

Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco*

Ecological practices in *Agave tequilana* Weber under two culture systems in Tequila, Jalisco

Lusmila Herrera-Pérez¹, Esteban Valtierra-Pacheco^{1§}, Ignacio Ocampo-Fletes², Mario Alberto Tornero-Campante², Jorge Antonio Hernández-Plascencia² y Ramón Rodríguez-Macías³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Estado de México, México. CP. 56230, (lusmilah@hotmail.com). ²Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, Puebla. CP. 72760, (agroecologia_iof@yahoo.com; mtornero@colpos.mx; jorgehp06@yahoo.com.mx). ³Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez Núm. 2 100. Nextipac, Zapopan, Jalisco. CP. 45510. (ramonrod@cucba.udg.mx). [§]Autor para correspondencia: evaltier@colpos.mx.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue comparar dos formas de manejo del agrosistema para la producción de *Agave tequilana* Weber var. azul en el municipio de Tequila, Jalisco con base en las prácticas agroecológicas realizadas por los productores en el agrosistema tradicional con policultivo (ATP) y en el agrosistema convencional con monocultivo (ACM). Se aplicó una encuesta a 25 productores del ATP y a 25 productores del ACM en 2015. Ocho prácticas del cultivo fueron consideradas: 1) intercalado de cultivos (policultivo); 2) incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado; 3) plantación de agave en curvas a nivel; 4) obras de conservación de suelo y agua; 5) rotación de cultivos; 6) descanso de tierras; 7) escalonado del cultivo del agave; y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas. Los resultados muestran que los productores realizan más prácticas agroecológicas en el ATP que en el ACM. Las prácticas de intercalado de cultivos y rotación de cultivos fueron las prácticas que tuvieron diferencias más significativas entre el ATP y el ACM. Se generó el índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) con el número de prácticas agroecológicas. La

Abstract

The objective of this research was to compare two agrosystem management forms for the production of *Agave tequilana* Weber var. Azul in Tequila, Jalisco based on the agroecological practices carried out by the producers in the traditional agrosystem with polyculture (ATP) and in the conventional agrosystem with monoculture (ACM). A survey was applied to 25 ATP producers and 25 ACM producers in 2015. Eight cropping practices were considered: 1) crop intercalation (polyculture); 2) incorporation of organic matter into the soil by livestock grazing; 3) agave plantation in level curves; 4) soil and water conservation works; 5) crop rotation; 6) land rest; 7) terrace cultivation of the agave; and 8) decreased application of herbicides. The results show that farmers perform more agroecological practices in the ATP than in the ACM. The practices of crop intercalation and crop rotation were practices that had the most significant differences between ATP and ACM. The index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) with the number of agroecological practices was generated. Most ACM (60%) were classified as having an average level (3 to 4 agroecological practices)

* Recibido: mayo de 2017
Aceptado: agosto de 2017

mayor parte de los ACM (60%) se clasificaron con un nivel medio (3 a 4 prácticas agroecológicas) y la mayoría de los ATP (72%) alcanzaron una clasificación de alto o muy alto (5 a 7 prácticas). La conclusión es que el ATP tiende a ser más sustentable que el ACM porque tiene un IPAAT mayor.

Palabras clave: *Agave tequilana* Weber var. azul., agrosistema, manejo agroecológico, monocultivo, policultivo.

Introducción

El sistema agrícola dominante en el paisaje agavero del municipio de Tequila es el monocultivo de *Agave tequilana* Weber var. azul, que se caracteriza por un alto grado de intensificación de prácticas de cultivo, extensas superficies cubiertas por agave, alteración de diversos ecosistemas, efectos negativos en la biodiversidad e incertidumbre en la comercialización de la bebida “tequila” (Valenzuela, 2003; Suárez, 2011; Hernández, 2014).

En la región sur del estado Zizumbo *et al.* (2013) reportan que la expansión de monocultivo de agave generó erosión del suelo, contaminación, desplazamiento de cultivos alimentarios tradicionales y variedades locales, que amenaza la biodiversidad agrícola en la zona centro-oeste y sur del estado (Vargas *et al.*, 2007) y daña al cultivo por la presencia de problemas fitopatológicos debido al ciclo biológico largo (Santacruz *et al.*, 2008).

En la región de Tequila, Jalisco se realizan dos formas de manejo del sistema agrícola agave (Ceja *et al.*, 2011), estas son: a) agrosistema convencional con monocultivo (ACM) caracterizado por el uso del suelo dedicado exclusivamente al cultivo *Agave tequilana* para venta de la piña en la producción de tequila, terrenos mayormente planos y uso mecanizado, mano de obra mixta (familiar y contratada), esta última a cargo principalmente de las tequileras y b) agrosistema tradicional con policultivo (ATP) en el los productores realizan prácticas agrícolas tradicionales que intercalan maíz y frijol. Se ha documentado que el agave es intercalado con cacahuete, jamaica y frutales (Herrera, 2013). Las prácticas agrícolas difieren después de la plantación ya que los agaveros que intercalan cultivos realizan un número mayor de labores, pero obtienen mayor productividad al diversificar.

and the majority of ATP (72%) reached a high or very high classification (5 to 7 practices). The conclusion is that the ATP tends to be more sustainable than the ACM because it has a higher IPAAT.

Keywords: *Agave tequilana* Weber var. azul., agroecological management, agrosystem, monoculture, polyculture.

Introduction

The dominant farming system in the agave landscape of Tequila municipality is monoculture of *Agave tequilana* Weber var. azul, characterized by a high degree of intensification of cultivation practices, extensive areas covered by agave, alteration of diverse ecosystems, negative effects on biodiversity and uncertainty in the commercialization of the beverage “tequila” (Valenzuela, 2003; Suárez, 2011; Hernández, 2014).

In the southern region of the state Zizumbo *et al.* (2013) report that the expansion of agave monoculture generated soil erosion, pollution, displacement of traditional food crops and local varieties, which threatens agricultural biodiversity in central-west and south areas of the state (Vargas *et al.*, 2007) and damages crops due to the presence of phytopathological problems due to the long life cycle (Santacruz *et al.*, 2008).

In the Tequila, Jalisco region two management forms of the agave agricultural system are realized (Ceja *et al.*, 2011), these are: a) conventional agrosystem with monoculture (ACM) characterized by land use dedicated only to *Agave tequilana* cultivation these are performed for selling the piña in the production of tequila, mainly flat land and mechanized use, mixed labor (family and contracted), the latter mainly in charge of tequila producers and b) traditional agrosystem with polyculture (ATP) in which producers carry out traditional agricultural practices that mainly interweave maize and beans. It has been documented that the agave is intercalated with peanuts, jamaica and fruit trees (Herrera, 2013). Agricultural practices differ after planting, as crop-intercropping agave farmers do more work, but gain more yield by diversifying.

Las principales desventajas que presentan los monocultivos (ACM) son: la vulnerabilidad alta de sistemas ecológicamente artificiales y genéticamente homogéneos al cambio climático, resiliencia baja a eventos climáticos extremos y susceptibilidad a plagas, carecen de biodiversidad y suelo biológicamente activo, ineficiente reciclaje de nutrientes y dependencia a insumos externos y un alto empleo de agroquímicos (Sevilla y Soler, 2010; Altieri y Toledo, 2011; Gliessman, 2013).

Las repercusiones ambientales negativas identificadas de ACM sobre todo en cultivos industriales, son: contaminación, agotamiento de fuentes de agua, incidencia en la desertificación de suelos y deforestación.

Por otra parte, González (2011) menciona que grandes superficies de agave se han deteriorado y abandonado de forma intencional con el objetivo de inducir un cambio de cultivo, principalmente al maíz. Por lo tanto, es recomendable evitar el monocultivo y privilegiar la pluriactividad productiva del agave; es decir, la diversificación de actividades como la ganadería, turismo, introducción de especies de agaves nativas y cultivos intercalados.

La diversidad de actividades puede contribuir a mejorar los ingresos y la disponibilidad de alimentos de los productores y sus familias del municipio de Tequila y minimizar la dependencia del cultivo de agave azul. En ese mismo sentido, Armbrecht (2009) señala que los cultivos intercalados se caracterizan por: la diversificación productiva, el uso de tecnologías ecológicas, mayores rendimientos, reducción del daño por plagas y maleza y mejorar la eficiencia del uso de agua, energía, luz y nutrientes porque las diferentes especies de plantas se ubican en diferentes alturas, doseles y necesidades, también tienen una mejor eficiencia edáfica (Yahuza, 2011). De esta manera, los policultivos presentan mejores condiciones, los agaveros tequileros intercalan el agave con otros cultivos como maíz, frijol, calabaza, cacahuate, frutales, principalmente, además garbanzo y sorgo (Valenzuela, 2003; Gómez, 2012).

Con base en lo anterior, se estudió el sistema de producción de *Agave tequilana* bajo un enfoque agroecológico que posibilita un acercamiento al análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas. Bajo estas premisas, se identificaron ocho prácticas que pueden calificarse como agroecológicas tales como: 1) intercalado de cultivos (policultivo); 2) incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado; 3) plantación de agave en curvas a nivel; 4) obras

The main disadvantages shown by monocultures (ACM) are the high vulnerability of ecologically artificial and genetically homogeneous systems to climate change, low resilience to extreme climatic events and susceptibility to pests, lack of biodiversity and biologically active soil, inefficient recycling of nutrients and dependence on external inputs and high agrochemicals use (Sevilla and Soler, 2010; Altieri and Toledo, 2011; Gliessman, 2013).

The identified negative environmental impacts of ACM, especially in industrial crops, are: pollution, depletion of water sources, incidence of soil desertification and deforestation.

On the other hand, González (2011) indicates that large areas of agave crops have been intentionally deteriorated and abandoned aiming to induce a change of crop, mainly maize. Therefore it is advisable to avoid monoculture and privilege productive pluriactivity in the agave, that is to say, the diversification of activities such as cattle raising, tourism, introduction of species of native agaves and intercropped crops.

Diversifying activities can contribute to improve the income and availability of food of the producers and their families in Tequila municipality and to minimize the dependence of the cultivation of blue agave. In the same sense, Armbrecht (2009) points out that intercropping is characterized by: productive diversification, use of ecological technologies, higher yields, reduction of pest and weed damage, and improved efficiency of water, energy, light and nutrients because the different species of plants are located in different heights, canopies and needs, also showing a better edaphic efficiency (Yahuza, 2011). In this way, polycultures show better conditions, tequileros farmers intercalate the agave with other crops such as maize, beans, zucchini, peanuts, fruit trees, mainly in addition to chickpea and sorghum (Valenzuela, 2003; Gómez, 2012).

Based on the above, the *Agave tequilana* production system was studied under an agroecological approach that allows an approach to the analysis of the agro-ecosystems sustainability. Under these premises, eight practices that can be classified as agroecological were identified, such as: 1) crop intercalation (polyculture); 2) incorporation of organic matter into the soil by livestock grazing; 3) agave plantation in level curves; 4) soil and water conservation works; 5) crop rotation; 6) land rest; 7) terrace agave cultivation; and

de conservación de suelo y agua; 5) rotación de cultivos; 6) descanso de tierras; 7) escalonado del cultivo del agave; y 8) disminución de la aplicación de herbicidas. Se asume que la realización de un mayor número de prácticas de este tipo fortalece la sustentabilidad del agrosistema.

El objetivo del presente estudio fue comparar las formas de manejo del sistema agrícola de agave: el agrosistema tradicional con policultivo (ATP) de lomeríos y zonas planas y el agrosistema convencional con monocultivo (ACM) de laderas y predios sin pendiente para identificar las prácticas agroecológicas tendientes a la sustentabilidad, así como conocer la percepción de los productores respecto al manejo ecológico en las plantaciones agaveras.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Tequila localizado en el estado de Jalisco, México. Tiene una altitud entre los 500 y 2 900 m y los principales climas son: cálido subhúmedo y semicálido, la temperatura oscila entre 14 y 26 °C, con una precipitación de 700-1 100 mm anuales y suelos dominantes Leptosol y Luvisol. El municipio es tercer lugar de mayor producción a nivel estatal, con 4 720 ha de agave en 2015.

Técnicas de investigación

Se aplicó una encuesta a los agaveros del municipio de Tequila. La selección de los productores se basó en los siguientes criterios: a) realizan prácticas bajo sistema de intercalado de cultivos de forma tradicional; y b) realizan prácticas bajo sistema monocultivo tradicional y convencional. Las características de los predios fueron: a) plantación de *Agave tequilana* Weber var. azul; b) plantas con edades de más de un año de plantación; c) plantaciones con cultivos asociados; y d) plantaciones en monocultivo. De una población de 101 productores de agave en el municipio de Tequila, se calculó el tamaño de muestra con una confiabilidad de 95% y una precisión de 10%, resultando $49.21 \approx 50$ productores. La muestra se distribuyó en 25 agaveros que practicaban el ATP y 25 el ACM.

Los datos obtenidos se analizaron en el programa Statistical Package for Social Science (SPSS). Se realizaron pruebas estadísticas paramétricas (prueba T de Student para datos

8) decreased application of herbicides. It is assumed that the realization of a greater number of practices of this type strengthens the sustainability of the agro-system.

The aim of this research was to compare the management methods of the agave agricultural system: the traditional agrosystem with polyculture (ATP) of hills and flat areas and the conventional agrosystem with monoculture (ACM) of slopes and land without slope to identify agroecological practices tending to sustainability, as well as to know the perception of the producers with respect to the ecological management in the agaveras plantations.

Materials and methods

Study area

The study was conducted in the Tequila municipality located in the state of Jalisco, Mexico. It has an altitude between 500 and 2 900 m and the main climates are: warm subhumid and semiwarm, the temperature oscillates between 14 and 26 °C, with a precipitation of 700-1 100 mm annually and Leptosol and Luvisol as dominant soils. The municipality is the third place of greater production at state level, with a total of 4 720 ha of agave in the 2015 year.

Research techniques

A survey was applied to the agaveros of the Tequila municipality. The selection of the producers was based on the following criteria: a) they practice under a system of crop intercalation in a traditional way; and b) carry out practices under a traditional and conventional monoculture system. The plots characteristics were: a) planting *Agave tequilana* Weber var. azul; b) plants with older than one year of planting; c) plantings with associated crops; and d) monoculture plantations. From a population of 101 agave producers in the Tequila municipality, the sample size was calculated with a reliability of 95% and an accuracy of 10%, resulting in $49.21 \approx 50$ producers. The sample was distributed in 25 farmers who practiced ATP and 25 ACM.

The data obtained were analyzed in the program Statistical Package for Social Science (SPSS). Parametric (Student-T-test for dependent data) and non-parametric (U Mann-Whitney for two independent samples, contingency tables and correlation coefficient) statistical tests were

relacionados de muestras dependientes) y no paramétricas (U Mann-Whitney para dos muestras independientes, tablas de contingencia y coeficiente de correlación) para medir y comparar las prácticas realizadas en dos formas de manejo: agrosistema convencional con monocultivo (ACM) y agrosistema tradicional con policultivo (ATP).

Indicadores y prácticas agroecológicas

Se emplearon los indicadores de prácticas agroecológicas de acuerdo con Reijntjes *et al.* (1992), que proponen cinco principios ecológicos para el diseño y el manejo de agroecosistemas sustentables: 1) asegurar condiciones edáficas principalmente aportación de materia orgánica; 2) optimizar y equilibrar la disponibilidad y el flujo de nutrientes, especialmente mediante la fijación de nitrógeno, y el uso complementario de fertilizantes externos; 3) reducir al mínimo las pérdidas a través de prácticas con conservación de suelo y agua; 4) optimizar el control de plagas y enfermedades; y 5) sinergia de uso de recursos genéticos, combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional.

Moreno (2010) propone algo más específico que es un índice de manejo agronómico (IMA) integrado por cinco indicadores: 1) número de prácticas que permiten la diversificación de especies; 2) cantidad de materia orgánica en el suelo; 3) número de prácticas que proveen condiciones edáficas óptimas; 4) tipo de manejo de control de plagas y enfermedades; y 5) tipo de control de maleza. Estos suponen que entre mayor sea el valor el ecosistema tiende a ser más sustente, dado que las prácticas que se utilizan son compatibles con el medio ambiente, son más accesibles económicamente, socialmente se ve favorecido porque las prácticas involucran en mayor medida al productor con el agroecosistema.

Basado en las propuestas metodológicas anteriores, en el presente estudio se consideraron ocho prácticas agroecológicas: 1) intercalado de cultivos (policultivo); 2) incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado; 3) plantación de agave en curvas a nivel; 4) obras de conservación de suelo y agua; 5) rotación de cultivos; 6) descanso de tierras; 7) escalonado del cultivo del agave; y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas. Se generó un índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) basado en el número de prácticas aplicadas por los productores a sus plantaciones de agave. Los valores del IPAAT fueron los siguientes: nulo= 0 prácticas, bajo= 1-2

performed to measure and compare practices performed in two management forms: conventional agrosystem with monoculture (ACM) and traditional agrosystem with polyculture (ATP).

Agroecological indicators and practices

Indicators of agroecological practices were used according to Reijntjes *et al.* (1992), who propose five ecological principles for the design and management of sustainable agroecosystems: 1) to ensure soil conditions mainly contribution of organic matter; 2) optimize and balance the availability and flow of nutrients, especially nitrogen fixation, and the complementary use of external fertilizers; 3) minimize losses through practices with soil and water conservation; 4) to optimize pest and disease control; and 5) synergy of use of genetic resources, combining in integrated agricultural systems with a high degree of functional diversity.

Moreno (2010) proposes something more specific which is an agronomic management index (IMA) consisting of five indicators: 1) number of practices that allow the diversification of species; 2) amount of organic matter in the soil; 3) number of practices that provide optimal soil conditions; 4) type of management of pest and disease control; and 5) type of weed control. They assume that the greater the value the ecosystem tends to be more supportive, since the practices that are used are compatible with the environment, are more economically accessible, and socially favored because the practices involve to a greater extent the producer with the agroecosystem.

Based on the previous methodological proposals, this research considered eight agroecological practices: 1) intercropping of crops (polyculture); 2) incorporation of organic matter into the soil by livestock grazing; 3) agave plantation in level curves; 4) soil and water conservation works; 5) crop rotation; 6) land rest; 7) terrace cultivation of the agave; and 8) decreased application of herbicides. An index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) was generated based on the number of practices used by producers to their agave plantations. The IPAAT values were as follows: null= 0 practices, low= 1-2 practices, medium= 3-4 practices, high= 5 practices, very high= 6-7 practices and excellent= 8 practices. Also included in the survey was the perception of producers about the reasons and benefits of agroecological practices in agave plantations.

prácticas, medio= 3-4 prácticas, alto= 5 prácticas, muy alto= 6-7 prácticas y excelente= 8 prácticas. También se incluyó en la encuesta la percepción de los productores sobre las razones y beneficios de realizar prácticas agroecológicas en las plantaciones de agave.

Resultados y discusión

El número de predios por productor agavero oscila entre uno hasta cuatro, en promedio 1.74. La media de predios por productor en el ATP es de 1.56 y en el ACM 1.92 y en superficie es de 6.3 ha en ACM y 4.68 en ATP, diferencia de 1.62 ha, se aplicó una prueba de t ($t= 1.359$; $p= 0.182$) y no se encontró diferencia significativa, aunque los productores del ACM poseen mayor extensión. Respecto al número de predios por productor que se destina al intercalado la media es de 1.5, y la superficie de intercalado por ha cultivada fluctúa entre 0.25 hasta 0.5, se siembra maíz y frijol principalmente, además cacahuate y frutales.

La superficie y número de predios muestra que son pequeñas unidades y productores de baja escala productiva para el cultivo de Agave tequilana Weber var. azul. Se realizó una correlación para determinar la relación entre la superficie intercalada con tipo de manejo de sistema ($r= 0.928$; $p= 0.000$). La relación entre la superficie intercalada con tipo de manejo de sistema indica que es significativo: es decir, a mayor superficie se realiza el monocultivo y a menor el policultivo.

Prácticas agroecológicas en los ATP y ACM

Las prácticas agroecológicas analizadas en el presente estudio para ATP y ACM son: 1) intercalado de cultivos (policultivo); 2) incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado; 3) plantación de agave en curvas a nivel; 4) obras de conservación de suelo y agua; 5) rotación de cultivos; 6) descanso de tierras; 7) escalonado del cultivo del agave; y 8) disminución de la aplicación de herbicidas.

Intercalado de cultivos (policultivo)

Esta práctica es exclusiva del ATP, 44 % intercala agave con maíz y frijol, 24 % intercala sólo con maíz, 8% cultiva una mezcla de surcos de frijol y cacahuate, otro 8% cultiva maíz frijol y cacahuate, mientras que 4% sólo agave-cacahuate y un porcentaje igual con frutales como: limón, aguacate

Results and discussion

The number of plots per farmer ranges from one to four, on average 1.74. The average plots by producer ATP is 1.56 and the ACM 1.92 and surface is 6.3 ha ACM and 4.68 in ATP, with a difference of 1.62, a t test was applied ($t= 1.359$; $p= 0.182$) and no significant difference was found, although the producers of the ACM have greater extension. Regarding the number of farms per producer that is destined to the intercropping the average is 1.5, and the intercropping surface by cultivated ha fluctuates between 0.25 until 0.5, maize and bean are mainly sown, peanuts and fruit trees in addition.

The surface and plot number shows that properties are small units and have a low production scale of *Agave tequilana* Weber var. azul cultivation. A correlation was performed to determine the relation between the interleaved surface and system management type ($r= 0.928$; $p= 0.000$). The relation between the interleaved surface with the type of management system indicates that it is significant, that is to say, for greater surfaces the monoculture is performed and polyculture in smaller surfaces.

Agroecological practices in ATP and ACM

The agroecological practices analyzed in this research for ATP and ACM are: 1) intercaling of crops (polyculture); 2) incorporation of organic matter into the soil by grazing livestock; 3) agave plantation in level curves; 4) soil and water conservation works; 5) crop rotation; 6) land rest; 7) terrace cultivation of the agave; and 8) decreased herbicide application.

Intercaling of crops (polyculture)

This practice is exclusive to ATP, 44% intercrop agave with maize and beans, 24% intercrop only with maize, 8% cultivate a mix of bean and peanut grooves, another 8% cultivate maize, beans and peanuts, while 4% only agave-peanuts and an equal percentage with fruit trees such as lime, avocado and plum (the latter being of importance in the area known as the ravine of the municipality). The rest (8%) intercrops maize, peanuts and fruit trees (Figure 1a and 1b). ASERCA (2000) states that most farmers believe that introducing crops such as maize in their plantations leads to competition for nutrients and in a contrary opinion alludes that fertilization and sanitary measures applied in maize, peanut or beans are useful and allows them to obtain additional income.

y ciruelo (siendo este último de importancia en la zona denominada barranca del municipio). El resto (8%) intercala maíz, cacahuete y frutales (Figura 1a y 1b). ASERCA (2000) refiere que la mayoría de los productores opinan que introducir cultivos como el maíz en sus plantaciones origina competencia por nutrientes y en una opinión contraria alude que la fertilización y medidas sanitarias aplicadas en maíz, cacahuete o frijol, son útiles y les permite obtener un ingreso adicional.

Los productores discrepan en argumentos respecto a la finalidad del intercalado; no obstante, es importante señalar que aun los productores del ACM tienen una opinión positiva y hasta prefieren el intercalado, pero los limita la presión de las industrias tequileras para mantener el monocultivo. La principal razón para intercalar maíz es la obtención de alimento para el ganado y autoconsumo humano (28%), otro porcentaje sólo cultiva productos para alimento humano (20%) y 16% alimento exclusivo para el ganado. En todos los casos los agaveros argumentan que sólo se intercala los primeros años del cultivo (tres a cuatro), posterior a estos dificulta las labores, en concordancia con Valenzuela (2000) que sugiere la pertinencia de los cultivos intercalados cuando estos son de ciclo corto, leguminosas y que se cosechen a tiempo.

Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado

Los productores que manifiestan la pertinencia del uso pastoril en sus predios porque esta práctica tiene tres propósitos: a) reducción de la maleza a través de alimentar al ganado; b) abonar biológicamente la plantaciones; y c) reducción de costos en la compra de pastura.

En el ACM, 40%, que corresponde a 10 agaveros, indicaron que introducen ganado en sus predios, de los cuales 32% lo realiza en rotación de una plantación a otra y 8% de forma estacional o diferida antes de la época de secas. Por su parte en el ATP 60% pastorean (48% rotacional y 12% continuo).

Los meses destinados al pastoreo del ganado son después del temporal de lluvias y especialmente cuando se intercalan otros cultivos en las plantaciones de agave. Se efectúa el libre pastoreo a partir del tercer año del ciclo de vida del agave, ya que la planta tiene mayor vigor y por lo tanto es menos vulnerable al daño por el ganado. Introducen de tres hasta 18 cabezas o unidades de animal por ha, el promedio es de 7.64 cabezas. Pastorean entre uno hasta los siete años del total del ciclo biológico, en promedio 3.66 en el ATP y

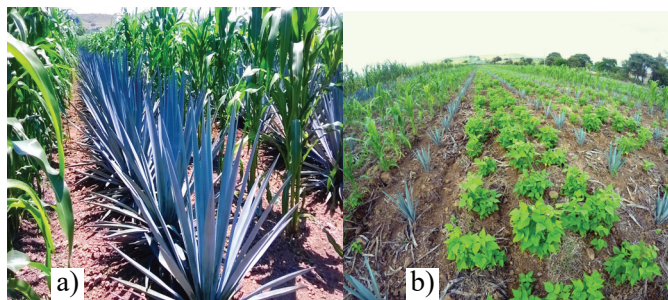


Figura 1. a) cultivo intercalado de agave con maíz; y b) cultivo intercalado de agave con frijol.

Figure 1. a) intercropping of agave with maize; y b) intercropping agave with bean.

Producers disagree on arguments about the purpose of the intercalation, however it is important to note that even ACM producers have a positive opinion and even prefer the intercalation, but the pressure of the tequila industries limits the to maintain monoculture. The main reason for intercropping maize is to obtain food for cattle and human consumption (28%), another percentage only cultivates products for human food (20%) and 16% food exclusive for livestock. In all cases, agave producers argue that only the first years of cultivation are intercropped (three to four), after which the work gets difficult, in agreement with Valenzuela (2000), which suggests the relevance of intercropped crops when they are short-cycle, legumes and harvested on time.

Incorporation of organic matter into the soil by grazing livestock

The producers who manifest the pertinence of the pastoral use in their plots because this practice has three purposes: a) weed reduction through cattle feeding; b) biologically fertilize the plantations; and c) reduction of costs of pasture purchase.

In the ACM, 40%, corresponding to 10 agave producers, indicated that they introduce livestock on their plots, of which 32% do so in rotation from one plantation to another and 8% in a seasonal or deferred way before the dry season. On the other hand in the ATP 60% grazing (48% rotational and 12% continuous).

The months for cattle grazing are after the rainy season and especially when other crops were intercropped in the agave plantations. Free grazing is carried out from the third year of the agave life cycle, since the plant is more vigorous and therefore less vulnerable to damage by livestock. They

4.2 años en el ACM. Los meses que dejan libre el ganado durante el ciclo productivo en la plantación oscila entre uno y 34 meses, la media es de 4.14 meses. En el ACM la media es de 6.4 meses mientras que en el ATP de 2.6 meses.

Existen opiniones contradictorias de los productores sobre esta práctica, por un lado, algunos mencionan que el esparcimiento del ganado es necesario para remover la tierra, abonar el suelo, controlar herbáceas y evitar las plagas, coincidiendo con Moreno *et al.* (2011) y Hernández (2014). Por otro lado, hay productores que no recurren al pastoreo por considerar que es perjudicial para el cultivo y el suelo. La mitad de ellos (50%) no realizan esta práctica porque retarda el crecimiento del agave y decrece la calidad, compacta el suelo, dañan las plantas y recién plantado el hijuelo es arrancado por el ganado, en acuerdo con García y López (2009). Algunos agaveros puntualizan que el empleo de ganado bovino es agresivo en las plantaciones, debido a que mordisquean las plantas madre o en su caso cuando son pequeñas (uno a tres años) las arrancan desde raíz y lo mismo hacen con los hijuelos, ocasionado daño y por ende pérdidas. Por estos motivos recomiendan el empleo de remudas (caballos, mulas y machos), ya que han observado ser menos dañinos a las plantas.

Plantación de agave en curvas a nivel

La plantación en curvas a nivel es una práctica realizada por las grandes destiladoras y se ha ido difundiendo entre los pequeños productores. A pesar de que se sugiere plantar hileras en curvas a nivel que reduzcan la pérdida de suelo en niveles tolerables es poco el uso de este sistema, solo 24% de los productores aplican este método en igual proporción entre ACM y ATP; es decir, 12% para cada sistema. En el ACM se realiza cuando la pendiente es ligera y plana y en el ATP cuando la pendiente es de moderada a plana. Las curvas a nivel están relacionadas con las obras de conservación de suelo y agua; no obstante, los agaveros realizan en mayor porcentaje obras de conservación y no curvas a nivel en sus predios.

En las tierras donde no se usa esta práctica se debe al esquema tradicional de cultivo, habituado a sembrarse en hileras. Por otro lado, indicaron que cuando existen terrenos en “ceboruco” (tierra de lomeríos erosionados) es recomendable. En la presente investigación en Tequila se encontró que únicamente 12 de 40 agaveros efectúan curvas a nivel en comparación con las obras de conservación. Rodríguez *et al.* (2005) indican que el sistema de cultivo de maíz criollo mejorado intercalado con agave mezcalero

introduce three to 18 heads or animal units per ha, the average is 7.64 heads. They feed from one to seven years of the total biological cycle, averaging 3.66 in the ATP and 4.2 years in the ACM. The months they leave the cattle free during the productive cycle in the plantation oscillates between one and 34 months, the average is of 4.14 months. In the ACM the mean is 6.4 months whereas in the ATP it is 2.6 months.

There are conflicting opinions about this practice from producers, on one hand, some say that the spread of livestock is necessary to remove soil, fertilize the soil, control herbaceous and avoid pests coinciding with Moreno *et al.* (2011) and Hernández (2014). On the other hand, there are producers who do not resort to grazing because they consider it harmful to the crop and soil. Half of them (50%) do not perform this practice because it slows the agave growth and decreases the quality, compacts the soil, damages the plants and when the seedlings are newly planted they are pulled by the cattle, in agreement with the indicated by García and López (2009). Some agave producers point out that the use of bovine cattle is aggressive in the plantations, because they nibble the mother plants or in their case when they are small (from one to three years) they tear them from root and the same is done with the seedlings, causing damage and therefore losses. For these reasons they recommend the use of remuda (horses, mules and males), since they have observed to be less harmful to the plants.

Agave plantation in level curves

The plantation at level curves is a practice carried out by the great distillers and has been spreading among small producers. Although it is suggested planting rows in curves at a level that reduces soil loss at tolerable levels, there is little use of this system, only 24% of the producers apply this method in equal proportion between ACM and ATP; that is, 12% for each system. In the ACM it is performed when the slope is from light to flat and in the ATP when the slope is from moderate to flat. The level curves are related to the works of soil and water conservation; however, the agave producers perform in a higher percentage, conservation works and not level curves in their plots.

In lands where this practice is not used, it is due to the traditional scheme of cultivation, used to planting in rows. On the other hand, they indicated that when there is land in “ceboruco” (land of eroded hills) it is recommended. In this research in Tequila it was found that only 12 out

bajo el sistema de curvas de nivel y muros vivos, es factible para áreas que no cuentan con agua para riego en lomeríos degradados.

Obras de conservación de suelo y agua

Estudios realizados por Guevara *et al.* (2012) en agave concluyen que el desconocimiento del manejo (cultural y agronómico) del cultivo, y de las regiones óptimas ha favorecido al proceso de degradación de suelos, por ello cualquier práctica alternativa que contribuya a la disminución del arrastre de suelo en el cultivo de agave disminuirá las tasas erosivas. Algunas estrategias propuestas para reducir la erosión son: 1) prácticas de conservación de suelo en tierras con pendientes de 5% o superiores, tales como: a) disminuir al mínimo implementos agrícolas; b) no emplear productos químicos y c) limpieza y deshierbes de los cultivos de manera manual; y 2) evitar la eliminación parcial o total de la vegetación nativa.

El porcentaje de productores que realizan estas prácticas de conservación es alto (80%). Entre éstas se encuentran: obras de conservación de suelo y agua (34%) (construcciones de piedra, calzadas, presillas, cadenas, costales de piedra o tierra y retenciones con piedras sueltas); juntar la “basura” (hojarasca y estacas con ramas) y la colocan por la orilla; construcción zanjas, topes, cercas y mamposteos. Los motivos fueron recurrentes y es evitar la pérdida de suelo. Cabe señalar, que en el ATP se construyen con mayor frecuencia obras de conservación (58.82%) comparado con los ACM. La prueba de t ($t=2.359$; $p=.022$) indicó que existe diferencia estadística entre ambos manejos.

Rotación de cultivos

Las rotaciones de cultivos incrementan los rendimientos, adicionan materia orgánica al suelo y por ende elevan la fertilidad. Es recomendable una rotación de diferentes especies y necesidades nutricionales, como es el caso del frijol y el maíz, cultivos que usualmente rotan los agaveros (44 %). En el ATP (30%) se realizan mayormente las rotaciones que en el ACM (14%). Los motivos para realizar las rotaciones son: 34% de los agaveros señalaron que es para descasar la tierra, evitar el desgaste de nutrientes, ablandar y “vitaminar” los suelos y el 8% expresó que es necesario cambiar la semilla ya que mejora la producción y nutre al suelo. La introducción de nitrógeno se logra con la rotación de los mayores cultivos con legumbres, suprimen los insectos, las plagas y las enfermedades al

of 40 agave producers make level curves in comparison to conservation works. Rodríguez *et al.* (2005) indicate that the improved native maize crop system intercalated with mezcalero agave under the level curves and living walls system is feasible for areas that do not have water for irrigation in degraded hills.

Soil and water conservation works

Studies conducted by Guevara *et al.* (2012) in agave conclude that the lack of knowledge of crop management (cultural and agronomic) and of the optimum regions has favored the soil degradation process. Therefore, any alternative practice that contributes to the reduction of soil trawling in the agave crop will decrease erosion rates. Some strategies proposed to reduce erosion are: 1) soil conservation practices on land with slopes of 5% or higher, such as: a) minimizing agricultural implements to the minimum; b) not to use chemicals; and c) cleaning and weeding crops manually; and 2) to avoid the partial or total elimination of native vegetation.

The percentage of producers performing these conservation practices is high (80%). These include: soil and water conservation works (34%) (stone constructions, roadways, loops, chains, sacks with stones or soil and retentions with loose stones); gather the “trash” (litter and cuttings with branches) and place it by the shore; construction of ditches, buffers, fences and masonry. The reasons were recurrent and is to prevent soil loss. It should be noted that in the ATP conservation works (58.82%) are more frequently constructed compared to the ACM. T test ($t=2.359$, $p=0.022$) indicated that there is a statistical difference between the two handlings.

Crop rotation

Crop rotations increase yields, add organic matter to the soil and thus increase fertility. It is recommended a rotation of different species and nutritional needs, as is the case of beans and maize, crops that are usually rotated by the agave producers (44%). In the ATP (30%) rotations are performed most than in the ACM (14%). The reasons for rotations are: 34% of agaveros indicated that it is to rest the soil, avoid nutrient wasting, soften and “vitamin” the soil and 8% said that it is necessary to change the seed because it improves the production and nourishes the soil. Nitrogen introduction is achieved by rotating larger legume crops, suppressing insects, pests and diseases by

romper efectivamente el ciclo de vida de las plagas y la ausencia de estas elimina los mecanismos fundamentales de autorregulación (Altieri, 2009).

Descanso de tierras

Este tipo de práctica permite mejorar las condiciones del suelo en las plantaciones por un mejoramiento de la fertilidad y microbiota (Sivila y Angulo, 2006). Cuando un terreno se cultiva sin descanso no se le da tiempo al suelo de recuperar parte de la fertilidad natural necesaria para el crecimiento de las plantas. El 78% realiza este tipo de actividad, respecto a la diferencia entre ambos tipos de manejo es: 18 productores (36%) del ACM y 21 (42%) corresponden al ATP. La mayoría de los productores indicó que esta práctica es fundamental en la recuperación de los suelos. El lapso de descanso varía entre uno y dos años con una media de 1.48.

Escalonado del cultivo del agave

El escalonamiento es una estrategia ante la posibilidad de pérdida total o reducción de la producción y para el mantenimiento de las plantaciones agaveras. En Tequila, los productores agaveros tienen plantaciones con diversas edades para tener producción continua todos los años, aunque lo más recurrente es que tengan plantaciones con diferencias de dos años. El ciclo vegetativo de la planta del agave que dura en promedio 7 años permite esta práctica, por ello 48% realiza el escalonado en sus plantaciones, de los cuales 30% son productores de ATP y el resto de ACM.

Los agaveros tienen en promedio 5.2 años empleando la diversificación de edades en sus plantaciones, aunque tuvieron dos casos de productores que tienen 20 años escalonando. Esta actividad es una práctica de incorporación reciente al sistema de cultivo. Respecto al promedio de años escalonando en el ATP fue de 4.2 años y el ACM llegó a 6.7 años.

Los productores reducen el costo de producción con este método a través de dos formas: 1) selección de hijuelos, los productores separan los hijuelos sanos de sus propias plantaciones y van cultivándolo conforme el tamaño, edad y vigorosidad; y 2) inversión gradual, conforme el agavero cuenta con recursos económicos adquiere los hijuelos, razón por la cual se observan plantaciones heterogéneas respecto a crecimiento de las plantas.

effectively breaking the life cycle of the pests, and the absence of these eliminates the fundamental mechanisms of self-regulation (Altieri, 2009).

Soil rest

This type of practice improves soil conditions in plantations by improving fertility and microbiota (Sivila and Angulo, 2006). When a land is cultivated without rest, the soil has no time to recover part of the natural fertility necessary for the plants growth. 78% performed this type of activity, with respect to the difference between both types of management: 18 producers (36%) of the ACM and 21 (42%) corresponded to the ATP. Most of the producers indicated that this practice is fundamental in soils recovery. The rest period varies between one and two years with an average of 1.48.

Agave cultivation on terraces

Terraces are a strategy against the possibility of total loss or production reduction and maintenance of agave plantations. In Tequila, agave producers have plantations of different ages to have continuous production every year, although the most common is that they have plantations with differences of two years. The vegetative cycle of the agave plant, which lasts for an average of 7 years, allowing this practice. For this reason, 48% carry out terraces in their plantations, of which 30% are producers of ATP and the rest of ACM.

Agave producers have, on average, 5.2 years using age diversification in their plantations, although they had two cases of producers that have been terracing for 20 years. This activity is a practice of recent incorporation into the cultivation system. Regarding the average number of years with terraces in the ATP, it was 4.2 years and the ACM reached 6.7 years.

The producers reduce the cost of production with this method through two ways: 1) selection of young shoots, the producers separate the healthy young shoots of their own plantations and grow it according to size, age and vigor; and 2) gradual investment, as the agave producers have the economic resources they acquire the sprouts, which is why heterogeneous plantations are observed with respect to plant growth.

Disminución de la aplicación de herbicidas

Los productores realizan prácticas que ayudan a disminuir significativamente el uso de herbicidas, que en orden de prioridad son las siguientes: 1) agroecológicas: control manual de maleza, pastoreo libre de animales y elaboración de insumos orgánicos; y 2) agroindustriales: dosificaciones exactas o mínimas de herbicidas para reducir los costos (en base a recomendaciones del proveedor) y la compra colectiva. Más de la mitad de los productores optan por el control manual para disminuir el costo y la dependencia de los herbicidas, de los cuales 38 % son del ATP y 30% del ACM. El uso adecuado de dosis de herbicidas fue sólo recurrente en el ACM.

Índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT)

El análisis descriptivo de las prácticas agroecológicas se complementó con la realización de las pruebas de t Student para el conjunto de prácticas agroecológicas. Se realizó la prueba de U Mann Whitney para conocer las semejanzas entre las distintas prácticas y se encontró que en las rotaciones e intercalado de cultivos entre ambos agroecosistemas presentan diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1).

Decreased application of herbicides

Producers carry out practices that significantly reduce the use of herbicides, which in priority order are: 1) agroecological: manual control of weeds, free grazing of animals and production of organic inputs; and 2) agroindustrial: precise or minimum dosages of herbicides to reduce costs (based on supplier recommendations) and collective purchase. More than half of the producers opt for manual control to reduce the cost and dependence of herbicides, of which 38% are from ATP and 30% from ACM. The proper use of herbicides doses was only recurrent in the ACM.

Index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT)

The descriptive analysis of agroecological practices was complemented by performing t Student tests for the set of agroecological practices. The U Mann Whitney test was used to know the similarities between the different practices and it was found that in the rotations and intercalation of cultures between both agroecosystems they show significant statistical differences (Table 1).

Cuadro 1. Prácticas agroecológicas realizadas y número de productores por manejo de sistema.
Table 1. Agroecological practices carried out and number of producers by management system.

Práctica agroecológica	Monocultivo ACM		Policultivo ATP		U Mann-Whitney	Significancia
	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(%)		
1) Intercalado de cultivos (policultivo)	0	0	25	100	-7	0
2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado	10	40	15	60	-1.4	0.162
3) Plantación en curvas a nivel	6	24	6	24	0	1
4) Obras de conservación de suelo y agua	18	72	22	88	-1.4	0.162
5) Rotación de cultivos	7	28	15	60	-2.256	0.024
6) Descanso de tierras	18	72	21	84	-1.014	0.311
7) Escalonado del cultivo de agave	9	36	15	60	-1.681	0.093
8) Disminución de la aplicación de herbicidas	15	60	19	76.0	-1.2	0.23

Elaboración a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$.

Se generó un índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) con base en el número de prácticas agroecológicas realizadas por los productores del ATP y del ACM, como puede observarse en el Cuadro 2. Considerando

An index of ecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) was generated based on the number of ecological practices by producers of ATP and the ACM, as shown in Table 2. Considering the set of producers, there was

al conjunto de los productores, hubo una concentración entre los niveles medio y muy alto porque realizan de tres a siete prácticas agroecológicas por unidad de superficie (ha).

La mayor parte de los productores del ATP (72%) se concentraron entre los niveles alto y muy alto. El promedio de prácticas del ATP fue de 5.52 prácticas que se clasifica en el nivel de IPAAT muy alto. En tanto que la mayor parte de los productores del ACM se concentraron en el nivel medio. El promedio de prácticas del ACM fue de 3.32, que se clasifica con un IPAAT medio. La diferencia entre ambos sistemas es de 2.2 prácticas en promedio. En el Cuadro 2 es apreciable la ausencia de valor excelente en el ACM, de igual forma de productores en ATP con valor nulo, esto significa que aun en los monocultivos de agave realizan algunas prácticas que pueden considerarse agroecológicas. Se aplicó prueba de t ($t = -0.5.292; p = 0$) mostrando que hay diferencia estadística.

a concentration between the average and very high levels because they perform three to seven agroecological practices per unit area (ha).

Most of the ATP producers (72%) were concentrated between high and very high levels. The average practice of ATP was 5.52 practices which is classified at the very high IPAAT level. While most of the ACM producers concentrated on the average level. The average practice of ACM was only 3.32, which is classified with an average IPAAT. The difference between the two systems is 2.2 practices on average. Table 2 shows the absence of excellent value in the ACM, as well as producers in ATP with null value, this means that even in agave monocultures they perform some practices that can be considered agroecological. T test ($t = -0.5.292; p = 0$) was applied showing no statistical difference.

Cuadro 2. Prácticas agroecológicas realizadas por manejo de sistema (Valor IPAAT).
Table 2. Agroecological practices carried out by management system (IPAAT value).

Valor IPAAT	Monocultivo ACM		Policultivo ATP		Total	
	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(%)
Nulo (0 prácticas)	1	4	0	0	1	2
Bajo (1 a 2 prácticas)	4	16	1	4	5	10
Medio (3 a 4 prácticas)	15	60	4	16	19	38
Alto (5 prácticas)	1	4	7	28	11	22
Muy alto (6 a 7 prácticas)	1	4	11	44	12	24
Excelente (8 prácticas)	0	0	2	8	2	4
Total	25	100	25	100	50	100
$\bar{\chi}$	3.32		5.52		4.42	

Elaboración a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015.

Conclusiones

Se planteó identificar prácticas agroecológicas para realizar una comparación en dos sistemas de manejo de plantaciones de *Agave tequilana* Weber var. azul: agrosistema tradicional con policultivo (ATP) y el agrosistema convencional con monocultivo (ACM). Se generó un índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) basado en el número de prácticas realizadas. A partir de los resultados del IPAAT se concluye que en el sistema ATP se realizan más prácticas agroecológicas que en el ACM, por lo que se infiere que el ATP tiende a ser más sustentable que el ACM.

Conclusions

It was planned to identify agroecological practices to compare two management systems of *Agave tequilana* Weber var. azul: traditional agrosystem with polyculture (ATP) and conventional agrosystem with monoculture (ACM). An index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) was generated based on the number of practices by producers. From the results of the IPAAT, it is concluded that in the ATP system more agroecological practices are carried out than in the ACM, so it is inferred that the ATP tends to be more sustainable than the MCA.

Las rotaciones y la diversificación de cultivos fueron las prácticas que tuvieron diferencias más significativas entre el ATP y el ACM. Las obras de conservación de suelo y agua y el descanso de tierras fueron las más recurrentes en ambos sistemas. La práctica agroecológica de mayor importancia fue el intercalado del *Agave tequilana* Weber var. azul con cultivos anuales como el maíz, frijol y cacahuate, no sólo por el número de productores que la realizaron sino porque esta práctica implica un manejo de las plantaciones diferente bajo el sistema ATP respecto al ACM.

El ATP está más ligado a sistemas de cultivo tradicionales para la subsistencia de los agaveros y el ACM al control del sistema de cultivo ejercido por la industria tequilera.

Rotations and crop diversification were the practices that had the most significant differences between ATP and ACM. Soil and water conservation works and land rest were the most recurrent in both systems. The most important agroecological practice was intercropping *Agave tequilana* Weber var. azul with annual crops such as maize, beans and peanuts, not only because of the number of farmers who did it but also because this practice implies a different plantation management under the ATP system with respect to the ACM.

The ATP is more linked to traditional farming systems for the subsistence of agave producers and ACM to the control of the cultivation system exercised by the tequila industry.

End of the English version



Literatura citada

- Altieri, M. A. 2009. Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad. *In: azúcar roja, desiertos verdes*. Emanuelli, M. S.; Jonsén, J. y Monsalve, S. (Comps.). FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. 55-62 pp.
- Altieri, M. A. y Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *J. Peasant Studies*. 38:587-612.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 2000. *Agave tequilero y arroz*. Claridades Agropecuarias 87:2-30.
- Armbrecht, I. 2009. Avance de los monocultivos, soberanía alimentaria y derechos humanos: recomendaciones en la evaluación mundial de IAASTD-ALC. *In: Emanuelli, M. S.; Jonsén, J. y Monsalve, S. (Comps.). Azúcar roja, desiertos verdes*. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. 245-250 pp.
- Ceja, R. R.; Rendón, L. A. y De la Torre, O. C. 2011. Selección de terrenos. *In: Rendón, L. A.; Ávila, M. E.; Rodríguez, R. B. y Del Real, J. I. (Eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave azul*. Libro técnico Núm. 1. CRT. Prometeo editores. Jalisco, México. 13-32 pp.
- García, B. y López, I. 2009. Como estimar carga animal para pastoreo continuo Parte I. *Rev. Agrum* 29:38-40.
- Gliessman, S. 2013. Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*. 8:19-26.
- Gómez, L. I. 2012. Tequila, de la antigua taberna artesanal a una industria de alcance global. (Ed.). Quid Media Services. Guadalajara, Jalisco. 168 p.
- González, T. L. 2011. El modelo sustentable para la actividad turística del municipio de Tequila, Jalisco. *Architecture, City and Environment*. 5(15):95-102.
- Guevara, R. D.; Pelayo, R. y Miramontes, A. 2012. *Agave azul, distribución e impacto sobre la frontera forestal: evaluación bajo la perspectiva ambiental del desarrollo sustentable*. Editorial Académica Española. México. 100 p.
- Hernández, J. J. 2014. La jornalización en el paisaje agavero. Actividades simples, organización compleja. CIESAS. Publicaciones de la Casa Chata. México, D. F. 218 p.
- Herrera, L. P. 2013. El cultivo de *Agave tequilana* Weber por pequeños productores de Tequila, Jalisco. *Agroproductividad*. 6:21-26.
- Moreno-Hernández, A. 2010. Factores asociados a las sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul (*Agave tequilana* weber) en la región Sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 163 p.
- Moreno, A. H.; Estrella, N.; Escobedo, S.; Bustamante, A. y Gerritsen, P. 2011. Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en *Agave tequilana* weber en la región Sierra de Amula, Jalisco. *Trop. Subtrop. Agroecosys*. 4:159-169.
- Reijntjes, C.; Haverkart, B. and Walters-Bayer, A. 1992. Farming for the future: an introduction to low-external input and sustainable agriculture. MacMillan Press Ltd., London, U. K. 162 p.
- Rodríguez, R.; López P. y Aragón, F. 2005. Chile de agua con duraznos y maíz con agave mezcalero, dos sistemas de cultivo alternativos para laderas degradadas en Oaxaca. México. *In: Memoria del Simposio Internacional de Restauración Ecológica*. Santa Clara, Cuba. ISBN 959-250-156-4. Versión electrónica. 9 p.
- Santacruz, F.; Torres, M. I. y Portillo, L. 2008. Micropropagación de *Agave tequilana* Weber cv. Azul: problemas y perspectivas. *Scientia-CUCBA*. 10:7-20.
- Sevilla, E. y Soler, M. 2010. Del desarrollo rural a la agroecología. Hacia un cambio de paradigma. *Documentación Social Monografía*. 155:25-41.
- Sivila, R. y Angulo, W. 2006. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani-Altiplano Central boliviano). *Ecología en Bolivia*. 41:103-115.
- Suárez, A. 2011. Percepciones estéticas en torno al paisaje del agave y el tequila. *Carta Económica Regional*. 23/24:59-80.

- Valenzuela, A. G. 2000. Tequila Cazadores. Manual para agaveros. Tequila Cazadores. Jalisco, México. 90 p.
- Valenzuela, A. G. 2003. El Agave tequilero. Cultivo e industria en México. Mundi prensa. 3^{ra} (Ed.). México, D. F. 215 p.
- Vargas, O.; Zizumbo, D. and Colunga, P. 2007. *In situ* diversity and maintenance of traditional Agave landraces used in spirits production in West-Central Mexico. Econ. Bot. 61:362-375.
- Yahuza I. 2011. Review of some methods of calculating intercrop efficiencies with particular reference to the estimates of intercrop benefits in wheat/faba bean system. Inter. J. Bios. 5(1):18-30.
- Zizumbo, D.; Vargas, O.; Rosales J. and Colunga, P. 2013. Sustainability of the traditional management of Agave genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. Genetic Res. Crop Evol. 60:33-47.