

El sistema agrícola de Salvatierra como un sistema complejo

The Salvatierra agricultural system as a complex system

Ernesto Cárdenas Bejarano¹, Juan Felipe Núñez Espinoza², Hermilio Navarro Garza², Ma. Antonia Pérez Olvera², León Gildardo Velázquez Beltrán³.

¹Universidad Intercultural del Estado de México, ²Colegio de Posgraduados, ³Universidad Autónoma del Estado de México.
nunezej@colpos.mx²

Resumen

En la región del “Bajío”, Guanajuato, se ha desarrollado un modelo agroindustrial orientado a la producción de diversos cultivos. Dicho modelo se ha construido, sobre un conjunto de prácticas agrícolas, que emergieron con la Revolución Verde y se han implementado a través de paquetes tecnológicos. Para explicar los procesos de transformación y adaptación de los ecosistemas a la dinámica de la producción agrícola se ha recurrido al paradigma productivista y economicista, el cual ha resultado insuficiente para explicar la complejidad agroecosistémica y sus componentes socio-estructurales. Por ello en el presente estudio se recurre a la perspectiva de los sistemas complejos para estudiar la dinámica del sistema agrícola del municipio de Salvatierra. El objetivo fue identificar y analizar los elementos, las interacciones y retroalimentaciones del sistema agrícola de Salvatierra, desde la perspectiva de los sistemas complejos. Para ello se recurrió a fuentes bibliográficas, se efectuaron recorridos de campo, además de entrevistas a funcionarios y técnicos agropecuarios. Se encontró el predominio de monocultivos de cereales y hortalizas producto de la promoción de diversos cambios tecnológicos, con la finalidad de expandir la frontera agrícola e intensificar el ritmo de producción mediante el uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, con la consecuente contaminación de agua, suelo y aire, además de resistencia a plaguicidas, pérdida de biodiversidad y la fertilidad de los suelos. También se ha generado una dependencia tecnológica por parte de los productores agrícolas, situación que beneficia a las corporaciones mediante el incremento en la venta de insumos agrícolas. Se concluye que, el sistema agrícola de Salvatierra es un sistema complejo en donde interactúan elementos sociales, naturales, económicos, políticos y tecnológicos. El análisis de los múltiples elementos que participan en la actividad agropecuaria de Salvatierra, así como las diversas relaciones generadas entre los mismos, permite identificar determinadas dinámicas y confluencias.

Palabras clave: actores sociales, alimentos, autopoiesis, estructura, paquetes tecnológicos.

Introducción

Hacia la mitad del siglo pasado, en México y la mayor parte del mundo, se inició la transición del sistema agrícola “tradicional” hacia un sistema agroindustrial denominado Revolución Verde, basado en el uso de paquetes tecnológicos (Otero, 2013; Chilón, 2017). Esta transición se intensificó en los años 80's con la implementación de programas neoliberales de ajuste estructural en América Latina (Calva, 2007; Gil, 2015; Bejarano, 2017). Como resultado, en regiones como Salvatierra predomina la agricultura industrial.

En la región del “Bajío”, Guanajuato, se ha desarrollado un modelo agroindustrial orientado a la producción de diversos cultivos. Dicho modelo se ha construido, sobre un conjunto de prácticas agrícolas, las cuales emergieron con la Revolución Verde y se han implementado a través de paquetes tecnológicos. Para explicar los procesos de transformación y adaptación de los ecosistemas a la dinámica de la producción agrícola se ha recurrido al paradigma productivista y economicista, el cual ha resultado insuficiente para explicar la complejidad agroecosistémica y sus componentes socio-estructurales (Casanova et al., 2015; Cárdenas et al., 2023). Por ello en el presente estudio se recurre a la perspectiva de los sistemas complejos para identificar algunos de los elementos del sistema, sus interacciones y retroalimentaciones, los cuales conforman y permiten el funcionamiento del sistema agrícola del municipio de Salvatierra.

Sistemas complejos

Un sistema puede ser definido como un complejo de elementos interactuantes, e independientes, que definen una cierta estructura, que se encuentran dentro de un límite tal que los elementos dentro del límite tienen fuertes relaciones funcionales entre sí y que funcionan como una unidad (Bertalanffy, 1976; Conway, 1983). Por su parte, lo complejo tiene su raíz en el “término *complexus*, como “lo que está tejido en conjunto”, o lo conjuntamente entrelazado (Moreno, 2002). En este sentido, un sistema complejo es la representación de un recorte de la realidad, en donde existen interacciones y retroalimentaciones, el conjunto de sus relaciones constituye la estructura, que le permite funcionar como una totalidad (Morín, 2004; García, 2006; García, 2011). En este contexto, puesto que el sistema es la unidad de complejidad, sus elementos son indisociables y no pueden ser estudiados aisladamente, puesto que, la simplificación disuelve la estructura, la organización y el sistema mismo (Morín, 2004; Morin, 2006; García, 2006; García, 2011). En este sentido, la organización sistémica permite la conformación y reproducción del sistema como unidad (Morin, 2006; Calderón, 2017). En este contexto el análisis de los sistemas complejos se basa en el estudio de la interacción entre sus elementos, así como sus ensamblajes o articulaciones (González, 2017; Tabares y Correa, 2014). La complejidad tiene una naturaleza relacional y su análisis está orientado a retratar lo que se percibe de la realidad, así como del sistema en conjunto, considerando las distintas interacciones entre sus componentes (Gómez y Andrés, 2002). Y uno de los sistemas que podría entrar dentro de la categoría, de sistema complejo, sería el sistema agrícola

No obstante, los modelos de desarrollo agrícola que se implementaron en México a partir de mediados del siglo XX, han sido explicados la mayoría de las veces desde un paradigma productivista y economicista. Sin embargo, la complejidad agroecosistémica inherente a cada sistema agrícola de producción y los componentes socio-estructurales propios de cada realidad agrícola (Casanova et al., 2015; Sánchez et al., 2016) expusieron la insuficiencia de dicho paradigma, por lo tanto, se propone la perspectiva de los sistemas para su interpretación.

La agricultura como sistema complejo

Los espacios agrícolas son sistemas complejos y dinámicos puesto que emergen de la interacción de diversos procesos y elementos. En este sentido, ha habido algunos esfuerzos para abordarla desde la perspectiva de los sistemas complejos (Casanova et al., 2015). Los sistemas de producción agrícola se encuentran conformados por las distintas interacciones existentes entre los elementos sociales, económicos y naturales los cuales están influenciados por marcos tecnológicos, políticos y culturales (Casanova et al., 2015; Godoy et al., 2019; Van Hecken et al., 2019). Desde esta perspectiva, las actividades efectuadas por el hombre perturban el medio ambiente y las condiciones de este último afectan el desarrollo de las actividades del ser humano (Calderón, 2017). Así, las transformaciones en cada uno de los componentes del sistema tienen efectos en todos los subsistemas y por tanto en todo el sistema, es decir que a partir de las interacciones es posible analizar los procesos de cambio, adaptación, y autoorganización que se presentan en el sistema (Salas et al., 2011). Por lo tanto, el análisis de los sistemas agrícolas es esencial para entender sus dinámicas y para la preservación del entorno (Calderón, 2017), sin embargo, generalmente se aborda cada elemento por separado. En este contexto, en el presente trabajo se efectúa un acercamiento a la agricultura de Salvatierra como un sistema complejo identificando y describiendo los elementos económicos, sociales, naturales, tecnológicos y políticos que la conforman.

Materiales y métodos

Como primera parte de la investigación se realizó una revisión de material bibliográfico, con el propósito de conocer el estado de arte sobre sistemas complejos. Como segundo paso se seleccionó el municipio de Salvatierra como espacio de estudio, debido a su importancia en la producción agrícola, pues forma parte del Bajío guanajuatense, el cual en algún momento fue considerado el granero de México. En este municipio, se cosechan de 32 a 40 diferentes variedades de cultivos (López et al., 2016; Tristán et al., 2020). Con respecto a la producción pecuaria se reporta la presencia de aves, cerdos y cabras principalmente (López et al., 2016), aunque la producción de animales se ha reducido por la creciente urbanización. Otro aspecto importante es que el 87% del total del agua extraída en Guanajuato se dedica al uso agrícola; esto, sumado a la creciente demanda de los sectores urbano e industrial, da como resultado una presión enorme sobre los recursos hídricos (Pérez, 2012).

Posteriormente, en los años 2019-2021, se realizaron recorridos de campo, los cuales permitieron identificar diversas características de los sistemas agrícolas. Además, se aplicaron 8 entrevistas con carácter exploratorio a técnicos del módulo de riego e investigadores y docentes del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra (ITSS), entre otros, con la intención de identificar elementos y actores clave para el sector agrícola de la región.

Resultados

La actividad agrícola en Salvatierra es diversa (Tabla 1), aunque está orientada a satisfacer demandas del mercado, por ello, esta actividad es permanentemente modificada por aspectos como el crecimiento urbano, la migración, el incremento de la delincuencia (elementos sociales), pero sobre todo por la creciente demanda internacional (elemento económico) de alimentos, entre los que destacan las hortalizas, tal como lo afirman Paredes et al., (2011).

Tabla 1. Cultivos presentes en Salvatierra

Cultivo	N. científico	Cultivo	N. científico	Cultivo	N. científico
Agave	<i>Agave tequilana</i>	Chícharo	<i>Pisum sativum</i>	Maíz	<i>Zea mays</i>
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Chile	<i>Capsicum annuum</i>	Melón	<i>Cucumis melo</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Col	<i>Brassica oleracea</i>	Nopal	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Coliflor	<i>Brassica oleracea</i>	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>	Durazno	<i>Prunus persica</i>	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i>	Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>
Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>	Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Tomate	<i>Physalis philadelphica</i>
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	Jitomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	Gladiola	<i>Gladiolus communis</i>	Trigo	<i>Triticum spp</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Uva	<i>Vitis vinifera</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Haba	<i>Vicia faba</i>	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Jícama	<i>Pachyrhizus erosus</i>	Cempasúchil	<i>Tagetes erecta</i>
Chayote	<i>Sechium edule</i>	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>		

Fuente: Elaboración propia con base en Hernández y Pérez

(2011), Tristán et al., (2020) y actores agrícolas de Salvatierra.

Lo anterior, sumado a la interacción con otros elementos del sistema ha provocado cambios en el manejo de los recursos, medio ambiente y organización social de los productores, así como la implementación de sistemas de producción diversos, especializados y de alta productividad, lo cual coincide con lo reportado por Tristán et al., (2020).

Por otra parte, en México, como parte de la política agropecuaria (elemento político), se han implementado los servicios de extensionismo para promover el desarrollo de la actividad agrícola a través de paquetes tecnológicos (Figura 1) (Núñez, 2020), los cuales a su vez son promovidos por corporaciones transnacionales. Un ejemplo reciente de lo anterior, con injerencia directa en la región, es el Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro) en las cuales participan el CIMMYT y la SADER.



Figura 1. Los paquetes tecnológicos han permitido el desarrollo del sistema agrícola de Salvatierra

Fuente: Elaboración propia.

Además, en todas las fases de la producción agroindustrial de Salvatierra intervienen diferentes actores sociales los cuales de acuerdo a su procedencia tienen un alcance mundial, nacional, regional y local. Muchos de estos actores participan en la difusión de paquetes tecnológicos (elementos tecnológicos). La implementación de los paquetes tecnológicos: uso de semillas híbridas, uso de agroquímicos, uso de fertilizantes, uso de maquinaria agrícola, acceso a agua para riego, servicios de extensionismo y comercialización de los productos ha permitido el desarrollo de la agricultura industrial (Figura 2).

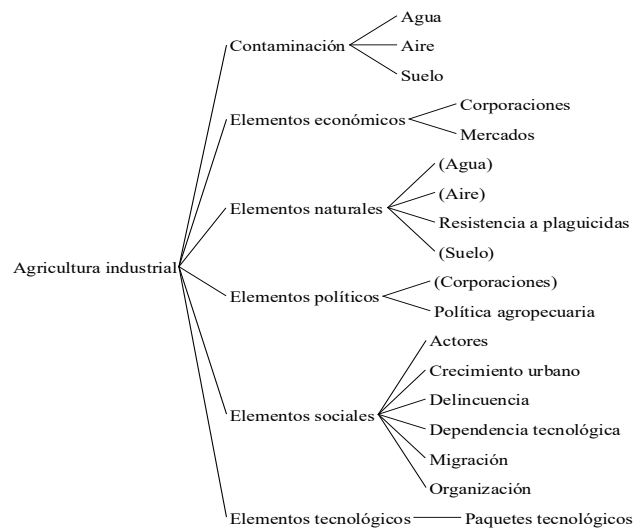


Figura 2. Interacciones entre elementos del sistema agrícola de Salvatierra

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de lo anterior, se ha incrementado la producción en la región, pero también se ha generado dependencia tecnológica, contaminación de los recursos naturales como el suelo, el agua y el aire, pérdida de biodiversidad y la proliferación de plagas (elementos naturales). Lo que está ocasionando una mayor vulnerabilidad de los agroecosistemas y poniendo en riesgo la viabilidad del sistema de producción agrícola predominante en Salvatierra. Dicho fenómeno encontrado, concuerda con lo reportado por Navarro et al., (2015), quienes afirman que el modelo de producción agroindustrial ha generado una serie de impactos que han fragilizado los agroecosistemas.

Lo descrito previamente permitió identificar elementos en interacción del sistema agrícola de Salvatierra (Figura 2), los cuales permiten su conformación, organización, funcionamiento y auto-reproducción o parafraseando a Maturana y Varela, (1998) su propia autopoiesis como sistema mismo.



Con respecto a la contaminación de los elementos naturales, lo encontrado en Salvatierra coincide con lo reportado por diversos autores quienes reportan que, si bien la agricultura industrial ha contribuido al incremento de la productividad agrícola, también ha traído consigo diversas problemáticas sociales, ecológicas y sanitarias encadenadas entre sí. Al respecto, diversos autores (Bernal et al., 2012; González, 2012; Gil, 2015; Pérez et al., 2017; Sarandón, 2020) manifiestan que, la agricultura industrial ha ocasionado problemas de salud a la población, resistencia a los agrotóxicos, contaminación de los recursos, suelo, agua y aire, el abatimiento de los mantos freáticos, la degradación y salinización de suelos y la pérdida de biodiversidad, además de la proliferación incontrolada de plagas.

Conclusiones

El sistema agrícola de Salvatierra se concibe como un sistema complejo, debido, a su constitución dinámica, en donde cada cultivo requiere de un proceso particular de organización de los recursos humanos, técnicos, naturales, etc., en el tiempo y espacio social de los productores, por lo tanto, hablar del “sistema agrícola” en Salvatierra, es referirnos a distintos y diversos subsistemas que se van modificando en el tiempo y se van autorreproduciendo en función de las múltiples interacciones posibles entre estos elementos.

Así mismo en la estructura del sistema agrícola intervienen múltiples elementos y actores, cuyas interacciones permiten determinadas dinámicas y confluencias entre dichos elementos, conformando la estructura del sistema y determinando su funcionamiento. Es pertinente analizar las dinámicas de los sistemas agrícolas debido a la creciente descomposición de estos a raíz de la actividad humana, y la necesidad de producir alimentos. En este contexto, consideramos como necesidad el análisis de la agricultura desde la perspectiva de los sistemas complejos, como un esfuerzo para buscar la sustentabilidad de los mismos.

Referencias

- Bernal, G. M., Jara, D. A., Santos, B. A. y Zavala, V. J. (2012). Contaminación por plaguicidas. En R. Pérez (Coord.). Agricultura y contaminación del agua (pp. 173-206). UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Bertalanffy, L. (1976). Teoría General de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica.
- Calderón, C. R. (2017). Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio. Gedisa Editorial.
- Calva, J. L. (2007). Políticas de desarrollo agropecuario. En J. Calva (Coord.), Desarrollo agropecuario, forestal y pesquero (pp. 17-33). Miguel Ángel Porrúa.
- Cárdenas, B. E., Núñez, E. J. F., Navarro, G. H., Pérez, O. M. A., y Velázquez, B. L. G. (2023). Prácticas sociotécnicas agrícolas en Salvatierra, Guanajuato: una aproximación sistémica al modelo agro-pedagógico inducido. *Textual*, (81), 175–204. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2023.81.10>
- Casanova, P. L., Martínez, D. J. P., López, O. S., Landeros, S. C., López, R. G. y Peña, O. B. (2015). Enfoques del pensamiento complejo en el agroecosistema. *Interciencia*, 40 (3), 210-216.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1 (91), 21-29.
- Chilón, C. E. (2017). “Revolución Verde” Agricultura y suelos, aportes y controversias. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA*, 844-849.
- Conway, G. R. (1983). Agroecosystem Analysis. Imperial College Centre for Environmental Technology.
- Fernández, G. E. y del Carpio, O. P. S. (2018). Formas de inversión migrante. Remesas y retornados inversores en Salvatierra, Guanajuato. *Trama, revista de ciencias sociales y humanidades*, 7 (2), 87-106.
- García, R. (2006). Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Gedisa.
- García, R. (2011). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de las Ciencias Sociales*. 1 (1), 65-101.
- Gárgano, C., (2018). Ciencia, Tecnología y Mercado: Investigaciones en Arroz en el INTA Argentino. *Journal of technology management & innovation*. 13 (1), 75–83. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242018000100075>
- Gil, M. J. (2015). Neoliberalismo, políticas agrarias y migración. Consecuencias de un modelo contra los productores. *Ra Ximhai*, 11 (2), 145-162.
- Godoy, Y., Pellegrini, N., y Herrera, F. (2019). Comprensión de los Agroecosistemas como Sistemas Socioecológicos. Caso de Estudio: Horticultura Larense. *Tekhné*, 22(1), 44-49.
- Gómez, M. R. y Andrés, J. J. (2002). De los principios del pensamiento complejo. En M. Velilla (Comp). Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo (pp. 116-120). Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior.
- Gómez, O. L. y Tacuba, S. A. (2017). La política de desarrollo rural en México. ¿Existe correspondencia entre lo formal y lo real? *Journal of Economic Literature*, 14 (42), 93-117.
- González, C. P. (2017). Las nuevas ciencias y humanidades: de la academia a la política. CLACSO.
- González, R. C. (2012). Sustentabilidad de las prácticas agrícolas. En Pérez, E. R. H. (Coord.). Agricultura y contaminación del agua (pp. 233-253). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Hernández, P. J. T. y Pérez, H. C. M. (2011). Contribución del módulo de riego 02 Salvatierra en el Desarrollo Regional [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guanajuato].
- López, L. G., Valdés, C. A. y Ferro, V. L. E. (2016). Análisis sociológico de la problemática agropecuaria en el municipio de Salvatierra, Guanajuato. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 5 (10), 1-27.
- Maturana, R. H. y Varela, G. F. J. (1998). De máquinas y seres vivos. Editorial Universitaria.
- Montalvo, G. S. B. y León, A. M. (2016). Migración y migrantes como actores sociales del Desarrollo en Salvatierra, Guanajuato. Jóvenes en la Ciencia. *Revista de divulgación científica*, 2 (1), 745-748.
- Moreno, J. C. (2002). Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: sistémica, cibernética e información. En M. A. Velilla (Comp). Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo (pp. 11-37). ICFES.
- Morin, E. (2004). La epistemología de la complejidad. *Gazeta de antropología*, 20, 1-14. <http://hdl.handle.net/10481/7253>
- Morin, E. (2006). El método I. La naturaleza de la naturaleza. Cátedra.

- Navarro, H., Flores, D., Pérez, M. A. y Pérez, L. M. (2015). Intensificación agrícola, prácticas sociotécnicas e impactos ecológicos y sociales en el Bajío. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 15 (30), 135-159.
- Núñez, E. J. F. (2020). Estructura social y resiliencia en instituciones mexicanas de investigación agropecuaria. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 65 (240), doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2020.240.68597>
- Otero, G., (2013). El régimen alimentario neoliberal y su crisis: estado, agroempresas multinacionales y biotecnología. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 17, 49-78. <http://dx.doi.org/10.7440/antipoda17.2013.04>
- Paredes, M. R., Mandujano, B. A., Gámez, V. A. J. y García, N. H. (2011). Actualización del mapa de uso del suelo agrícola en el Estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2 (1), 85-96.
- Pérez, O. M. A., Navarro, G. H., Flores, S. D., Ortega, N. y Tristán, M. E. (2017) Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en el Bajío de Guanajuato. En F. Bejarano (Coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (pp. 221-246). Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México.
- Salas, Z. W., Ríos O. L. y Álvarez C. J. (2011). La ciencia emergente de la sustentabilidad: de la práctica científica hacia la constitución de una ciencia. *Interciencia*, 36 (9), 699-706.
- Sánchez, O. J., Argumedo, M. A., Álvarez, G. J. F., Méndez, E. J. A. y Ortiz, E. B. (2016). Análisis económico del sistema sociotécnico del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Acta Universitaria*, 26 (3), 95-104.
- Sarandón, S. J. (2020). El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina. *Friedrich-Ebert-Stiftung*.
- Steffen, R. C. y Echánove, H. F. (2005). El modelo neoliberal y el difícil proceso organizativo que viven los ejidatarios mexicanos productores de granos. *Polis*, 1 (1), 211-233.
- Tabares, Q. J. y Correa, V. S. (2014). Tecnología y sociedad: una aproximación a los estudios sociales de la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 9 (26), 129-144.
- Tristán, M. E., Pérez, O. M. A., Flores, S. D., Hernández, J. M. y Navarro, G. H. (2020). Sistemas de producción como respuesta a una agricultura industrial y a un desarrollo territorial duradero. *Ra Ximhai*, 16 (2), 167-187.
- Van Hecken, G., Merlet, P., Lindtner, M. y Bastiaensen, J. (2019). ¿Pueden los pagos por servicios ambientales frenar la deforestación en la frontera agrícola de Nicaragua? Un análisis desde los sistemas agrarios. En L. Durand, A. Nygren y de la Vega-Leinert (Coords). *Naturaleza y neoliberalismo en América Latina* (pp. 127-164). Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM.
- Vélez, I. A., Espinosa G. J. A., Borja B. M. y Reyes M. L. (2013). El mercado y la cadena productiva de los rastrojos en la región El Bajío. En L. Reyes, T. Camacho y F. Guevara (Coord.). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México* (pp. 137-185). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.