 cuartillas.

<sup>1</sup> Para mayores detalles revisar esta guía en extenso en la página web de la revista: <http://xoc.uam.mx/>

Las *Reseñas de libros* pueden ser incluidas en la revista en un rango de libros relevantes que no tengan más de 2 años de haber sido publicados. Las reseñas no deben exceder las 6 cuartillas.

## Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el artículo la revista puede cuestionar a el (las, los) autor(as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados de dos formas:

1. Archivo electrónico. Se enviará en documento de word como un archivo adjunto al correo electrónico [aalvarez@correo.xoc.uam.mx](mailto:aalvarez@correo.xoc.uam.mx). Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.
2. Documento impreso (papel). Se enviarán las copias impresas por mensajería a:

Adolfo Álvarez Macías

Director Editorial

Revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*

Edificio 34, 3° piso, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, CP 04960, México, D.F.

Tel: 5483-7230 y 31

## Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en dos archivos adjuntos. El primero incluirá el texto completo; el segundo, en caso de existir, las gráficas, tablas o figuras. El documento deberá tener los cuatro márgenes de 2.5 centímetros y nume-

rarse de manera continua todos los renglones. El tipo de letra será Arial, tamaño 12 puntos a espacio de 1.5 de interlínea. Las cuartillas deberán estar numeradas.

### ***Documento impreso***

Para la consideración inicial del texto, es necesario enviar tres copias impresas en total, adjuntando las versiones electrónicas. Posterior a la aceptación final, deberá enviarse en un disco compacto (CD) con dos archivos: la versión final y una sugerencia de cómo quedaría impreso. En la etiqueta del disco, es necesario indicar el nombre de los archivos así como de los autores.

#### Preparación y consideraciones generales para el manuscrito

1. El texto deberá ser escrito en español, inglés o francés.
2. Si se decide enviar el documento impreso, es necesario adjuntar las ilustraciones originales y dos juegos de fotocopias (tres impresiones de una fotografía).
3. Deberá tener las líneas numeradas, incluyendo resumen, pies de página y referencias.
4. El texto deberá tener el siguiente orden:
  - Título (Claro, descriptivo y corto).
  - Nombre de el (las, los) autor (as, es).
  - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor para recibir correspondencia.
  - Dirección actual de el (las, los) autor (as, es).
  - Resumen.
  - Palabras clave (términos indexados) de 3 a 6.
  - Introducción.
  - Descripción del área, métodos y técnicas.

- Resultados.
- Discusión.
- Conclusión.
- Agradecimientos y reconocimientos.
- Referencias.
- Cuadros.
- Mapas o anexos diversos.

Nota: El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios.

5. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

## Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios para cada uno de los idiomas en que se presente. Se deberá incluir el resumen en español.

Es conveniente incluir en el resumen los resultados más significativos así como las principales conclusiones.

## Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27,9 centímetros). El cambiar columnas y renglones puede reducir la dimensión del cuadro.
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo a su secuencia en el texto y en números arábigos. El texto debe incluir la fuente de todos los cuadros.
3. Cada cuadro estará impreso en una cuartilla separada del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de

letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts. ) y colocarse al centro y arriba.

5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

## Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán enviarse por separado, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo al texto. Las referencias deben ser hechas en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en Indian ink o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del caracter sea lo bastante grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar en español, inglés y francés. Usar el mismo tipo de caracter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes.
6. Pueden enviarse ilustraciones a color, pero deberá tomarse en cuenta que serán convertidas en escala de grises para su publicación.
7. El formato de entrega será tiff o eps en alta resolución (300 dpi a tamaño carta o proporcional para su manejo).

## Referencias

1. Todas las publicaciones citadas a lo largo del documento deberán ser presentadas con datos en la lista de referencias al final del texto.

2. Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una referencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2007) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Sánchez, 2009: 20-21)”.
3. Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por “et al.” o “y colaboradores”. Esta indicación, sin embargo, no deberá ser usada en la lista de referencias ni en itálicas.
4. La lista de referencias deberá indicarse en orden de acuerdo al apellido de el (as, os) autor (as, es), y cronológicamente por autor.
5. Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

*a. De publicación periódica*

Gligo, N., 1990, “Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola”, *Comercio Exterior*, 40(12):135-142.

*b. Editado en Simposium, edición especial etc, publicación en periódico*

CIAT-UNEP, 1995, Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe, Documento de discusión, Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad, PNUMA, México.

*c. De libros*

Sassen, S., 1999, *La ciudad global*, EUDEBA/Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*d. De un capítulo en libro*

Muñoz, O., 1991, “El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas”, en Sunkel, O., (comp.), *El desarrollo desde dentro*, Lecturas, núm. 71, FCE, México.

*e. De tesis*

Evangelista, O. y C. Mendoza, 1987, *Calendarios agrícolas en cuatro ejidos del Municipio de Coxquibui, Veracruz*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

*f. De referencias de sitios*

Banco Central de la República Argentina, 2005. "Entidades Financieras: Información por entidad", disponible en <http://www.bcr.gov.ar/comunes/p0003.asp>, consultado el 23/01/2005. Fecha última actualización: 07/01/2005. Unión Cívica Radical: Comité Nacional (UCR Web). Disponible en: <http://www.ucr.org.ar/>, consultado el 28/10/2000.

*g. De artículos de publicaciones periódicas en bases de datos*

Schrader, A., 1999, "Internet Censorship: Issues for teacher-librarian", en *Teacher Librarian*, vol. 26, núm. 5, Academic Search Elite, pp. 8-12, disponible en <http://www.epnet.com/ehost/login.html>, consultado el 28/11/2000.

Para otros ver detalles en página web de la revista.

## Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo a los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el caracter O y entre el 1 y el caracter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.

5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas.
6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son  $P < 0.05 = *$ ,  $P < 0.01 = **$  y  $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como  $\text{Ca}^{2+}$  y no como  $\text{Ca}^{++}$ .

## Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 8 pts.

## Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.
3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

## **Derechos de autor**

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, placas u otras ilustraciones.
3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

## **Criterios de ditaminación y pruebas del formato del trabajo**

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.

*Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.*

Revista electrónica

Se terminó de formar en mayo de 2013