

Intensificación agrícola, prácticas sociotécnicas e impactos ecológicos y sociales en El Bajío

Hermilio Navarro Garza,¹ Diego Flores Sánchez,
Ma. Antonia Pérez Olvera y Luz María Pérez Hernández

***Resumen.** La intensificación agrícola en El Bajío es considerada como un reflejo del modelo de desarrollo agroindustrial empleado en varias regiones de México, promovido a su vez por políticas públicas y privadas desde la mitad del siglo xx. Un tipo de agricultura convencional de aparente éxito, basada en insumos de última generación, suelos fértiles y sistemas de riego; inserto en una dinámica red comercial nacional e internacional. Sin embargo, dicho modelo ha puesto en evidencia una serie de impactos que fragilizan el agroecosistema. El objetivo de esta investigación es caracterizar la intensificación agrícola, sus limitantes e identificar sus impactos sociales y ecológicos. La preponderancia de intereses privados demerita las responsabilidades públicas, esto se ejemplifica en la matriz funcional de semillas, pesticidas, fertilizantes, maquinaria, granos y su mercado. Los impactos sociales y ecológicos se hacen presentes en el déficit de recarga anual de acuíferos, la mala calidad del agua por el uso de plaguicidas y la dependencia tecno-ecológica; son todos ellos algunos de los elementos que sirven para cuestionar la viabilidad del modelo de intensificación agrícola.*

¹ Colegio de Postgraduados, Estudios del Desarrollo Rural, Grupo Gestión Socioecológica de Recursos, Montecillo, Edo. de México, e-mail: hermnava@colpos.mx.

Palabras clave. *Modernización agrícola, agricultura convencional, impactos agroecosistemicos.*

Abstract. *Agricultural intensification in El Bajío is considered a form of agro-industrial development model in several regions of Mexico, promoted by public and private policies since the mid-twentieth century. One type of conventional agriculture with apparent success is based on agricultural supplies, fertile soils, irrigation systems, embedded in a dynamic national and international commercial network. However, this model has demonstrated the generation of impacts that weaken the agricultural ecosystem. The objective of this research is to characterize agricultural intensification, its limitations and identify social and ecological impacts. The preponderance of private interests, in demerit of public responsibilities, exemplified in the functional matrix of seeds, pesticides, fertilizers, machinery, grains and its market. Social and ecological impacts on the deficit annual groundwater recharge, poor water quality by the use of pesticides, eco-techno-dependency, are some of the elements elements that serve to question the viability of the model of agricultural intensification.*

Keywords. *Agricultural modernization, conventional agriculture, agro-ecosystem impacts*

INTRODUCCIÓN

La intensificación de la agricultura ha coevolucionado con la modernización de la sociedad, en particular a partir de la revolución industrial de finales del siglo XVIII. Según IAASTD (2009), los modelos de desarrollo de ciencia y tecnologías agropecuarias de los últimos 60 años han privilegiado al sistema convencional-productivista, mismo que no prioriza ni asigna suficientes recursos para temas vinculados con el medio ambiente, la inclusión social, reducción del hambre y la pobreza, la equidad, la diversidad y afirmación cultural. Modelo bajo el cual los sistemas indígenas/

tradicionales y agroecológicos han permanecido fuera de la agenda del desarrollo.²

Por lo que respecta al sistema agrícola convencional, también conocido como modelo agrícola industrial, se caracteriza por monocultivos a gran escala, utilización de prácticas de producción intensivas que recurre fuertemente al uso de capital, tecnología e insumos agroindustriales y químicos externos, además de que se orienta al mercado nacional, y cada vez más al global, debido a la liberalización del comercio agrícola y las políticas de seguridad alimentaria basadas en el comercio internacional (Emanuelli *et al.*, 2009).

En la década de los ochenta, en México y América Latina se documentó la existencia de una agricultura empresarial y, en el extremo opuesto, otras de infrasubsistencia y subsistencia. Dado este contexto cabe preguntarse qué ocurre en la actualidad y, en particular, cómo ubicamos nuestro estudio de caso en Bajío.

En cuanto a las definiciones sobre las tipologías de las agriculturas son cambiantes y diversas; así tenemos que King (2007) propuso una clasificación de los productores en México tomando en cuenta sus rendimientos de maíz: los “deficitarios”, con rendimiento promedio a 1.5 t ha^{-1} , tipificados por su baja capacidad de adaptación al cambio económico, falta de recursos para la inversión y bajo nivel de organización; estos productores recurren a emplearse fuera de la explotación y a la emigración. En contraparte, están los productores comerciales que poseen atributos de un rendimiento promedio mayor a 10 t ha^{-1} , con alta capacidad de adaptación al cambio económico, acceso a recursos físicos y financieros,

² En América Latina y el Caribe hay alrededor de 209 millones de pobres y 54 millones de desnutridos que representan, respectivamente, 37% y 10% de la población total, a pesar de que se produce tres veces la cantidad de alimentos que se consume. Además, la región tiene los mayores índices de desigualdad en el mundo (IAASTD, 2009)

capacidad de experimentar o cambiar de estrategia de comercialización y con contactos políticos. Quedan, entre esos dos tipos, los productores excedentarios y en equilibrio. Cabe señalar que, de acuerdo al criterio de rendimiento superior a 10 t ha^{-1} , la gran mayoría de productores maiceros ejidatarios de nuestros estudios de caso de Valle de Santiago y Salvatierra se pueden clasificar como productores comerciales. Nuestra investigación contribuirá a documentar los alcances y limitaciones de la intensificación de la agricultura, su naturaleza y el sentido de “lo comercial”; se caracterizarán para ello algunas prácticas sociotécnicas, ciertas características de su funcionamiento y, en su caso, el diagnóstico o alternativa para su viabilidad.

Por su parte, la Sagarpa (2012) clasificó las unidades agropecuarias del país, a las cuales denominó como Unidades Económicas Rurales (UER), de acuerdo con el valor de las ventas anuales realizadas al mercado, empleando entonces un indicador del “tamaño económico de las UER”. Los estratos obtenidos con dicho criterio fueron seis, entre ellos: E1: *familiar de subsistencia sin vinculación al mercado*, o sea sin ingresos por ventas, con un total de 1.192 millones de UER, que representan 22.4% del total nacional; E2: *familiar de subsistencia con vinculación al mercado*, con 2.697 millones de UER (50.6%) y un promedio de \$17.2 miles de ventas anuales. En el otro extremo, E5: *Empresarial pujante*, con 448.1 mil UER (8.4%), y un promedio de ventas de \$562.4 miles de pesos, y finalmente E6: *empresarial dinámico*, con 17 633 UER (0.3%), con promedio de ventas de \$11.7 millones de pesos anuales. Es notoria la existencia de lo que también se ha llamado recientemente como “agricultura bipolar”. Dada la presencia de una gran mayoría de unidades de producción agropecuarias (3 de cada 4) sin ventas al mercado o con ventas muy exiguas, quienes emplean la mayoría de su producción para el autoconsumo familiar, aunado a que utiliza una gran diversidad de recursos bióticos asociados y disponibles, conocida como multifuncionalidad de la economía en el uso de recursos, tales como forrajeros, medicinales, de construcción, como fuente de energía y colorantes (Navarro *et al.*, 2012; Flores *et al.*,

2012). No obstante, el grupo exitoso económicamente es el *Empresarial dinámico*, que representa una reducida población dentro de las unidades de producción agropecuarias del país, orientada básicamente hacia la exportación o el gran mercado nacional.

En este marco, una mayoría de las UER del Bajío de Guanajuato, en donde son predominantes las cerealeras, se podrían clasificar en el E5: *Empresarial pujante*, quienes registran, a nivel nacional, ventas anuales promedio de \$562.4, sin embargo, dichas ventas no representan las ganancias o ingresos netos, pues se debe tomar en cuenta que hay que deducir los costos de producción directos, tales como la preparación del suelo, semillas, fertilizantes, plaguicidas, cosecha, gestión del agua, aunado al pago de maquila (preparación del suelo y cosecha) y la amortización de máquinas, motores y herramientas. Se debe incluir en la contabilidad los intereses del capital anticipado para la producción y de créditos utilizados, así como un equivalente al costo de renta de la tierra; bajo tales circunstancias, y frente a un aparente éxito económico y social, se contempla analizar la fragilidad del funcionamiento económico, social y ecológico de este tipo de UER.

Como marco de referencia de esta investigación, se hace referencia a la configuración de regiones con sistemas agrícolas de alta productividad en el estado de Guanajuato. Los sistemas agroalimentarios de cereales (maíz, sorgo, trigo, cebada) cubren una superficie de 760,921.0 ha, lo que representa más de 70% del área agrícola del estado (SIAP, 2015). Estos sistemas han sido configurados bajo la lógica de un modelo altamente productivo en términos de rendimiento, subordinado a un gran y creciente consumo de insumos agroindustriales para mantener sus niveles de producción, sin embargo, el manejo intensivo del suelo ha promovido su degradación. Al respecto, se anota que en los últimos 50 años el nivel de materia orgánica se ha reducido alrededor de 1% (Grageda *et al.*, 2004), esto ilustra la pérdida de este importante componente, primordial para la fertilidad del suelo, además de un negativo efecto en la estabilidad estructural y, por tanto, la presencia de un mayor riesgo de

erosión hídrica, entre otros indicadores sobre la fragilización agroecosistémica local y regional. De acuerdo con Guzmán *et al.* (2014), para la producción de maíz, los gastos en fertilización representan 71% para temporal y 59% para riego. La adquisición de la semilla bajo el sistema de riego suma un valor de 18%, con y sin actividad pecuaria. Otro factor de producción que ha desempeñado un rol importante es el agua. En el Distrito de riego 011 se tiene una superficie aproximada a las 112 mil ha, de las cuales 78 mil se riegan por gravedad y el resto con aprovechamientos de aguas subterráneas mediante pozos profundos. El agua se ha convertido en un factor de producción esencial y polémico para el desarrollo de la agricultura cerealera y de hortalizas, esto se debe a que es el de menor costo, además de ser determinante en cantidad y calidad para la intensificación de cualquier tipo de sistema agrícola, lo cual ha provocado una elevada afluencia de los actores regionales y los sectores económicos para su apropiación y uso.

En El Bajío, la modernización de la agricultura basada en el uso intensivo de los factores de producción ha sido asociada a la emergencia de diversos actores, nacionales e internacionales, que contemplan su integración a una agricultura convencional orientada a la producción de bienes agropecuarios para el mercado, entre los que destacan los cereales y las hortalizas. Lo anterior, en el marco de un sistema de relaciones que se ha transformado, posibilitando también la recomposición de las interacciones de los actores regionales con la emergencia y preponderancia de nuevos actores, y sus intereses privados en demérito de los intereses públicos.

En esta dinámica espacial y temporal compleja, cabe considerar que la intensificación ecológica de cereales es fundamental para lograr la seguridad alimentaria bajo el escenario de las crecientes cuestiones que se plantean a futuro, requiriendo para ello mejorar la calidad del suelo y la precisión en la gestión de todos los factores de producción. Esta intensificación involucra el mejoramiento en el uso eficiente de nutrientes, especialmente de N, del agua y la energía (Cassman, 1999; 2003).

En el marco del contexto histórico-espacial, descrito previamente, el objetivo de la investigación fue analizar y evaluar las principales prácticas productivas en los agroecosistemas regionales de maíz, seleccionados, como estudios de caso, en El Bajío a fin de visualizar sus posibles impactos ecológicos y sociales.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en comunidades de los municipios de Valle de Santiago (20°23' N, 101°11' O) y Salvatierra (20°00' N, 100°47' O), durante 2012 y 2014, respectivamente. Se utilizó un enfoque descriptivo, no experimental, cuali-cuantitativo y analítico, segmentado con datos históricos recientes, con apoyo en la búsqueda y revisión bibliográfica en diversas fuentes, entre ellas las del INEGI, SIAP, INIFAP y Conagua Colpos. El enfoque metodológico consideró los siguientes componentes:

1. *Uso de los recursos e insumos.* A través del enfoque regional socio-agroecosistémico se llevaron a cabo talleres de autodiagnóstico en Valle de Santiago, durante los meses de octubre y noviembre de 2012, y en Salvatierra, entre septiembre a noviembre de 2014. Se identificó y analizó: a) modalidades de prácticas sociotécnicas decisorias de los principales factores de producción (semillas, fertilizantes y pesticidas), b) análisis del balance de extracciones y recargas de acuíferos, principalmente del Bajío; mismos que fueron seleccionados para abordar algunas características de manejo de los agroecosistemas locales como sustento para analizar la especificidad o diferenciación de los espacios locales y, en su caso, las características de la dinámica de integración funcional regional.

2. *Análisis de sistemas de cultivo locales* (estudios de caso). En Valle de Santiago se trabajó con 63 sistemas de cultivo de maíz y 13 en Salvatierra. Con base en la diversidad de sistemas y procesos de gestión sociotécnica identificados, se realizó una encuesta semide-tallada, enfatizando el manejo fitosanitario de los principales productos utilizados en el control de plagas y malezas; se privilegió el cultivo del maíz, considerando que es el más importante en el patrón regional de uso de suelo en primavera-verano en El Bajío.

En los sistemas de cultivo seleccionados se llevó a cabo muestreo de suelos y de biomasa. Para el muestreo de suelo en cada sistema se tomaron submuestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm; se realizó una muestra compuesta para analizarla en el laboratorio de Fertilidad de Suelos de GISENA S.A. de C. V. Las propiedades del suelo analizadas fueron pH (1:2 suelo: agua), materia orgánica (Walkley-Black), Nitrógeno total (Kjeldahl-N), P (Olsen), Ca, Mg y K (intercambiable a través de acetato de amonio, pH 7.0). En el presente artículo se reportan sólo nitrógeno total y fósforo. El contenido de estos nutrientes se midió a una profundidad de 20 cm, y con una densidad aparente de 1.2 Mg ha^{-1} . Al contenido de nutrientes presente en el suelo, se sumó la cantidad de nutrientes que se aplicaron vía fertilizantes para determinar el total de disponible en los sistemas de cultivo. Para la determinación de biomasa, en cada sistema de cultivo se seleccionaron al azar tres áreas de muestreo (3 metros lineales cada una), en las cuales se midió la densidad poblacional. Todas las plantas de la unidad de muestreo se cortaron a ras de suelo y se pesaron en campo. Posteriormente, se separaron las mazorcas de todas las plantas y se obtuvo el peso fresco del total de mazorcas. Se seleccionaron al azar tres plantas, mismas que se pesaron en el campo y se secaron en una estufa a 70°C durante 48 horas para la determinación del contenido de humedad y del peso seco. En las tres plantas se separaron la materia vegetativa (hojas, tallos) y granos, mismos que se enviaron al laboratorio de calidad de granos y semillas de GISENA para su análisis en conteni-

do de N, P y K. El Nitrógeno total se analizó con la técnica semi-micro-Kjeldahl (Bremner, 1965). P y K fueron analizados con espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES Varian Liberty Series II, Varian Palo Alto, CA, USA) (Alcántar y Sandoval, 1999). El contenido de N, P y K en la biomasa vegetativa y de grano se multiplicó por su respectiva biomasa producida (kg MS ha^{-1}), posteriormente, se sumó para obtener la extracción total de nutrientes. En este artículo sólo se reportan las determinaciones de N y P.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procesos y hechos asociados a la intensificación de la agricultura

En años recientes, los agricultores cerealeros del Bajío de Guanajuato, y otras importantes regiones agrícolas del país, han manifestado de diversas formas su descontento hacia los programas agrícolas federales y estatales, principalmente por su incapacidad para solucionar los problemas ocasionados por la caída continua de los precios del maíz, trigo, sorgo y cebada, así como por el incremento de precios de los principales insumos. Este problema se ejemplifica localmente con los resultados obtenidos en un taller de diagnóstico participativo realizado con agricultores de diferentes localidades y asociaciones del municipio de Salvatierra, teniendo en cuenta la identificación y calificación de problemas que requieren solución, así como la capacitación de los productores. Dichos problemas, en orden de importancia decreciente y según opinión de los propios agricultores, fueron: conocimientos y asesoría para la comercialización (13 puntos), manejo de plagas (9), conocimiento sobre nutrición de suelo (7), manejo de rastrojo (7), conocimientos de fertilización (6), qué cultivos son convenientes (4), asesoría para el manejo de malezas (3) y conocimiento sobre organización (2), entre los principales. Los productores han manifestado en forma consistente su inconformidad, para lo

cual han recurrido al cierre de carreteras, manifestaciones en las sedes estatales y en la federal de la Sagarpa, argumentando las carencias del apoyo institucional necesario.

Un factor de producción clave en la lógica de las prácticas sociotécnicas generalizadas para la producción regional han sido las semillas, las cuales, en el caso de cereales y hortalizas, son producidas y comercializadas por importantes empresas transnacionales y nacionales. En el cuadro 1 se muestra el caso del principal cereal del Bajío: el maíz, las modalidades principales de híbridos y las empresas productoras de los mismos; también se observa la preponderancia de una diversidad de híbridos de Monsanto, el registro de un híbrido de Pioneer solamente en 3 sistemas de cultivo locales, y la utilización de semillas nativas de maíz o criollos, en dos casos.

Cuadro 1. Híbridos de maíz y empresas productoras, Salvatierra, Gto. 2014

Híbrido	Empresa	Frecuencia	Observaciones
Puma	Monsanto	7	Híbridos con recomendaciones de sembrar 90 a 100 mil/ granos ha; bajo condiciones de riego y altas dosis de fertilización.
Dekalb-2031	Monsanto	6	
Cimarrón	Monsanto	5	
NV-11	Nacional	4	
Dekalb-2034	Monsanto	3	
P-3368W	Pioneer-Dupont	3	
Caimán	Monsanto	2	
Lince	Monsanto	2	
Dekalb-2020	Monsanto	2	
Dekalb-2039	Monsanto	1	
Poblaciones "criollas"	No	2	
10	2	37	

En la región de Valle de Santiago se reportan cambios tecnológicos específicos en el modelo de agricultura convencional preponderante, los cuales muestran las características de la tendencia seguida para su intensificación. Así, por ejemplo, al analizar los costos de producción del maíz por grupos de actividades, se identificaron como puntos críticos del proceso productivo, es decir, donde se requiere mayor inversión para poder realizar adecuadamente las labores culturales de acuerdo con los rendimientos esperados, al siguiente conjunto de prácticas sociotécnicas: las actividades de semilla y siembra; la primera y segunda fertilización requieren 53% de la inversión total (\$12,800 pesos). Los costos indirectos como el seguro agrícola y costos financieros equivalen al cuarto rubro de importancia económica, esto se da debido a la necesidad de solicitar un crédito de avío y el seguro correspondiente (el cual es requisito indispensable), con el objetivo de financiar aquellas actividades de mayor importancia económica, considerando la limitada disponibilidad de capital por los productores.

De acuerdo con Frías-Figueroa (2011), la agricultura de Valle de Santiago se encuentra inmersa en un proceso de crisis socioeconómica, el cual se manifiesta en la pérdida de rentabilidad y competitividad, deterioro de los recursos naturales y su contaminación, problemas de supervivencia de los productores en general, y de los campesinos en particular. Algunas de las causas se atribuyen al proceso registrado con las principales innovaciones tecnológicas que se impulsaron y realizaron por parte de las organizaciones de productores: 1) la labranza en surcos, acompañada del uso de maquinaria especial para ello, como lo es la sembradora de precisión; 2) la introducción de sistemas de riego y capacitación *ad hoc* para su manejo (riego por aspersión, compuertas y goteo); 3) prácticas de fertirriego; 4) control y manejo químico de plagas; 5) introducción continua de nuevas variedades mejoradas de granos (maíz, trigo, cebada, sorgo, y frijol), en fresa, hortalizas y nuevos forrajes, y 6) la reconversión de cultivos, algunos productores pasan de la producción de granos a las hortalizas.

Lo anterior, nos permite analizar cómo es que en Bajío, a causa de los bajos precios persistentes de los cereales y frente a los costos crecien-

tes para la producción, se configura una matriz de problemas mayores, asociados a procesos severos que repercuten en la dependencia creciente y la descapitalización, así como impactan en su viabilidad como productores agropecuarios.

Otra práctica sociotécnica fundamental en la intensificación agropecuaria en curso, es la utilización de los plaguicidas y herbicidas, ambos claves en la gestión de la agricultura industrial. En el cuadro 2 se presentan los nombres comerciales de los 32 plaguicidas (agrotóxicos para otros), mismos que fueron identificados como de uso frecuente en los sistemas de cultivo encuestados. Se detallan las sinonimias comunes, el grupo químico de pertenencia y, en particular, un comparativo de la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (2010) y la de *Pesticide Action Network* (PAN), en 2009. Los resultados muestran que, de acuerdo a la OMS, 12.5% de los pesticidas son extremadamente peligrosos y 21.9% corresponden a la clase de altamente peligrosos, es decir, uno de cada tres pesticidas son clasificados como extremada y altamente peligrosos. Sin embargo, la clasificación de PAN, en su clase de altamente peligrosos identifica 81.3% de los pesticidas utilizados cotidianamente en la producción de este cereal de mayor cobertura en superficie en El Bajío.

La importancia de conocer y evaluar los riesgos por plaguicidas radica en que se genera información de referencia para la toma de decisiones entre los actores involucrados, como sustento para planes de desarrollo alternativo en la gestión sanitaria de los cultivos y de la agricultura, que permitan, a su vez, generar procesos para mejorar la calidad de los productos para el consumidor y no impliquen contaminación o deterioro de los agroecosistemas.

Estructura espacial funcional que posibilita el acceso a los diversos factores de producción, tales como semillas, plaguicidas, herbicidas y fertilizantes

En Guanajuato se encuentran 495 negocios especializados en ventas de insumos agrícolas para la siembra de una amplia gama de cultivos de intereses económicos y sociales; localizados de manera prioritaria en los municipios del Bajío Guanajuatense (Cuadro 3).

Cuadro 2. Nombres comerciales, grupo químico y grado de toxicidad y peligro, según PAN y OMS, en pesticidas de uso generalizado en Bajío, Guanajuato

Nombre comercial	Sinónimos	Grupo Químico	PAN ⁵	OMS ⁶	Fuente
Lorsban	Clorpirifos	Organofosforado y piretroide	SI	IV Azul	1
Poncho	Cloronicotinilos	Neonicotinoides	NO	III Amarillo	1
Paratión metílico	Tiofosfatos	Organofosforado	SI	IV Azul	1
Denim	Benzoato de emamectrina	Avermectina	SI	V Verde	1
Palgus	Spinetorm	Sinosines	SI	V Verde	1
Disparo	Clorpirifos y permetrina	Organofosforado y piretroide	SI	III Amarillo	1, 4
Karate	Lambda cialotrina	Piretroide	SI	III Amarillo	1
Dimetoato/Dimetil	Dimetil	Organofosforado	SI	IV Azul	1
Matador	Metamidofos	Organofosforado	SI	V Verde	1
Force	Teflutrina	Piretroide	SI	IV Azul	2
Seiser	Bifentrina carboxilato	Piretroide	SI	III Amarillo	2
Cipermetrina	Cipermetrina	Piretroide	NO	IV Azul	2
Lucaphos 50	Diclorvos	Organofosforado	SI	V Verde	3
Lucamina 4	2, 4 D Herbicida	Clorfenoxi	SI	IV Azul	3
Start 36	Glifosato	Fosfonometil-glicina	SI	I Azul	3
Lucamet	Metamidofos	Organofosforado	SI	I Rojo	3

Lucafol/Lucaflow	Azufre elemental		NO	IV Azul	3
Jornal	Glofosato	Clorofenoxi	SI	IV Azul	3
Clorpirifos	Clorpirifos	Organofosforado y piretroide	SI	IV Azul	4
Forato	Cianamida americana	Organofosforado	NO	III Amarillo	4
Paratión metílico	Tiofosfato	Organofosforado	SI	IV Azul	4
Terbufos	Ácido fosforoditioico	Organofosforado	SI	I Rojo	
Carbofuran	Furodan; Kenofuran; Pillarfuran	Carbamato	SI	I Rojo	4
Diazinon	Ácido fosforotioico	Organofosforado	SI	IV Azul	4
Metamidofos		Organofosforado	SI	I Rojo	4
Teflutrin	Teflutrina	Piretroide	SI		4
Bifentrina		Piretroide	SI	III Azul	4
Cipermetrina	Alfa cipermetrina	Piretroide	NO	IV Azul	4
Endosulfan	Cyclodan, Endosulphan, Thiodan	Organoclorado	SI	III Amarillo	4
Profenofos	O-etil S-propil fosforotioato	Organofosforado	NO	III Amarillo	4
Dimetoato	Dimetil	Organofosforado	SI	IV Azul	4
Malatión	Cianamida americana	Organofosforado	SI	IV Azul	4

1. Encuesta directa entre agricultores
2. Comité Estatal de Sanidad Vegetal, 2015
(Campaña contra pulgón amarillo del sorgo)
3. Datos propios trabajo de campo en Salvatierra
4. Bernal *et al.*, 2012
5. http://www.rap-al.org/articulos_files/ListaPAN_HHP.pdf
6. http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/info_gral.html

Cuadro 3. Comercios de semillas, plaguicidas y fertilizantes según número de personas ocupadas, estado de Guanajuato

Estrato según personal ocupado	Total de negocios	Municipios en los que se encuentran
0 a 5	419	Abasolo, Acámbaro, Apaseo el Alto, Apaseo el Grande, Celaya, Comonfort, Cortázar, Cuerámbaro, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, Guanajuato, Huanímaro, Irapuato, Jaral del Progreso, Jerécuaro, León, Manuel Doblado, Moroleón, Ocampo, Pénjamo, Pueblo Nuevo, Purísima del Rincón, Romita, Salamanca, Salvatierra, San Diego de la Unión, San Felipe, San Francisco del Rincón, San José Iturbide, San Luis de la Paz, San Miguel de Allende, Santa Cruz de Juventino Rosas, Santiago Maravatío, Silao de la Victoria, Tarandacuao, Tarimoro, Uriangato, Valle de Santiago, Villagrán, Yuriria
6 a 10	39	Celaya, Cortázar, Huanímaro, Irapuato, Jaral del Progreso, León, Pénjamo, Pueblo Nuevo, Salamanca, Salvatierra, San Francisco del Rincón, Silao de la Victoria, Valle de Santiago, Villagrán
11 a 30	31	Abasolo, Celaya, Cortázar, Huanímaro, Irapuato, Jaral del Progreso, León, Pénjamo, Pueblo Nuevo, Salamanca, Valle de Santiago, Yuriria
31 a 50	3	Cortázar, Irapuato, Pénjamo
51 a 100	2	Celaya
101 a 250	1	Cortázar

Fuente: Elaboración propia con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2014. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue>.

Desde principios de los años ochenta, en El Bajío la participación en la producción y comercio de empresas multinacionales ha crecido significativamente. Lo anterior tiene importantes efectos en las empresas locales que se encuentran limitadas para competir con aquellas que manejan todo la cadena de valor, y pueden ofrecer mayores ventajas por su escala de negocios basada en grandes volúmenes.

Para el caso particular de Salvatierra, se registran 33 comercios dedicados a la venta al por mayor de insumos agrícolas, de éstos, sólo dos de ellos tienen empleados entre 6 y 10 personas, el resto son pequeños por su número de empleadas (entre 0 y 5). Estos negocios se encuentran ubicados principalmente en la cabecera municipal y en otras 3 comunidades, consideradas entre las más grandes del municipio; su ubicación geográfica estratégica facilita la adquisición y utilización de estos productos por los agricultores. Entre las empresas identificadas como dedicadas a la producción y comercialización de semillas se encuentran Monsanto (Cortázar, Irapuato, Villagrán), Dupont-Pioneer (Irapuato y Cortázar), Syngenta (Celaya) y Bayer (Guanajuato y Salamanca), las cuales tienen influencia en los municipios de Valle de Santiago y Salvatierra. También se encuentran en la región algunas de las empresas trasnacionales más importantes en la producción y distribución de fertilizantes, tales como Yara Internacional y Cargill, entre otras, mismas que comercializan a través de distribuidores, representantes locales y de manera directa a los clientes. Tienen importancia regional también las empresas con reconocimiento a nivel nacional, entre los cuales destacan Mezfer, Berentsen, Kasavi y Tepeyac, quienes, al igual que las grandes empresas, integran una diversidad de productos y servicios dirigidos a satisfacer necesidades de los productores, entre ellos: la asesoría técnica, el análisis de suelos y el financiamiento para la compra de insumos.

Contexto regional y algunos indicadores sobre los impactos entrópicos en el sistema hidrológico

El problema de la sobreexplotación de acuíferos en México se agudiza debido a la baja eficiencia en su uso y a la contaminación de las fuentes de abastecimiento. En el estado de Guanajuato la situación es grave y requiere alternativas inmediatas, las cuales pueden generarse mediante políticas que contribuyan a hacer más eficiente y racional el uso del agua (Guzmán *et al.*, 2009).

El aprovechamiento excesivo y no sustentable de numerosos acuíferos del estado de Guanajuato ha sido documentado por numerosos estudios. De acuerdo con Ortega, (2009) se han registrado diversas evidencias de contaminación en los 7000 km² del área de la cuenca de la Independencia (CI), tributaria de la cuenca Lerma-Chapala. En un área aproximada de 500 km² se detectó la presencia de altas concentraciones de arsénico (0.025-0.12 mg L⁻¹) y fluoruro (1.5-16 mg L⁻¹).

El estudio hidrológico del acuífero del Valle de Salvatierra-Acámbaro, realizado en 1998, registró un total de 386 aprovechamientos, de los cuales 338 corresponden a pozos, 27 a norias y 21 a manantiales. De estos aprovechamientos, 217 se utilizan en la agricultura, 99 se destina al agua potable de las comunidades, 32 son de uso doméstico, 16 tienen otros usos y 22 se encuentran fuera de uso. El estudio estimó que la recarga por flujo lateral al acuífero ascendió a 88.3 Mm³ año⁻¹; la extracción por bombeo dentro del área de balance fue de 161.87 mm³ año⁻¹; registrando, por tanto, un cambio de almacenamiento negativo, de 42 mm³ año⁻¹ (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, 2000). Entre la diversidad de aprovechamientos de aguas subterráneas, es frecuente el balance negativo originado por las elevadas extracciones de los acuíferos y las recargas de los mismos en términos insuficientes. Lo anterior demuestra la existencia de una amplia diversidad regional de prácticas sociotécnicas generalizadas, caracterizadas por su interés extractivo y utilitario para el uso de los acuíferos de manera no sustentable. Esta situación compromete el sistema geológico, teniendo

en cuenta que se registran: subsidencia, aparición de fallas, contaminación de acuíferos, con los consecuentes riesgos en la salud de los usuarios. De esta forma, se hace patente la competencia futura entre los diferentes tipos de uso de un recurso cada vez más escaso.

En general, los acuíferos del estado de Guanajuato se caracterizan por su sobreexplotación, lo cual es un indicador sintético de una modalidad de entropía social, la cual por su persistencia, su magnitud e inercia, es reflejo del proceso en curso de una forma de fractura del agroecosistema regional, poniendo en riesgo la viabilidad de un proyecto regional a mediano plazo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Extracción y déficit anual de acuíferos, estado de Guanajuato

Acuífero	Extracción	Déficit
Valle de Celaya	579	292
Irapuato-Valle Sgo.	430	40
Cuenca Alta del Río Laja	412	272
Silao-Romita	408	136
Laguna Seca	398	269
Pénjamo-Abasolo	333	108
Valle de León	204	48
Valle de Acámbaro	190	30
Río Turbio	183	73
Salvatierra-Acámbaro	109	34
Valle de la Cuevita	47	41
San Miguel de Allende	28	11
Balance	3321	1354

Balance en: mm³ año⁻¹

Elaborado con base en datos de recarga y déficit de Semarnat, 2001.

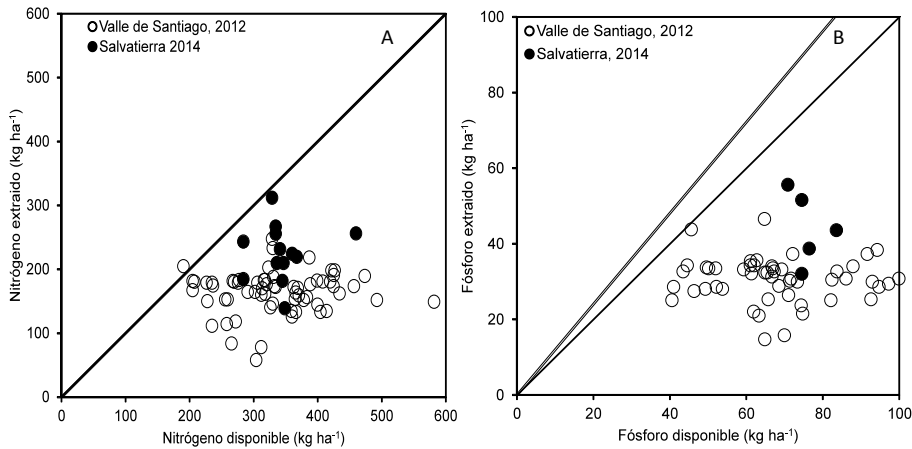
Fuente: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/CuadroIII.2.1.11_b.htm

El resultado de los balances muestra, en forma específica, que los acuíferos de Valle de Celaya, Cuenca Alta del río La Laja, Silao-Romita, Laguna Seca y Pénjamo-Abasolo, en global, contribuyen con un déficit de $1077 \text{ mm}^3 \text{ año}^{-1}$, equivalentes a 79.5% del total del déficit estatal de los 12 acuíferos. Cabe subrayar que el déficit representa 40.8% del total de las extracciones anuales. Es notoria la magnitud de la externalización de costos, pasivo ambiental y fragilización socioecológica, año con año.

Indicadores sobre la gestión de la fertilidad y cuestionamiento sobre su eficiencia

Los municipios de Salvatierra y Valle de Santiago contribuyen con 13.4% de la producción de maíz a nivel estatal (SIAP, 2015). En los sistemas de cultivo de maíz en Valle de Santiago y en Salvatierra se encontró una gran variación en el rendimiento de grano, este osciló entre 3 y 17 t ha⁻¹, con una media alrededor de 12 t. No se encontró una clara asociación entre la disponibilidad de nutrientes (incluyendo suelo y fertilizantes) y las cantidades extraídas para la producción de biomasa. Se encontró una amplia variación en el nitrógeno disponible en el suelo (191-582 kg ha⁻¹) (Figura 1A).

Figura 1. Nitrógeno disponible y nitrógeno extraído (A), y fósforo disponible y fósforo extraído (B) en sistemas de cultivo de maíz, de agricultores de Valle de Santiago y Salvatierra, Guanajuato



El N es aplicado en grandes cantidades, situación que fue más notoria en Valle de Santiago. Las amplias variaciones están asociadas a la disponibilidad de agua, calidad de suelo, densidad de población, material genético y recursos financieros. En las últimas décadas se han incrementado las dosis de fertilización, de 150 a 320 kg N ha⁻¹ (Fregoso *et al.*, 2002). La extracción varió entre 58 y 329 kg N ha⁻¹ (Figura 1A); se aprecia que el N disponible es superior al extraído. El balance indicó que en promedio 165 kg N ha⁻¹ no se están utilizando por los cultivos, lo que implica importantes pérdidas.

De acuerdo con Grageda-Cabrera *et al.* (2011), se estima que en El Bajío, importantes impactos ambientales están ocurriendo, asociados al manejo del nitrógeno debido a su susceptibilidad de pérdidas por volatilización, inmovilización y lixiviación (Liu *et al.*, 2006). La eficiencia de recuperación de fertilizantes nitrogenados es entre 20 y 40%; aproximadamente 260 mil toneladas de N no se recuperan por los cultivos; de las

cuales entre 20 y 30% se desnitrifica como óxido nitroso y N molecular; de 20 a 30% se lixivia como nitratos, y de 10 a 18% se volatiliza como amoníaco. Del dióxido de nitrógeno, 60% es proveniente del uso de fertilizantes (Reddy, 2015; Montzka *et al.*, 2011). Estas emisiones globales tienden a promover cambios en los regímenes climáticos con riesgos de graves consecuencias de retorno en la agricultura, considerando que sus ciclos ecológicos y económicos son determinados por las condiciones climáticas. Aunado a esta situación, la economía de los agricultores se ve seriamente afectada. Los fertilizantes representan alrededor de 30% de los costos de producción y su uso es ineficiente y desbalanceado. Son insuficientes los elementos técnicos para definir las dosis de fertilización estratificadas regionalmente y la oportunidad de su aplicación, así como promover y proporcionar asesoría técnica en el uso eficiente de nutrientes. Esta situación exige promover una estrategia en el manejo de fertilizantes que permita su uso eficiente, minimizar las pérdidas y sus consecuentes impactos ambientales.

En el caso del fósforo, su disponibilidad varió de 41 a 100 kg ha⁻¹, con una extracción de 15 a 56 kg P ha⁻¹ (Figura 1B). Las extracciones tendieron a ser inferiores a su disponibilidad. El balance indicó que hay un superávit promedio de 51 kg ha⁻¹. La aplicación de fósforo es una práctica común en la región, este elemento se caracteriza por su poca movilidad y baja eficiencia de recuperación por las plantas. Esto promueve su acumulación en el suelo, y puede estar disponible para los cultivos muchos años después de su aplicación (van Reuler y Janssen, 1996; Sanchez *et al.*, 1997; Janssen, 1998). El fósforo puede ser considerado como un factor no limitante, los suelos tienen cantidades altas y sus extracciones son relativamente bajas. En este contexto, es necesario valorar las reservas de este nutriente en el suelo y proponer, de igual forma que para el nitrógeno, prácticas de manejo eficientes, ambiental y económicamente.

CONCLUSIONES

La producción de cereales, y en particular del maíz, se encuentra inserta y asociada a una amplia red regional que ofrece soporte comercial para la venta y servicios de aprovisionamiento de una gran diversidad de insumos para la producción.

La gran mayoría de semillas utilizadas por los agricultores para la producción de cereales y maíz provienen de empresas transnacionales, lo cual evidencia la desaparición de variedades locales.

El manejo fitosanitario del principal cultivo regional es mayormente basado en el uso de plaguicidas altamente peligrosos (>80%), por lo cual son relevantes los riesgos de contaminación del suelo y el agua, así como de granos y diversos productos regionales.

La gestión de la fertilidad de los suelos es muy diversa entre los productores locales, y es frecuente el desconocimiento de información básica y competencias técnicas respecto a las necesidades nutrimentales de los cultivos, así como de las cantidades y oportunidades para aplicar nutrientes de manera eficaz.

Los cambios y procesos que ocurren durante la intensificación actual que tipifica el funcionamiento de la agricultura local, en los estudios de caso del Bajío Guanajuatense, son evidencias empíricas e indicadores de la fragilización agroecosistémica, misma que limita su viabilidad a mediano plazo. Dicha fragilización está asociada a la dependencia de productos e insumos y a otros factores de diversa naturaleza. Un modelo alternativo podría estar asociado a un manejo racional del agua, sin balance negativo; mejora de la eficiencia de las prácticas sociotécnicas, y la sustitución de factores de producción que limitan la calidad de los bienes agropecuarios y gestión durable de los recursos productivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar, G. y M. Sandoval, 1999, *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal*, Publicación Especial, núm. 10, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A. C., Chapingo, México.
- Bremner, M., 1965, "Inorganic forms of nitrogen", en Black, A. (Eds.), "Methods of soil analysis", part 2, , *Agronomy*, 9: 1179-1237.
- Bernal, M. *et al.*, 2012, "Contaminación por plaguicidas", en Pérez, R. (coord.), *Agricultura y contaminación del agua*, Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Cassman, G., 1999, "Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture", en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96: 5952-5959.
- Cassman, G., 2003, *Ecological intensification of agriculture and implicacions for improved water and nutrient management*, Dep. of Agronomy and Horticulture. Univ. of Nebraska-Lincoln, EEUU.
- Comisión Estatal de Aguas de Guanajuato, 2000, *Seguimiento del estudio hidrogeológico y modelo matemático del acuífero del Valle de Acámbaro*, Gto., México.
- Emanuelli, S. *et al.*, (comp. y Ed.), 2009, *Azúcar Roja desiertos verdes*, FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL, SAL.
- Flores, D. *et al.*, 2012, "Sistemas de cultivo y biodiversidad periurbana. Estudio de caso en la Cuenca del Río Texcoco", en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(2).
- Fregoso, L., 2007, "Cambios en las características químicas y microbiológicas de un vertisol inducidos por sistemas de labranza de conservación", en *Terra Latinoamericana*, 26: 161-170.
- Fregoso, L. *et al.*, 2002, *Efecto de sistemas de labranza sobre la calidad de vertisoles en El Bajío*, Publicación Técnica 1, Cenapros-INIFAP-Sagarpa, Morelia, Michoacán, México.

- Frías, J., 2011, "El proceso de innovación entre los campesinos de Valle de Santiago en el periodo 1998-2008", en *Economía y Sociedad*, 14 (28): 95-124.
- Grageda, O. *et al.*, 2004, "Pérdidas de nitrógeno por emisión de N₂ y N₂O: diferentes sistemas de manejo y tres fuentes nitrogenadas", en *Agrociencia*, 38: 625-633.
- Grageda, O. *et al.*, 2011, "Fertilizer dynamics in different tillage and crop rotation systems in a vertisol in Central Mexico", en *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89: 125-134.
- Guzmán, E. *et al.*, 2014, "Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato", en *Análisis Económico* 29(70): 145-156.
- Guzmán, E. *et al.*, 2009, "Consumo de agua subterránea en Guanajuato, México", en *Agrociencia*, 43 (7): 749-761.
- IAASTD, 2009, *Evaluación internacional del conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola en América Latina y el Caribe*, México.
- Janssen, H., 1998, "Efficient use of nutrients: an art of balancing", en *Field Crops Research*, 56: 197-201.
- King, A., 2007, Diez años con el TLCAN: revisión de la literatura y análisis de las respuestas de los agricultores de Sonora y Veracruz, México, Congressional Hunger Center, Centro Internacional Mejoramiento de Maíz y Trigo, Informe especial 07-01.
- Liu, X. *et al.*, 2006, "Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review", en *Plant soil Environment*, 52 (12): 531-543.
- Montzka, A. *et al.*, 2011, 2011, "Non-CO₂ greenhouse gases and climate change", en *Nature*, 476: 43-50.
- Navarro, H. *et al.*, 2012, "La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales", en *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1): 71-86.
- Organización mundial de la salud (OMS), 2010, *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification* 2009, WA 240.

- Ortega, M., 2009, "Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México", en *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 2009, 26 (1): 143-161.
- Pesticides Action Network, 2009, Lista de plaguicidas altamente peligrosos, Hamburgo, Alemania, en http://www.rap-al.org/articulos_files/ListaPAN_HHP.pdf
- Reddy, P., 2015, *Climate Resilient Agriculture for Ensuring Food Security*, Springer India.
- Sagarpa, 2012, *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México. Estratificación, caracterización y problemática de las Unidades Económicas Rurales*, México.
- Sanchez, A. et al., 1997, "Soil fertility replenishment in Africa: an investment in natural resource capital, en Buresh, J. et al., (Eds.), *Replenishing Soil Fertility in Africa. SSSA Special Publication*, vol. 51, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Van, H. y H. Janssen, 1996, "Optimum NPK management over extended cropping periods in south-west Côte d'Ivoire", en *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 44: 263-277.
- SIAP, 2015, en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/info_gral.html.

