

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

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

Lusmila Herrera-Pérez<sup>1</sup>, Esteban Valtierra-Pacheco<sup>1§</sup>, Ignacio Ocampo-Fletes<sup>2</sup>, Mario Alberto Tornero-Campante<sup>2</sup>, Jorge Antonio Hernández-Plascencia<sup>2</sup> y Ramón Rodríguez-Macías<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Estado de México, México. CP. 56230, (lusmilah@hotmail.com). <sup>2</sup>Colegio 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). <sup>3</sup>Universidad 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). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: evaltier@colpos.mx.

#### Resumen

El objetivo de esta investigación fue comparar dos tipos 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 de las edades de las plantas de 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 mayor parte

#### Abstract

The objective of this research was to compare two ways of agrosystem management for production of *Agave tequilana* Weber var. azul in the Municipality of Tequila, Jalisco at the basis on agroecological practices made by producers under the traditional agrosystem with polycropping (ATP) and under the conventional agrosystem with monocropping (ACM). A survey was applied to 25 ATP producers and 25 ACM producers in 2015. Eight cropping practices were considered: 1) intercropping (polycropping); 2) addition of organic matter to soils through pasturing; 3) agave plantation in contour levels; 4) soil and water conservation practices; 5) crop rotation; 6) land rest; 7) age staggering of agave plants; and 8) reduction of agrochemicals for weed control. The results show that producers made more agroecological practices in ATP than in ACM. Practices of intercropping and crop rotation have the highest significant differences between ATP and ACM. An index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) based on the number of agroecological practices. Most of ACM (60%) were classified at medium level (3 to 4 agroecological practices)

\* Recibido: mayo de 2017  
Aceptado: agosto de 2017

de los ACM (60%) se clasificaron con un nivel medio de IPAAT (3 a 4 prácticas agroecológicas) y la mayoría de los ATP (72%) alcanzaron un nivel de IPAAT 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 producción de agave azul (Valenzuela, 2003; Suárez, 2011; Hernández, 2014).

En la región sur del estado de Jalisco, Zizumbo *et al.* (2013) reportan que la expansión de monocultivo de agave generó erosión del suelo, contaminación y desplazamiento de cultivos alimentarios tradicionales, que amenaza la biodiversidad agrícola en la zona centro-oeste y sur del estado (Vargas *et al.*, 2007). Santacruz *et al.* (2008) señalan que el monocultivo provoca serios problemas fitopatológicos debido al ciclo biológico largo del *Agave tequilana*.

En el municipio de Tequila, se realizan dos formas de manejo del sistema agrícola agave (Ceja *et al.*, 2011): a) agrosistema convencional en monocultivo (ACM) caracterizado por: el uso del suelo dedicado exclusivamente al cultivo *Agave tequilana*, toda la producción de agave es para la venta, terrenos mayormente planos, cultivo 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 que 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 tienen también mayor productividad por diversificar cultivos.

and most of ATP (72%) were classified at high or very high level (5 to 7 practices). The conclusion is that ATP tend to be more sustainable than ACM because they have a higher IPAAT.

**Keywords:** *Agave tequilana* Weber var. azul, agroecological management, agrosystem, monocropping, polycropping.

## 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 blue agave (Valenzuela, 2003; Suárez, 2011; Hernández, 2014).

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

In the Municipality of Tequila, two management types of agave agricultural systems are practiced (Ceja *et al.*, 2011): a) conventional agrosystem with monoculture (ACM) is characterized by land use dedicated only to *Agave tequilana* plantation, the whole harvest of agave is for selling, mainly flat land, mechanized cropping, mixed labor (family and hired), the latter mainly in charge of tequila industries, 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 intercropping with peanuts, jamaica and fruit trees (Herrera, 2013). Agricultural practices differ after planting, as practicing polycropping farmers do more agricultural practices, but they also have more yield because of crop diversification.

Las principales desventajas que presentan los monocultivos (ACM) son: la vulnerabilidad alta de sistemas ecológicamente artificiales y genéticamente homogéneos frente 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).

Los impactos ambientales negativos identificados 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 promover la pluriactividad productiva del agave; es decir, la diversificación de actividades como la ganadería, turismo, introducción de especies de agaves nativos y cultivos intercalados.

La diversidad de actividades puede contribuir a mejorar los ingresos y la disponibilidad de alimentos de los agaveros y sus familias del municipio de Tequila y minimizar la dependencia del cultivo de agave azul. Ellos intercalan el agave principalmente con otros cultivos como maíz, frijol, calabaza, cacahuete y frutales (Valenzuela, 2003; Gómez, 2012). En el mismo sentido, Armbrrecht (2009) señala que los policultivos 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 agrícolas y ambientales que los monocultivos.

Con base en lo anterior, se estudió el sistema de producción de *Agave tequilana* bajo un enfoque agroecológico que posibilita un análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas. Bajo estas premisas, se identificaron 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

The main disadvantages shown by monocultures (ACM) are high vulnerability of ecologically artificial and genetically homogeneous systems facing climate change, low resilience to extreme climate 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).

Negative environmental impacts identified on 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 plantations have been intentionally deteriorated and abandoned aiming to induce a change of crop, mainly maize. Therefore, it is advisable to avoid monoculture and foster productive pluriactivity in agave, that is to say, diversification of activities such as cattle raising, tourism, introduction of species of native agaves and intercropped crops.

Diversifying activities can contribute to improve income and availability of food for agave producers and their families in the municipality of Tequila and to minimize the dependence from the cultivation of blue agave. They mainly intercalate agave with other crops such as maize, beans, zucchini, peanuts and fruit trees (Valenzuela, 2003; Gómez, 2012). In the same way, Armbrrecht (2009) points out that polycropping 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 different species of plants are located in different heights, canopies and needs, also showing a better edaphic efficiency (Yahuza, 2011). Therefore, polycultures show better agricultural and environmental conditions than monocultures.

Based on the above, the *Agave tequilana* production system was studied under an agroecological approach that allows an analysis of agroecosystem sustainability. Under these premises, eight agroecological practices were identified: 1) intercropping (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) Age staggering of agave plants; and 8) decreased application of herbicides.

de cultivos; 6) descanso de tierras; 7) escalonado de las edades de las plantas de agave (escalonado es el termino local para diversificar las edades de las plantas de 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 500 y 2 900 m, 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 en superficie de agave 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 que practican dos agrosistemas: a) agrosistema tradicional con policultivo (ATP) y b) agrosistema convencional con monocultivo (ACM). Las características de los predios fueron: a) plantación de *Agave tequilana* Weber var. azul; b) plantas con edades de más de un año; c) plantaciones con policultivos; y d) plantaciones con monocultivo. La población de agaveros en el municipio de Tequila fue de 101, de la cual se calculó el tamaño de muestra con una confiabilidad de 95% y una precisión de 10%, resultando 49.21≈ 50 productores. La muestra se distribuyó en 25 agaveros que practicaban el ATP y 25 el ACM.

Los datos se analizaron con el programa Statistical Package for Social Science (SPSS). Se realizaron pruebas estadísticas paramétricas (prueba t Student para datos relacionados

It is assumed that the realization of a greater number of practices of this type strengthens the sustainability of the agro-system.

The objective 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 municipality of Tequila 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 in area at state level, with a total of 4 720 hectares of agave in the 2015 year.

### Research techniques

A survey was applied to the agaveros in the municipality of Tequila who practice two agrosystems: a) traditional agrosystem with polyculture; and b) conventional agrosystem with monoculture. The characteristics of land plots were: a) plantations of *Agave tequilana* Weber var. azul; b) plants older than one year; c) plantations with polyculture; and d) plantations with monoculture. The population of agave producers in the municipality of Tequila was 101, from which a sample size was calculated with a reliability of 95% and an accuracy of 10%, resulting in 49.21≈ 50 producers. The sample was distributed in 25 farmers who practiced ATP and 25 ACM.

Data were analyzed with the 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 performed to measure and compare agroecological practices performed in

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 agroecológicas realizadas en dos tipos 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) compuesto 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 de IMA el ecosistema tiende a ser más sustentable, dado que las prácticas agroecológicas que se utilizan son amigables con el medio ambiente, son más accesibles económicamente, son socialmente incluyentes porque las prácticas involucran más 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 de las edades de las plantas de 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 agroecológicas aplicadas por los productores a sus plantaciones de agave. Los valores del IPAAT fueron los

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) to optimize and balance availability and flow of nutrients, especially nitrogen fixation, and the complementary use of external fertilizers; 3) to 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 soils; 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 IMA value the ecosystem tends to be more sustainable, since agroecological practices that are used are environmentally friendly, are more economically accessible, and are socially inclusive because agricultural practices involve more to the producer with the agroecosystem.

Based on the previous methodological proposals, this research considered eight agroecological practices: 1) intercropping (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) Age staggering of agave plants; 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. The survey also was included the perception of producers about reasons and benefits of agroecological practices in agave plantations.

siguientes: nulo= 0 prácticas, bajo= 1-2 prácticas, medio= 3-4 prácticas, alto= 5 prácticas, muy alto= 6-7 prácticas y excelente= 8 prácticas. La encuesta también incluyó 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, con promedio de 1.74. El número promedio 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 de tierra. Respecto al número de predios por productor que se destina al intercalado es de 1.5, y la superficie de intercalado por ha cultivada fluctúa entre 0.25 hasta 0.5, en la cual el agave se intercala con maíz, frijol, cacahuete 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 ( $r= 0.928$ ;  $p= 0$ ). La relación entre la superficie intercalada con tipo de manejo de sistema indica que es significativo; es decir, las superficies son significativamente más grandes en monocultivo que en 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 de las edades de las plantas de 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 frijol y cacahuete; otro 8% cultiva maíz, frijol y cacahuete; mientras que 4% sólo con intercala

## Results and discussion

The number of land plots per farmer ranges from one to four, an average of 1.74. The average number of plots by ATP producer is 1.56 and 1.92 by ACM and land size is 6.3 ha in ACM and 4.68 ha in ATP, with a difference of 1.62 ha, a t test was applied ( $t= 1.359$ ;  $p= 0.182$ ) and no significant difference was found, although ACM producers have larger land. Regarding the number of land plots per producer destined to intercropping is 1.5, and the intercropping size land cultivated per hectare fluctuates between 0.25 until 0.5, in which agave is intercalated with maize, beans, peanuts and fruit trees.

The land size and number of plots show that farms are small units and have a low scale production of *Agave tequilana* Weber var. azul. A correlation was performed to determine the relation between the intercropping land size and system management type ( $r= 0.928$ ;  $p= 0$ ). The relation between intercropping land size with the type of management system indicates that it is significant, that is to say, land size in monoculture is significantly larger than in polyculture.

### Agroecological practices in ATP and ACM

The agroecological practices analyzed in this research for ATP and ACM are: 1) intercropping (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) Age staggering of agave plants; and 8) decreased herbicide application.

#### Intercropping (polyculture)

This practice is exclusive to ATP, 44% intercrop agave with maize and beans, 24% intercrop only with maize, 8% cultivate a mix of beans and peanuts, another 8% cultivate maize, beans and peanuts, while 4% only intercrop agave and peanuts, an equal percentage with fruit trees such as lime, avocado and plum, and finally, 8% intercalate 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, some producers pointed out that fertilization and sanitary measures applied in maize, peanut or beans are useful and allows them to obtain additional income.

agave con cacahuete; un porcentaje igual con frutales como limón, aguacate y ciruelo; y 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 algunos productores señalan que la fertilización y medidas sanitarias aplicadas en maíz, cacahuete o frijol, son útiles y les permite obtener un ingreso adicional.

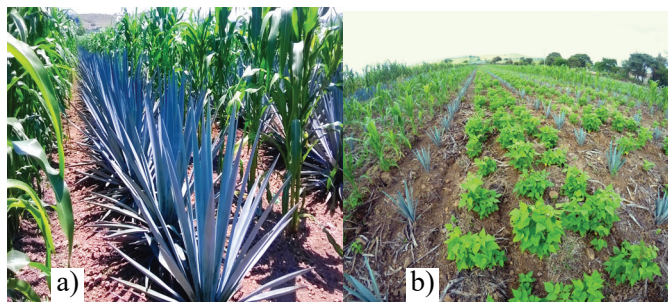
Los productores discrepan respecto a la finalidad del intercalado, no obstante, es importante señalar que aun los productores del ACM tienen una opinión positiva y hasta prefieren el intercalado, pero la presión de las industrias tequileras los obliga a mantener el monocultivo. La principal razón para intercalar maíz es obtener alimento para el ganado y consumo 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), posteriormente dificulta hacer las labores. De acuerdo con Valenzuela (2000) los cultivos intercalados son pertinentes 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 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 las plantaciones; y c) reducción de la compra de pastura.

En el ACM, 40% (10 agaveros) introducen ganado en sus predios, de los cuales 32% realizan rotación de una plantación a otra y 8% lo hacen de forma estacional o diferida antes de la época de secas. Por su parte, 60% de los productores en ATP pastorean su ganado (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 realiza 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 3 hasta 18 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 4.2 años en el ACM.



**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 differ about the purpose of intercropping, however it is important to note that even ACM producers have a positive opinion and even prefer intercropping, but the pressure of the tequila industries force them 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 that agricultural practices are difficult to do. According to Valenzuela (2000), suggests intercalated crops area relevant when they are short-cycle, legumes and are harvested on time.

### **Incorporation of organic matter into the soil by grazing livestock**

The producers point out the pertinence of the pastoral use in their plots because this practice has three purposes: a) weed reduction through cattle feeding; b) biological fertilization of plantations; and c) reduction of pasture purchases.

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

The months for cattle grazing are after the rainy season and especially when other crops were intercropped into 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

Los meses libres de 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 pastoreo de ganado es necesario para remover la tierra, abonar el suelo, controlar herbáceas y evitar las plagas, coincidiendo con Moreno *et al.* (2011); Hernández (2014). Por otro lado, hay productores que no pastorean ganado en las plantaciones de agave 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 lo dicho por García y López (2009). Algunos agaveros puntualizan que el empleo de ganado bovino es agresivo para 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 de agave.

### Plantación de agave en curvas a nivel

La plantación en curvas a nivel es una práctica realizada por las grandes destiladoras y se ha difundido entre los pequeños productores. Apesar de que se sugiere plantar hileras en curvas a nivel para reducir la pérdida de suelo en niveles tolerables, esta práctica agroecológica es poco usada, 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 from 3 to 18 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 ATP and 4.2 years in ACM. The months free of cattle during the productive cycle in plantations oscillates from 1 to 34 months, the average is 4.14 months. In ACM, the mean is 6.4 months and is 2.6 months in ATP.

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.

Producers have conflicting opinions about this practice, on one hand, some say that livestock grazing is necessary to remove soil, fertilize the soil, weed control and avoid pests, it coincides with what Moreno *et al.* (2011); Hernández (2014) say. On the other hand, there are producers who do not graze their livestock because they consider it harmful to crops and soils. Half of them (50%) do not do this practice because it slows agave growth and decreases its quality, compacts the soil, damages the plants and when seedlings are newly planted they are pulled by cattle, in agreement with the indicated by García and López (2009). Some agave producers point out that the use of cattle is aggressive to plantations, because they bite mother plants or in some cases when they are small (from one to three years) cattle 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 agave plants.

### Agave plantation in level curves

Plantations in 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 to reduce soil losses at tolerable levels, this agroecological practice is used a little bit, only 24% of the producers apply this method in equal proportion between ACM and ATP; that is, 12% for each system. In 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 for soil and water conservation; however, the agave producers perform in a higher percentage, conservation works and not level curves in their plots.



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 para el agave, se ha favorecido al proceso de degradación de suelos. 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 el uso de implementos agrícolas; b) no emplear agroquímicos y c) limpieza y deshierbes de los cultivos de manera manual; y 2) evitar la eliminación parcial o total de la vegetación natural.

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, presas, cadenas, costales de piedra o tierra y muros con piedras sueltas); juntar la “basura” (hojarasca y ramas) y la colocan por la orilla; construcción zanjas, bordos de tierra, cercas y mamposteos. Cabe señalar, que en el ATP se construyen con mayor frecuencia obras de conservación (58.82%) comparado con los ACM. La prueba de t ( $t=2.359$ ;  $p=0.022$ ) 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, que son cultivos que más rotan los agaveros (44%). Se realizan más rotaciones en el ATP (30%) que en el ACM (14%). Los motivos para realizar las rotaciones son: 34% de los agaveros señalaron que es para descascar la tierra, evitar el desgaste de nutrientes, ablandar y “vitaminar” los suelos y 8% lo hacen para cambiar la semilla ya que mejora la producción y nutre al suelo. La adición de nitrógeno se logra con la rotación de cultivos con legumbres, suprime los insectos, las plagas y las enfermedades al romper efectivamente el ciclo de vida de las plagas y la ausencia de estas elimina los mecanismos fundamentales de autorregulación (Altieri, 2009).

In lands where this practice is not used, it is due to traditional schemes 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 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 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 for agave, it has triggered soil degradation process. 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 use to the minimum; b) not to use agrichemicals; and c) manual cleaning and weed control in crops; and 2) to avoid the partial or total elimination of natural vegetation.

The percentage of producers performing these conservation practices is high (80%). These include: work of soil and water conservation (34%) (Stone constructions, roadways, little dam, chains, sacks with stones or soil and wall with loose stones); gather the “trash” (litter and branches) and place it by the shore; construction of ditches, earthen bunds, fences and masonry. It should be noted that, conservation works (58.82%) are more frequently constructed in ATP compared to ACM. The t student test ( $t=2.359$ ,  $p=0.022$ ) indicated that there is a statistical difference between both ways of management.

### Crop rotation

Crop rotations increase yields, add organic matter to soil and thus increase soil fertility. It is recommended a rotation of different species and nutritional needs, as is the case of beans and maize, these crops are the most rotated by agave producers (44%). More rotations are done in ATP (30%) than in ACM (14%). The reasons for rotations are: 34% of agaveros indicated that it is to rest their land, to avoid nutrient wasting, to soften and to “vitamin” soils and 8% of them do it to change seeds because it improves

## 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 y desarrollo de las plantas. El 78% de agaveros realiza este tipo de práctica, que se distribuyen 36% productores en ACM y 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 del suelo varía entre uno y dos años con una media de 1.48.

## Escalonado de las edades de las plantas de agave

El escalonado es una estrategia ante la posibilidad de pérdida total o reducción de la producción y para el mantenimiento de las plantaciones agaveras. En el municipio de Tequila, Jalisco 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 dura en promedio 7 años, permitiendo esta práctica. Por ello, 48% de los productores realiza el escalonado de las edades de las 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 agrosistema. 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 en los predios.

the production and nourishes the soil. Nitrogen addition is achieved by rotating legume crops, it suppress insects, pests and diseases by effectively breaking the life cycle of 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 its natural fertility necessary for the plants growth. 78% of agave producers do this type of practice, they are distributed on 36% in ACM and 42% in 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.

## Age staggering of agave plants

Age staggering is a strategy against the possibility of total loss or production reduction and maintenance of agave plantations. In the municipality of 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 agave plant lasts an average of 7 years, allowing this practice. For this reason, 48% of producers carry out age staggering in their plantations, from which 30% are producers of ATP and the rest of ACM.

Agave producers have an average of 5.2 years using age diversification in their plantations, although they had two cases of producers that have been doing age staggering of agave plants for 20 years. This activity is a practice of recent incorporation into agrosystems. Regarding the average number of years that agave producer have practiced age staggering is 4.2 years in ATP and reached 6.7 years in ACM.

The producers reduce the cost of production with this method through two ways: 1) selection of agave shoots, the producers separate the healthy agave 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 young shoots, for this reason heterogeneous plantations are observed in a land plot.

### Disminución de la aplicación de herbicidas

Los productores realizan las siguientes prácticas que ayudan a disminuir significativamente el uso de herbicidas: 1) agroecológicas: control manual de maleza, pastoreo libre de ganado 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 the following practices that significantly reduce the use of herbicides: 1) agroecological: manual control of weeds, free grazing of livestock 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, out of which 38% are from ATP and 30% from ACM. The proper use of herbicides doses was only recurrent in ACM.

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

Descriptive analysis of agroecological practices was complemented by performing t Student tests for the whole set of agroecological practices. The U Mann Whitney test was performed to know similarities between different practices and it was found that in rotations and intercropping 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 de las edades de las plantas de agave	9	36	15	60	-1.681	0.093
8) Disminución de la aplicación de herbicidas	15	60	19	76	-1.2	0.23

Elaborado 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. Los

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

productores se concentraron 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 número 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 del número de prácticas agroecológicas del ACM fue de 3.32, que se clasifica con un nivel medio de IPAAT. 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 se realizan algunas prácticas que pueden considerarse agroecológicas. Se aplicó prueba de t Student ( $t = -0.5292$ ;  $p = 0$ ) mostrando que hay diferencia estadística.

between medium and very high levels because they carry out from 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 number of practices into ATP was 5.52 which is classified at the very high IPAAT level. While most of the ACM producers concentrated on the medium level. The average number of agroecological practice into ACM was only 3.32, which is classified with a medium IPAAT level. The difference between the two systems is 2.2 practices on average. Table 2 shows the absence of excellent level value among ACM producers, in the same way, there is no null level value into ATP producers. This means that even in agave monocultures some practices are done that can be considered agroecological. A t Student test ( $t = -0.5292$ ;  $p = 0$ ) 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 identificaron 8 prácticas agroecológicas para comparar dos tipos de manejo del agroecosistema de *Agave tequilana* Weber var. azul: agroecosistema tradicional con policultivo (ATP) y el agroecosistema convencional con monocultivo (ACM). Se generó un índice de prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) basado en el número de prácticas realizadas por los productores de agave. Basándose en el IPAAT, se concluye que en el 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

Eight agroecological practices were identified to compare two types of agroecosystem managements of *Agave tequilana* Weber var. azul: traditional agroecosystem with polyculture (ATP) and conventional agroecosystem with monoculture (ACM). An index of agroecological practices in *Agave tequilana* (IPAAT) was generated based on the number of practices done by agave producers. Based on the IPAAT, it is concluded that more agroecological practices are carried out into the ATP than into ACM, therefore it is inferred that ATP tends to be more sustainable than ACM.

Las rotaciones y la diversificación de cultivos fueron las prácticas con las 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 las industrias tequileras.

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 of *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 ATP with regard to ACM.

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

*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.). Azúcarroja, 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-Pérez, L. Juárez-Sánchez, J.P.; Ramírez-Valverde, B.; Hernández-Plascencia, J. A. 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.
- 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. Tercera edición. México, Distrito Federal. 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.