

Características morfométricas y calidad de gel en sábila (*Aloe barbadensis* M.) aplicando algaenzimas y composta*

Morphometric characteristics and quality of aloe vera gel (*Aloe barbadensis* M.) applying algae extract (algaenzims) and compost

Aurelio Pedroza-Sandoval^{1§}, Cinthia Guadalupe Aba-Guevara¹, José Alfredo Samaniego-Gaxiola², Ricardo Trejo-Calzada¹, Ignacio Sánchez-Cohen³ y José Antonio Chávez-Rivero¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, Chihuahua, km 38.5, C. P. 35230 Tel: 872 7760190. Fax. 872 77 60043. Bermejillo, Durango. ²Centro de Investigación Regional Norte Centro-INIFAP, km 17 carretera Torreón-Matamoros, Coahuila. C. P. 27440 Tel: 871 762-49-77. ³Centro Nacional de Investigaciones Interdisciplinarias en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera-INIFAP, km 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento 35150, Gómez Palacio, Durango. Tel: 871 1590104. [§]Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx.

Resumen

El estudio se llevó a cabo en 2011 y 2012 y tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes en el crecimiento de la hoja de sábila y la calidad del gel, este último como el producto de mayor demanda en el mercado. Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron las dosis de algaenzimas (0, 7 y 14 L ha⁻¹) y las parcelas chicas las dosis de composta (0.5 y 10 t ha⁻¹). Las variables que se midieron fueron: la altura de planta, ancho, largo y grosor de hoja; en tanto que en el jugo y gel, se midió el pH, °Brix, sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, proteínas, carbohidratos, contenido de gel y macroelementos (P, K, Ca, Mg y Na). La altura de planta y largo de la hoja, fueron significativamente mayores ($p \leq 0.05$) al aplicar 14 L ha⁻¹ de algaenzimas. Los contenidos de gel, azúcares y sólidos precipitables en metanol, fueron significativamente mayores, 273 días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB)(diciembre), 273-393 DDPAB (diciembre-abril) y 273 DDPAB (diciembre), respectivamente. El contenido de P y Mg se redujeron significativamente, 273 DDPAB (diciembre) al aplicar 10 t ha⁻¹ de composta, después se recupera el contenido de estos elementos. El contenido de carbohidratos y proteínas

Abstract

The study was conducted in 2011-2012 and aimed to evaluate the effect of different sources and doses of fertilizers on leaf growth and quality on aloe vera gel, the latter as a product of high demand in the market. A random split plot block design with three replications was used. The main plots were algae extract (algaenzims) doses (0, 7 and 14 L ha⁻¹) and subplots compost doses (0.5 and 10 t ha⁻¹). The measured variables were: plant height, width, length and thickness of leaf; while in juice and gel, pH, °Brix, total solids, settleable solids in methanol, proteins, carbohydrates, gel content and macro (P, K, Ca, Mg and Na) were measured. Plant height and leaf length were significantly higher ($p \leq 0.05$) by applying 14 L ha⁻¹ of algaenzims. Gel content, sugar and settleable solids in methanol were significantly higher, 273 days after the first application of the biofertilizer (DDPAB) (December), 273-393 DDPAB (December-April) and 273 DDPAB (December), respectively. The content of P and Mg were significantly reduced, 273 DDPAB (December) by applying 10 t ha⁻¹ of compost, then the content of these elements is recovered. The carbohydrate and protein content increased significantly at 273 DDPAB (December), which is critical to identify the cutoff date of aloe leaf.

* Recibido: agosto de 2014
Aceptado: enero de 2015

se incrementaron significativamente a los 273 DDPAB (diciembre), lo cual es determinante para identificar la fecha de corte de hoja de sábila.

Palabras clave: *Aloe*, agricultura orgánica, inocuidad.

Introducción

La sábila (*Aloe* spp.) es reconocida desde la antigüedad por sus propiedades curativas y más recientemente por sus cualidades para la salud. A principios del siglo pasado, los productos derivados de la hoja como el polvo, gel y jugo, tuvieron una alta demanda de la industria médica y cosmetológica por parte de Estados Unidos de América y Europa, lo cual estimuló el establecimiento de plantaciones en México, Texas, República Dominicana, Haití y Namibia (Añez y Vásquez, 2005). Actualmente se reportan 400 especies de *Aloe* (IASC, 2008), de las cuales *A. barbadensis* y *A. arborescens* var. *natalensis* Berger, son las únicas especies cultivadas comercialmente (Das *et al.*, 2010).

México es uno de los países con mayor producción de sábila, con ingresos superiores a los 122 mil millones de dólares (SAGARPA, 2009) y es el primer país latinoamericano en cuanto a superficie dedicada al cultivo de *Aloe*, con aproximadamente 10 700 hectáreas según datos del Consejo Internacional de Ciencia del *Aloe* (IASC), por sus siglas en inglés (IASC, 2008).

Más recientemente, importantes plantaciones tecnificadas se han establecido en Costa Rica, República Dominicana y México, en donde se utilizan modernas técnicas de cultivo para la obtención de gel en diferentes presentaciones, el cual tiene amplias aplicaciones en las industrias cosmética, médica, farmacéutica y agroalimentaria (Piña-Zambrano y Chirino, 2008).

Científicamente se ha determinado que los componentes terapéuticos de la sábila están contenidos en dos secciones foliares bien diferenciadas; una localizada en las células poligonales de la corteza, que contiene la aloína y, otra, localizado en el parénquima que corresponde a la parte central de la pulpa denominada gel. Hasta antes de esta diferenciación, durante mucho tiempo se practicó la recolección, secado y molienda conjunta para su comercialización de uso restringido como laxante o ingrediente de algún cosmético como las cremas (Reynolds y César, 1997). Posteriormente

Keywords: *Aloe*, food safety, organic agriculture.

Introduction

Aloe (*Aloe* spp.) is known since ancient times for its healing properties and more recently for its health benefits. Early last century, products like leaf powder, gel and juice had a high demand from the medical and cosmetic industry of the United States and Europe, which encouraged the establishment of plantations in Mexico, Texas, Dominican Republic, Haiti and Namibia (Añez and Vásquez, 2005). Currently 400 species of *Aloe* are reported (IASC, 2008), of which *A. barbadensis* and *A. arborescens* var. *natalensis* Berger, are the only species commercially cultivated (Das *et al.*, 2010).

Mexico is one of the countries with the highest production of aloe, with incomes higher than 122 million dollars (SAGARPA, 2009) and is the first Latin American country in terms of area under cultivation of *Aloe*, with approximately 10,700 hectares according to data from the International Aloe Science Council (IASC), (IASC, 2008).

Recently, important technified plantations have been established in Costa Rica, Dominican Republic and Mexico, where modern farming techniques are used to obtain gel in different forms, which has broad applications in the cosmetic, medical, pharmaceutical and food processing industries (Piña-Zambrano and Chirino, 2008).

Scientifically it has been determined that therapeutic aloe components are contained in two well differentiated leaf sections; one located in the polygonal cells of the cortex, which contains aloin and other located in the parenchyma corresponding to the central part of the pulp called gel. Until this differentiation, for a long time harvesting, drying and grinding was made for marketing under restricted use as a laxative or as an ingredient in some cosmetic creams (Reynolds and César, 1997). After this recognition, a new phase began in the marketing of aloe, overall on products from gel, considered as a second substance structurally separated from aloin, with a huge nutritional, therapeutic and cosmetic potential.

Therefore, aloe is of importance at present and has potential as an alternative crop for its commercial value in the market and its agronomic versatility, since the plant has a great

a este reconocimiento, se inició una nueva etapa en la comercialización de la sábila, sobre todo de productos derivados a partir del gel, considerado una segunda sustancia estructuralmente separada de la aloína, con un enorme potencial nutricional, terapéutico y cosmetológico.

Por lo anterior, la sábila es de importancia actual y potencial como cultivo alternativo, por su valor comercial en el mercado y su versatilidad agronómica, ya que la planta tiene una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, así como un alto impacto en lo social y económico. Se reconoce que existe una demanda insatisfecha y creciente de materia prima de Aloe, sobre todo en los países industrialmente desarrollados, los cuales tienen alto nivel de compra. De acuerdo a Pedroza y Gómez (2006), el nicho de mercado de mayor importancia actual y potencial, se encuentra en los países europeos y asiáticos, principalmente en lo que se refiere a gel, jugo o polvo orgánico.

La sábila, como otros cultivos relacionados a la alimentación y a la salud, es cada vez más rigurosamente requerida bajo un proceso de producción orgánica; inclusive con un sobreprecio de 30% en relación a la producción tradicional (Gómez *et al.*, 1999). Existen diferentes técnicas de producción orgánica en la agricultura a base de estiércoles, uso de residuos vegetales y biofertilizantes, entre otros. En los biofertilizantes, destaca el uso de composta a base de la acción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Lastra, 1995) o el uso de diversos productos bioprocesados como las algaenzimas (Canales, 1999). La lombricomposta es un importante biofertilizante que no sólo aporta nutrientes a la planta, sino que además mejora las propiedades físicas del suelo como la estructura y textura, con lo cual se favorece el crecimiento y desarrollo de las raíces, repercutiendo en un mejor desarrollo y crecimiento de la planta (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2003).

Por otro lado, las algaenzimas son importantes en el bioproceso de productos que son vitales para el desarrollo de las plantas. El efecto reactivo de las endoenzimas, radica en que éstas son trasladadas por la savia de la plantas, al lugar donde hace falta su acción. A pesar de su tamaño y peso molecular, pueden pasar a través de la membrana de las células para entrar o salir de ella. Su reacción es específica a nivel de un elemento, un ion o un compuesto, para lo cual la forma geométrica de "punto activo" de la enzima, debe coincidir perfectamente con la geometría del "punto de reacción" de los compuestos que están en el sustrato para que la liga se produzca.

ability to adapt to different environments, thus high impact on social and economic. It is known that there is an unmet and growing demand for raw material of Aloe, especially in industrially developed countries, which have high level of acquisition. According to Pedroza and Gómez (2006), the most important niche market at present and potential, is found in European and Asian countries, particularly in products related to gel, juice or organic powder.

Aloe, as other crops related to food and health, are being required to be produced under organic production; even with a premium of 30% compared to conventional production (Gómez *et al.*, 1999). There are different techniques of organic production in agriculture, based on manure, crop residues and bio-fertilizers, among others. Biofertilizers, emphasize the use of compost-based on californian red worm (*Eisenia foetida*) (Lastra, 1995) or the use of various bio-processed products such as algaenzimas (Canales, 1999). The red worm compost is an important biofertilizer that not only provides nutrients to the plant, but also improves the physical properties of the soil, such as structure and texture, which improves growth and root development, reflecting in better development and growth plant (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2003).

On the other hand, algae extract are important in the bioprocessing of products that are vital for the development of plants. The reactive effect of endoenzymes lies on being translated through the sap of plants, where its action is needed. Despite its size and molecular weight, they can pass through the cell membrane to enter or leave. Their reaction is specific to the level of an element, an ion or a compound for which the geometric shape of "active site" of the enzyme must match perfectly to the geometry of the "reaction site" for the compounds that are in the substrate for the link to occur.

Two are the compound reactants on the substrate that fit into the active site of the enzyme; in the case of hydrolase enzymes, one of them is dissociated water H₂O (Wrbá and Pecher, 1996). Thus algae and their derivatives improve the soil and invigorate plants, increasing yields and crop quality, thereby promoting the replacement of chemicals for organic products as part of a more sustainable agriculture.

Algae have better properties than fertilizers, because they release nitrogen more slowly and are also rich in trace elements and it does not generate weed seeds. In 1991, was

Son dos los compuestos reactantes del sustrato que se acomodan así en el punto activo de la enzima; en el caso de las enzimas hidrolasas, uno de ellos es agua disociada H₂O (Wrba y Pecher, 1996). De esta manera las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, con lo cual se promueve la sustitución del uso de productos químicos por productos orgánicos, en el marco de una agricultura más sostenible.

Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes, porque liberan más lentamente el nitrógeno y además son ricas en micro elementos y no generan semillas de malezas. En 1991, se estimó que se utilizaban anualmente 10 000 t de algas húmedas para obtener 1 000 t de extractos de algas con un valor de 5 millones de dólares. No obstante, desde entonces el mercado se ha duplicado debido al amplio reconocimiento de la utilidad de este tipo de productos y a la mayor popularidad de la agricultura orgánica, en la que los extractos son especialmente eficaces para el cultivo de hortalizas y frutales. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes dosis de algaenzimas y biocomposta en el crecimiento y desarrollo de la hoja de sábila (*Aloe barbadensis* M.) y la calidad del gel.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica. El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH), en Bermejillo, Durango. Sus coordenadas geográficas son 23° 54' latitud norte y 103° 37' de longitud oeste, con una altitud de 1 130 msnm. Esta región tiene clima muy seco con lluvias en verano, una precipitación media anual de 239 mm y un porcentaje de lluvias invernal menor al 5%, con una oscilación térmica que varía de 7 a 17 °C de acuerdo a la modificación climática de García (1973).

Diseño experimental. Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron las dosis de algaenzimas (0, 7 y 14 L ha⁻¹) y las parcelas chicas las dosis de composta (0, 5 y 10 t ha⁻¹). Las algaenzimas se aplicaron en forma líquida cada tres meses, aplicando ¼ de la dosis total durante un año por medio de riego presurizado. La composta, se obtuvo a partir de biólodos, residuos vegetales y estiércol bovino, mediante proceso de degradación biológica a base de lombriz roja

estimada que 10 000 t of wet algae were used annually to obtain 1 000 t of algae extracts with a value of 5 million dollars. However, since then the market has doubled due to the widespread recognition of the usefulness of this type of products and the increasing popularity of organic farming, in which the extracts are especially effective for growing vegetables and fruit. The aim of this study was to evaluate different doses algae extract (algaenzims) and compost on growth and development of aloe leaf (*Aloe barbadensis* M.) and gel quality.

Materials and methods

Geographical location. The work was carried out in the experimental field of the University's Regional Unit of Drylands from the Universidad Autónoma de Chapingo (URUZA-UACH) in Bermejillo, Durango. Its geographical coordinates are 23° 54' north latitude and 103° 37' west longitude, at an altitude of 1 130 masl. This region has a very dry climate with summer rains, an average annual rainfall of 239 mm and a lower percentage of winter rains to 5%, with a thermic variation ranging from 7 to 17 °C according to the weather modification of García (1973).

Experimental design. A random split plot block design with three replications was used. The main plots were algae extract (algaenzims) doses (0, 7 and 14 L ha⁻¹) and subplots compost doses (0, 5 and 10 t ha⁻¹). The algaenzims were applied in liquid every three months, applying ¼ of the total dose for a year by pressurized irrigation. The compost was obtained from biosludge, crop residues and cattle manure by a biological degradation process based on california red worm (*Eisenia foetida*); applied manually in solid form and in a single application at the beginning of the study, trying to mix it into the soil with a manual agricultural implement, along the furrow-bed around each plant in the rhizosphere. The experimental unit consisted of three rows of 10 m long and 1 m wide between rows. Each experimental plot had a margin of 9 m at each end of the plot, to eliminate the border effect. The experimental unit was the middle row of each treatment, from which three plants were selected randomly and these three leaves per plant were obtained for measurement of the variables.

Variables. Morphometric variables were measured from June to October 2011, corresponding to: length (cm), height (cm) and thickness (cm) of the leaf and plant height (cm).

california (*Eisenia foetida*). Se aplicó manualmente en forma sólida y en una sola aplicación al inicio del estudio, procurando mezclarla en el suelo con apoyo de implemento agrícola manual, a lo largo del surco-cama alrededor de cada planta en la zona de la rizosfera. La unidad experimental fue de tres surcos de 10 m de longitud y 1 m de ancho entre surcos. Cada parcela experimental tuvo un margen de 9 m en cada extremo de la parcela, para eliminar el efecto de orilla. La unidad experimental fue el surco medio de cada tratamiento, a partir de la cual se seleccionaron al azar tres plantas y de éstas se obtuvieron tres hojas por planta para la medición de las variables.

Variables. Las variables morfológicas se midieron de junio a octubre del 2011, correspondiente a: longitud (cm), ancho (cm) y grosor (cm) de la hoja y altura de planta (cm). Las variables físico-químicas del gel medidas de agosto de 2011 a abril de 2012, fueron: contenido de gel por hoja (g), potencial de hidrógeno (pH), contenido de azúcares (°Brix), contenido de sólidos totales (%), contenido de sólidos precipitables en metanol (%) y contenido de nutrientes (Na, P, K, Ca y Mg). Las determinaciones de los tres últimos fueron hechas por espectrofotometría de absorción atómica por método de flama. Adicionalmente se midió el contenido de carbohidratos (mg kg^{-1}), por el método de Antrona y proteínas (mg kg^{-1}) con un kit de BCA™ Protein Assay Kit-Reducing Agent Compatible, citado por Pedroza y Calzada (2005).

La base de datos fue analizada con el Programa SAS (Dilorio, 1991), mediante el cual se realizaron diferentes análisis estadísticos como ANOVA y prueba de rango múltiple de medias Tukey, para identificar efecto de tratamiento.

Resultados y discusión

Crecimiento y desarrollo de la hoja de sábila. En la tercera fecha de muestreo (octubre, 2011: 230 días después de la primera aplicación de los biofertilizantes: DDPAB), el largo de hoja de la sábila y altura de la planta, fueron mayores cuando se aplicó 14 L ha^{-1} de algaenzimas, con un incremento de 48.4 y 8%, respectivamente, en comparación con el testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 5 y 6); en tanto que el grosor de la hoja fue mayor cuando se aplicó 5 t ha^{-1} de composta, con un incremento de 7.5% en comparación con el testigo (Cuadros 1, 2 y 3).

The physicochemical variables measured to gel from August 2011 to April 2012, were: gel content per leaf (g), potential of hydrogen (pH), sugar content (°Brix), total solids content (%), content of settleable solids in methanol (%) and nutrient content (Na, P, K, Ca and Mg). The determinations of the last three were made by flame atomic absorption spectroscopy. Additionally, carbohydrate content (mg kg^{-1}) was measured, by the antrona technique and protein (mg kg^{-1}) with a kit from BCA™ Protein Assay Kit-Reducing Agent Compatible, quoted by Pedroza and Calzada (2005) was measured.

The database was analyzed with the SAS program (Dilorio, 1991), through which various statistical analyzes such as ANOVA and Tukey test were performed to identify treatment effect.

Results and discussion

Growth and development of aloe leaf. In the third sampling date (October, 2011: 230 days after the first application of biofertilizers: DDPAB), the length and plant height of aloe leaf were higher when 14 L ha^{-1} of algaenzims were applied, with an increase of 48.4 and 8%, respectively, compared to control ($p \leq 0.05$) (Table 5 and 6); while the thickness of the leaf was greater when applied 5 t ha^{-1} of compost, with an increase of 7.5%, compared to the control (Tables 1, 2 and 3).

This indicates that the process of assimilation of biofertilizers is gradual and shows up to seven months after the first application, which is consistent with that found by Rosen and Bierman (2005), who indicate that the mineralization process requires relatively long periods. It was also observed that both biofertilizers are independent, since in some cases there is an effect of one, without using the other and vice versa. In particular, the productivity of maize in soil-compost and soil-biosludge was higher compared to chemical fertilizers (Vaca *et al.*, 2011). Meaning that these organic fertilizers have proven to be effective in the growth and development of crops and aloe is not an exception, having at the end a greater leaf production. Similar results were reported by Zaragoza-Lira *et al.* (2011) when applying compost in walnut, increasing yield and nut quality, compared to the control.

Regarding the effect of algaenzims, studies indicate that when applied algae or their derivatives to soil, its enzymes cause or activate reverse hydrolysis reactions of the enzyme,

Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y composta en el largo de hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller).
Table 1. Effect of different doses of algaenzims and compost in length of aloe leaf (*A. barbadensis* Miller).

Dosis de algaenzimas (L ha ⁻¹)	Dosis de composta (t ha ⁻¹)	Longitud de hoja (cm)		
		91 DDPAB	173 DDPAB	230 DDPAB
0	0	25.1 a	43.7 a	41.1 a
0	5	31.7 a	44.9 a	46.9 ab
0	10	26.4 a	43.3 a	45.6 ab
7	0	28.1 a	41.8 a	43 b
7	5	28 a	41.4 a	42.9 b
7	10	28.3 a	43.9 a	44.6 ab
14	0	25.1 a	43.1 a	61 a
14	5	28.4 a	47.2 a	46.4 a
14	10	29.6 a	48 a	48.9 ab

Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

Cuadro 2. Efecto de dosis de algaenzimas y composta en la altura de la planta de sábila (*A. barbadensis* Miller).
Table 2. Effect of algaenzims and compost doses on plant height of aloe (*A. barbadensis* Miller).

Dosis de algaenzimas (L ha ⁻¹)	Dosis de composta (t ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)		
		91 DDPAB	173 DDPAB	230 DDPAB
0	0	38.1 a	47.8 a	54.7 ab
0	5	38.3 a	55.4 a	54.6 ab
0	10	35.9 a	47.1 a	55.4 ab
7	0	40.8 a	52.7 a	56.3 ab
7	5	37.9 a	54.4 a	47.2 b
7	10	40 a	47.3 a	53.5 ab
14	0	34.7 a	45.4 a	59.1 a
14	5	38.7 a	53.1 a	53.2 ab
14	10	40.1 a	53 a	58.3 ab

Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

Cuadro 3. Efecto de dosis de algaenzimas y composta en diferentes fechas del año sobre el grosor de hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller).

Table 3. Effect of algaenzims and compost doses at different times of the year on leaf thickness of aloe (*A. barbadensis* Miller).

Dosis de algaenzimas (L ha ⁻¹)	Dosis de composta (t ha ⁻¹)	Grosor de hoja (cm)		
		91 DDPAB	173 DDPAB	230 DDPAB
0	0	1.13 a	1.34 a	1.92 ab
0	5	1.23 a	1.39 a	2.07 a
0	10	1.14 a	1.28 a	1.96 ab
7	0	1.34 a	1.29 a	1.98 ab
7	5	1.23 a	1.38 a	1.62 b
7	10	1.32 a	1.35 a	1.9 ab
14	0	1.03 a	1.41 a	1.94 ab
14	5	1.04 a	1.28 a	1.88 ab
14	10	1.08 a	1.41 a	1.95 ab

Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

Lo anterior indica que el proceso de asimilación de los biofertilizantes es gradual y se muestra hasta siete meses después de la primera aplicación, lo cual está en congruencia con lo citado por Rosen y Bierman (2005), quienes indican que el proceso de mineralización requiere de períodos relativamente largos. Se observó además que ambos biofertilizantes, son independientes, dado que en algunos casos hay efecto de uno, sin aplicar el otro y a la inversa. En particular, la productividad de maíz en suelo-composta y suelo-lodo residual fue más alta en comparación a la fertilización química (Vaca *et al.* 2011). Significa que estos abonos orgánicos han probado ser efectivos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la sábila no es la excepción, produciendo al final una mayor producción de hoja. Resultados similares fueron reportados por Zaragoza-Lira *et al.* (2011) al aplicar composta en nogal, incrementándose el rendimiento y calidad de la nuez, respecto al testigo.

Respecto al efecto de las algaenzimas, los estudios indican que al aplicar al suelo algas o sus derivados, sus enzimas provocan o activan reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, que las otras enzimas existentes en el propio suelo o en la planta no son capaces de accionar (Khan *et al.*, 2009). Además de que al aplicar este tipo de productos, se mejora la actividad fotosintética por una mayor asimilación de CO₂ en la planta, con lo cual se obtiene un mayor desarrollo y crecimiento de la misma (García-Delgado *et al.*, 2010).

Lo anterior explica el efecto de un mayor grosor de la hoja de sábila, incrementándose con ello el rendimiento. Adicionalmente, de acuerdo a lo reportado por Canales (1999), se han alcanzado rendimientos extras de 1 a 3 t ha⁻¹ de maíz, trigo y arroz, cuando se les ha aplicado de 1 a 3 L ha⁻¹ de algaenzimas; sin embargo, Molina *et al.* (2012) no encontró diferencias significativas en el rendimiento de avena forrajera (*Avena sativa*) al aplicar algaenzimas y composta. Significa que los resultados de estos productos, están relacionados a las condiciones en que se usen, respecto a tipo de suelo, cultivo, condiciones climáticas, entre otros factores.

Además de los efectos morfométricos identificados por tratamiento, también se analizó estadísticamente su comportamiento a través del tiempo, identificándose que la mejor época de corte de la hoja es a finales de año (otoño), entre los meses de septiembre y noviembre, que es cuando se tiene el mayor desarrollo y crecimiento de la planta, lo cual repercute en un mayor rendimiento de hoja por unidad de superficie (Cuadro 3).

that other existing enzymes in the soil or in the plant are not able to activate (Khan *et al.*, 2009). In addition to applying these products, the photosynthetic activity is improved by an increased assimilation of CO₂ in the plant, obtaining higher development and growth of the same (García-Delgado *et al.*, 2010).

This explains the effect of higher thickness in aloe leaf, thereby increasing yield. According to Canales (1999), extra yields of 1-3 t ha⁻¹ of maize, wheat and rice have been reached, when applied 1-3 L ha⁻¹ of algaenzims; however, Molina *et al.* (2012) found no significant differences in yield of forage oats (*Avena sativa*) when applying algaenzims and compost. Meaning that the results of these products are related to the conditions under which are used, regarding soil type, crop, weather conditions and other factors.

In addition to the morphometric effects identified by treatment, also the behavior was analyzed over time, identifying that the best time to cut the leaf is at the end of year (fall), between the months of September and November, when it has higher development and growth of plant, which results in higher leaf yield per unit area (Table 3).

Gel content and quality of aloe leaf. There was no effect of treatment on gel content in leaf ($p \leq 0.05$), but there was a significant variation of this variable over time, being significantly lower at 152 DDPAB then increased at 273 DDPAB, which corresponds to the month of December, to fall back again at 311 DDPAB, corresponding to the month of April of the following year (2012) (Figure 1). The latter might be related to the effect of low temperatures in aloe during winter. This is again important to define the time of cut.

At 152 DDPAB (August 2011), pH of gel was significantly higher when applied 7 L ha⁻¹ of algaenzims and 10 t ha⁻¹ of compost; while the other treatments were identical including the control, but significantly lower when applied 14 L ha⁻¹ of algaenzims ($p \leq 0.05$). Over time, pH of the gel stabilized towards acidity, averaging 7.6 in the last two sampling dates. The highest values obtained were 4.9 in the first sampling and on the third was 4.7 (Table 4). It has been found that algae and its derivatives have high carbonate content and trace elements, which favors alkalinity and a better availability of nutrients (Khan *et al.*, 2009).

Contenido y calidad del gel de la hoja de sábila. No hubo efecto de tratamiento para el contenido de gel en la hoja de sábila ($p \leq 0.05$), pero sí hubo una variación significativa de esta variable a través del tiempo, siendo a los 152 DDPAB significativamente menor, para luego incrementarse a los 273 DDPAB, que corresponde al mes de diciembre, para luego volver a disminuir a los 311 DDPAB, que corresponde al mes de abril del siguiente año (2012) (Figura 1). Lo anterior posiblemente relacionado al efecto invernal y en donde se reciente el impacto por el descenso de temperatura. Esto vuelve a ser importante para efectos de fecha de corte de hoja.

A los 152 DDPAB (agosto de 2011), el pH del gel fue significativamente más alto cuando se aplicó 7 L ha⁻¹ de algaenzimas y 10 t ha⁻¹ de composta; en tanto que el resto de tratamientos fueron iguales incluido el testigo, pero significativamente menor cuando se aplicó 14 L ha⁻¹ de algaenzimas ($p \leq 0.05$). Con el paso del tiempo, el pH del gel se fue estabilizando hacia la acidez, con promedio de 7.6 en las últimas dos fechas de muestreo. Los valores más altos alcanzados fueron de 4.9 en el primer muestreo y para el tercero el valor más alto fue de 4.7 (Cuadro 4). Se ha comprobado que las algas y sus derivados presentan un elevado contenido de carbonatos y elementos traza, lo cual favorece la alcalinidad y una mejor disponibilidad de nutrientes (Khan *et al.* 2009).

Cuadro 4. Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y composta en el pH del gel de hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller).
Table 4. Effect of different doses of algaenzims and compost in pH of gel from aloe leaf (*A. barbadensis* Miller).

Dosis de algaenzimas (L ha ⁻¹)	Dosis de composta (t ha ⁻¹)	pH		
		152 DDPAB	273 DDPAB	293 DDPAB
0	0	4.7 ab	4.6 a	4.6 a
0	5	4.8 ab	4.6 a	4.6 a
0	10	4.8 ab	4.6 a	4.5 a
7	0	4.7 ab	4.7 a	4.6 a
7	5	4.8 ab	4.6 a	4.6 a
7	10	4.9 a	4.6 a	4.6 a
14	0	4.7 b	4.5 a	4.6 a
14	5	4.8 ab	4.6 a	4.5 a
14	10	4.8 ab	4.6 a	4.6 a

Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

En este caso así fue al principio, el pH del gel tendió a la alcalinidad, principalmente cuando se elevaron las dosis de estos biofertilizantes, aunque con el paso del tiempo dicho efecto se diluye y el gel tiende hacia la acidez, independientemente del tipo y fuente de biofertilizante

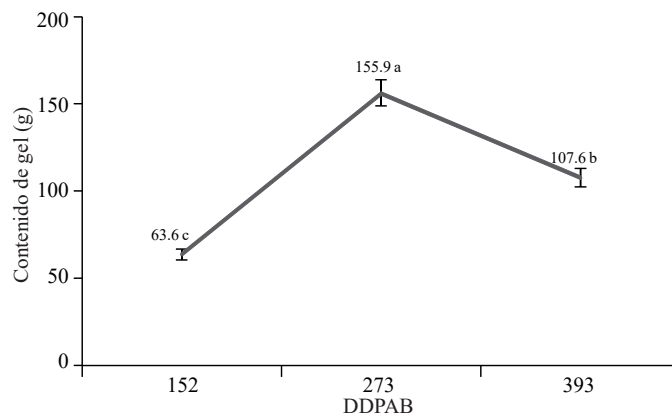


Figura 1. Variación temporal del contenido de gel (g) en diferentes fechas de muestreo en días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB). Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras sobre la línea, son estadísticamente iguales.

Figure 1. Temporal variation of gel content (g) in different sampling dates in days after the first application of biofertilizers (DDPAB). Tukey test ($p \leq 0.05$). Figures with the same letters on the line are statistically equal.

In this case, it was originally like this, the pH of the gel tended to alkalinity, particularly as the dose of these biofertilizers were increased, although as time passed this effect is diluted and the gel tends toward acidity, regardless the type and source of the biofertilizer. This is also contrary to that said by Aguilar

and Castellanos (1987), who suggest that the decrease of pH using this type of biofertilizers, is due to acidity, is associated with organic matter or with certain minerals, which are present in organic compost. All values obtained were within the ranges established by the IASC, which vary from 3.5 to 4.7.

aplicado. Lo anterior, también es contrario a lo especificado por Aguilar y Castellanos (1987), quienes indican que el decremento del pH usando este tipo de biofertilizantes, se debe a que la acidez está asociada con la materia orgánica o con ciertos minerales, los cuales están presentes en la composta orgánica. Todos los valores obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la IASC, los cuales varían de 3.5 a 4.7.

El contenido de azúcares, sólidos totales, sólidos precipitables en metanol y el contenido de cenizas, no variaron significativamente entre los diferentes tratamientos, lo cual significa que estas características químicas asociadas a la calidad del gel, no son influenciadas por los biofertilizantes probados en este estudio, aunque en algunas de éstos, si variaron estadísticamente a través del tiempo. El contenido de azúcares fue significativamente más alto en el primero (agosto de 2011: 91 DDPAB) y tercer muestreo (abril de 2012: 311 DDPAB); en tanto que la concentración de los sólidos precipitables en metanol fueron más altos en la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011: 208 DDPAB) respecto a las otras dos, las cuales no difirieron estadísticamente (Figura 2). La mayoría de las características cualitativas del gel de sábila se mantuvieron en el promedio estándar de calidad aprobadas por el IASC.

The sugar content, total solids, settleable solids in methanol and ash content, did not differ significantly between treatments, which mean that these chemical characteristics associated to the quality of the gel are not affected by the tested biofertilizer in this study, although in some of these, they varied statistically over time. Sugar content was significantly higher in the first (August 2011: 91 DDPAB) and third sampling (April 2012: 311 DDPAB); while the concentration of settleable solids in methanol were higher in the second sampling date (December 2011: 208 DDPAB) compared to the other two, which are not statistically different (Figure 2). Most of the qualitative characteristics of aloe vera gel remained in the average quality standard approved by the IASC.

Nutrients did not vary statistically by treatment effect ($p \leq 0.05$), except for potassium (K) and magnesium (Mg), which were significantly lower when applied 10 ton ha⁻¹ of compost during the second date sampling (December 2011: 273 DDPAB) (Table 5). The latter disagree with the findings made by different researchers regarding the role of algaenzimas in its nutritional intake and the availability of certain trace elements (Khan *et al.*, 2009). The detrimental effect in these macronutrients could be related to the

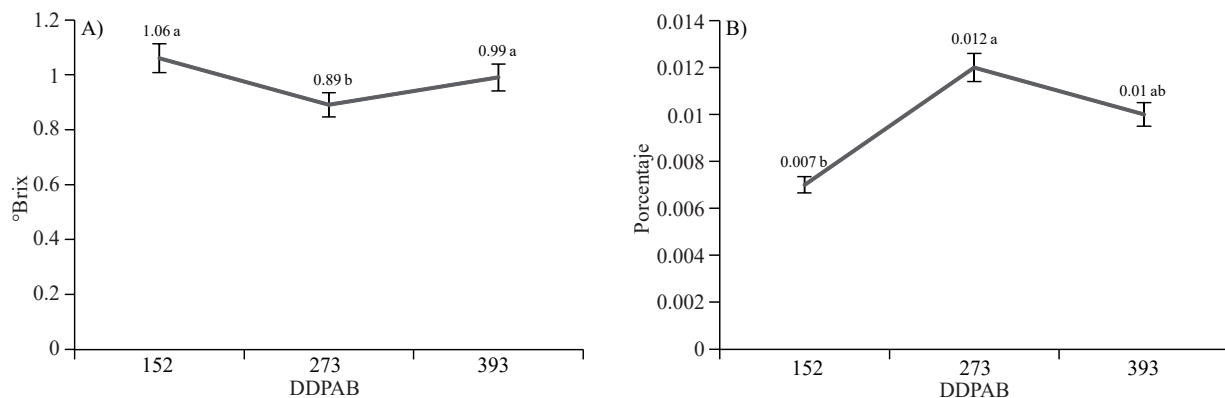


Figura 2. Variación temporal del contenido de azúcares (A) y el porcentaje de sólidos precipitables en metano (B), en días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB). Prueba de Tukey ($p = 0.05$). Cifras con las mismas letras sobre la línea son estadísticamente iguales.

Figure 2. Temporal variation of sugar content (A) and the percentage of settleable solids in methanol (B), in days after the first application of biofertilizers (DDPAB). Tukey test ($p = 0.05$). Figures with the same letters on the line are statistically equal.

Los nutrientes no variaron estadísticamente por efecto de tratamiento ($p \leq 0.05$), a excepción del potasio (K) y el magnesio (Mg), los cuales fueron significativamente menores cuando se aplicó 10 ton ha⁻¹ de composta, durante la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011: 273 DDPAB) (Cuadro 5). Lo anterior, es contrario a lo señalado por diferentes investigadores respecto al papel que juegan las algaenzimas

deficiency that produces certain mineral elements during the mineralization process of the compost, requiring more time for its manifestation, as cited by Pedroza and Calzada (2005), organic matter has an important role in improving soil and availability of macro and microelements and from the latter, mainly iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu), thus reducing the toxic effects of free cations.

en su aporte nutrimental y la disponibilidad de ciertos oligoelementos (Khan *et al.*, 2009). El efecto de decremento en estos macroelementos, podría estar relacionado a la deficiencia que se produce de ciertos elementos minerales durante el proceso de mineralización de la composta, requiriendo más tiempo para su manifestación, ya que de acuerdo a lo citado por Pedroza y Calzada (2005), la materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de los suelos y la disponibilidad de macro y microelementos y de estos últimos, principalmente el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu), así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres.

The carbohydrate and protein content were not affected by the application of algaenzims and compost, although this compounds varied in the different sampling dates; the first were higher in the second sampling date (December 2011: 273 DDPAB) and the second in the last two dates (December 2011: 273 DDPAB and April 2012: 393 DDPAB) (Figure 3). This is important, because the concentration or content of the qualitative characteristics of the gel may be decisive in the best times of cut for aloe leaf, since these characteristics determine the value of this product in the market.

Cuadro 5. Variación temporal de algunos macroelementos (ppm) contenidos en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller).
Table 5. Temporal variation of some macroelements (ppm) contained in aloe gel (*Aloe barbadensis* Miller).

Fecha de muestreo	Dosis de composta (t ha ⁻¹)	Na	K	Ca	Mg	P
	0	2.627 a	14.687 a	4.301 a	0.485 a	0.00 a
12/2011	5	2.622 a	10.616 ab	4.349 a	0.492 a	0.006 a
(273 DDPAB)	10	1.911 a	2.446 b	4.564 a	0.318 b	0.006 a

Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna en cada fecha de muestreo, son estadísticamente iguales. DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

El contenido de carbohidratos y proteínas tampoco fueron afectados por la aplicación de algaenzimas y composta, aunque estos compuestos sí variaron en las diferentes fechas de muestreo; los primeros fueron mayores en la segunda fecha de muestreo (diciembre 2011: 273 DDPAB) y los segundos en las dos últimas fechas (diciembre de 2011: 273 DDPAB y abril de 2012: 393 DDPAB) (Figura 3). Lo anterior es importante, dado que la concentración o contenido de las características cualitativas del gel, pueden ser determinantes en las mejores fechas de corte de la hoja de sábila, ya que dichas características determinan el valor de este producto en el mercado.

Conclusiones

La altura de la planta y el largo de hoja, fueron mayores ($p \leq 0.05$) cuando se aplicó 14 L ha⁻¹ de algaenzimas, dicho efecto fue siete meses después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

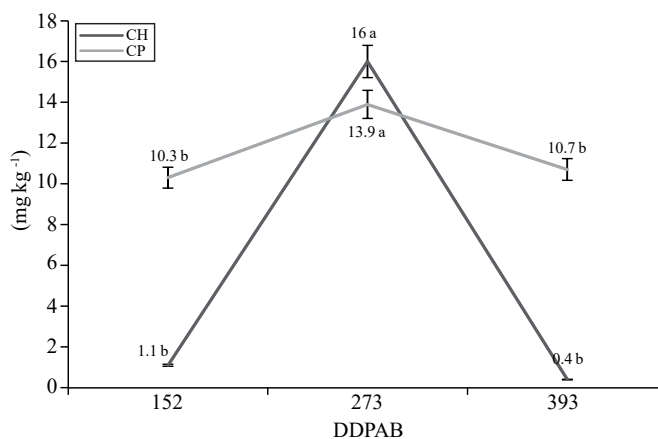


Figura 3. Variación de contenido de carbohidratos (CH) y proteína (CP) en el gel de sábila en diferentes fechas de muestreo en días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB). Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras sobre en una misma línea son estadísticamente iguales.

Figure 3. Variation of carbohydrate (CH) and protein (CP) content in aloe vera gel at different sampling dates in days after the first application of biofertilizers (DDPAB). Tukey test ($p \leq 0.05$). Figures with the same letters on a same line are statistically equal.

El contenido de gel y de azúcares fueron significativamente más altos ($p \leq 0.05$), el primero a los 273 DDAPB (diciembre) y los segundos, 152 DDPAB (agosto) y 393 DDPAB (abril); en tanto que los sólidos precipitables en metanol lo fueron 273 DDPAB (diciembre).

El contenido de P y Mg se redujeron significativamente ($p \leq 0.05$) al aplicar 10 t ha⁻¹ de composta a los 273 DDPAB (diciembre), aunque con el tiempo se recupera la disponibilidad de estos elementos.

El contenido de carbohidratos y de proteínas se incrementó a los 273 DDPAB (diciembre), lo cual es determinante para la fecha de corte de la hoja de sábila.

Literatura citada

- Aguilar, S. A. y Castellanos, R. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Primera edición. Chapingo, México. 217 p.
- Añez, B. y Vásquez, J. 2005. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la sábila (*Aloe barbadensis* M.). Rev. Fac. Agron. 22(1):1-12.
- Calzada, R. A. M. y Pedroza, S. A. 2005. Evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de sábila (*A. barbadensis* M.) en diferentes prácticas de manejo. Revista Chapingo. Serie Zonas Áridas. 4(2):93-101.
- Canales, L. B. 1999. Enzimas-algas: posibilidades de uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Rev. Terra. 17 (3): 271-276.
- Das, A.; Mukherjee, P.; Ghorai, A. and Jha, T. 2010. Comparative karyomorphological analyses of in vitro and in vivo grown plants of *Aloe vera* L. BURM. f. The Nucleus an International J. Cytology Allied Topics. <http://www.springerlink.com/content/qv614341hg2r65k0/>
- Dilorio, C. F. 1991. SAS. Applications programming. A gentle introduction. PWS-KENT Publishing Company. 684 p.
- García-Delgado, M. A.; Bustos-Vázquez, G.; Cervantes-Martínez, J. E. and Compeán-Ramírez, E. 2010. Utilization of micrometeorology to measure carbon assimilation and the transpiration of sugar cane. CienciaUAT. 15(15):24-30.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)- Instituto de Geografía. México, D. F. 246 p.
- Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A. y Schwentesius, R. R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 224 p.
- Programa Orgánico Nacional (IASC). 2008. Consejo Internacional de Ciencia de Aloe. 16 p.
- Khan, W.; Rayirath, U.; Subramanian P.; Jithesh, D. M.; Rayorath, A.; Hodges, P.; Critchley, M.; Craigie, J.; Norrie, J. and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Reg. 28:386-399.

Conclusions

Plant height and leaf length were greater ($p \leq 0.05$) when applied 14 L ha⁻¹ algaenzims, this effect was seven months after the first application of the biofertilizer.

Gel and sugar content were significantly higher ($p \leq 0.05$), the first at 273 DDAPB (December) and the second at 152 DDPAB (August) and 393 DDPAB (April); whereas the settleable solids in methanol were at 273 DDPAB (December).

The content of P and Mg were significantly reduced ($p \leq 0.05$) by applying 10 t ha⁻¹ of compost at 273 DDPAB (December), although over time the availability of these elements is recovered.

The content of carbohydrates and protein increased at 273 DDPAB (December), which is critical to determine the cutoff date of aloe leaf.

End of the English version



- Lastra, E. 1995. Lombrices californianas las transformadoras de desechos. Acaecer. 227:10-12.
- Molina, D. G.; Zapata, C. M.; Campos, M. S. G.; González, Z. A. y Sánchez, P. F. de J. 2012. Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores del suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de raíces. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(3):719-727.
- Pedroza, S. A. y Gómez, F. L. 2006. La sábila (*Aloe* spp.). Propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 209 p.
- Piña-Zambrano, H. y Chirino, L. 2008. Mercado de la zábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón. Rev. Fac. Agron. 25(2):364-392.
- Reynolds, R. y César, R. 1997. *Aloe vera*. Naturaleza y bienestar. Una manera saludable de mejorar su calidad de vida. Ediciones Continente. 148 p.
- Rosen, J. C. y Bierman, M. P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota. Extension service. 12 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Boletín ASERCA Regional Peninsular: "propiedades y usos de la sábila". 25(09):3-4.
- Vaca, R. J.; Lugo, R.; Martínez, R.; Esteller, Ma. V. y Zavaleta, H. 2011. Efectos de la adición de lodo residual y composta de lodos residual sobre las propiedades del suelo y de las plantas de *Zea mays* L. (metales pesados, calidad y productividad). Rev. Int. Cont. Amb. 27(4):301-311.
- Vázquez-Vázquez, C.; Salazar-Sosa, E. y Trejo-Escareño, H. I. 2010. Producción de fertilizantes orgánicos con dos especies de lombrices en diferentes medios de cultivo. In: agricultura orgánica. García, H. J. L.; Salazar, S. E.; Orona, C. I.; Fortis, H. E. y Trejo, E. I. (Eds.). Universidad Juárez del Estado de Durango. 438 p.

Wrba y Pecher, O. 1996. Sustancias del futuro. Refuerzo del sistema inmunitario con enzimoterapia. Ed. Weber Offset Gmb H. D 80993 Miunich. Edición en español. Ed. Edika Med, S. L., C/ San Salvador, 08024. Barcelona, España. 63-65 pp.

Zaragoza-Lira, M. M.; Preciado- Rangel, P.; Figueroa- Viramontes, U.; García- Hernández, J. L.; Fortis- Hernández, M.; Segura- Castruita, M. A.; Lagarda- Murrieta, A. y Madero-Tamargo, E. 2011. Aplicación de composta en la producción del nogal pecanero. Rev. Chapingo Serie Hortíc. Vol. Esp. Núm. 17.