



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

---

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE MAGUEY SACATORO (*Agave angustifolia* HAW). Y DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO TOTAL, CON DIFERENTES SUSTRATOS Y CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.**

**ING. MA. GUADALUPE SANDOVAL RAMÍREZ**

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**DIRECTOR:**

DR. ELÍAS HERNÁNDEZ CASTRO

**CO- DIRECTOR:**

DR. JUAN ELIAS SABINO LÓPEZ

TUXPAN, IGUALA, GRO. MAYO DE 2019.

La presente tesis titulada “**PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE MAGUEY SACATORO (*Agave angustifolia* Haw) Y DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO TOTAL, CON DIFERENTES SUSTRATOS Y CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.**”, realizada por la alumna: **MA. GUADALUPE SANDOVAL RAMÍREZ**, forma parte del proyecto sectorial 263188 SEMARNAT- CONACYT:” **CARACTERIZACION FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL MAGUEY SACATORO (*Agave angustifolia* Haw) PARA SU APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN LA REGIÓN COMPRENDIDA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CHILAPA Y HUITZUCO, BALSAS GRO.**”. Bajo la dirección del comité tutorial indicado y ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

### **MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

#### **COMITE PARTICULAR**

**Director**

---

Dr. Elías Hernández Castro

**Co- director**

---

Dr. Juan Elias Sabino López

**Tutor**

---

Dr. Agustín Damián Nava

**Tutor**

---

Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco

**Tutor**

---

Dra. Teolincacihualt Romero Rosales

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada a mi persona, para la realización de mis estudios de postgrado.

A los profesores de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local de la UAGro quienes contribuyeron en mi formación profesional.

A mis directores de tesis, Dr. Elías Hernández Castro y Dr. Juan Elías Sabino López, por su asesoría, orientación, apoyo y consejos, que ayudaron en mucho para la construcción de la investigación realizada. A mis asesores de tesis, Dr. Agustín Damián Nava, Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco y Dra. Teolincacihualt Romero Rosales, por sus observaciones que ayudaron en mucho para mejorar este trabajo de investigación.

A mis compañeros de clase, por el apoyo dado en el establecimiento de mi experimento.

A Dra. Vinisa Saynes Santillán y a su grupo de trabajo, por el apoyo brindado, asesoría y orientación, que contribuyeron en mi formación personal y en la elaboración de este proyecto.

A mis padres por el apoyo incondicional, en los riegos realizados en este experimento.

A dios por darme fuerzas para seguir adelante y no retroceder, para continuar con mis estudios.



## RESUMEN

En México, el agave es una especie de importancia ecológica, sociocultural y económica, sobre todo para el estado de Guerrero, donde el agave es usado para la elaboración de mezcal, colocándolo en el segundo productor nacional de esta bebida. Sin embargo, la sobre explotación de plantaciones silvestres y establecidas está provocando la disminución de las poblaciones de agave en este estado. Una alternativa para conservar este recurso vegetal es la reproducción de plántula en vivero, con el uso de sustratos y un programa de fertilización que garantice la cantidad y la calidad de plántulas en menor tiempo, con respecto a campo. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el crecimiento de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.), provenientes de semillas colectadas en diferentes comunidades y cultivadas en vivero con diferentes sustratos y regadas con solución nutritiva a diferentes concentraciones. Así como la determinación de nitrógeno (N) y fósforo (P) total en los diferentes órganos de las plántulas cultivadas bajo las condiciones antes descritas. El germoplasma se obtuvo de semillas recolectadas en Huitzucó, Atenango del Río, Chilapa y Ahuacotzingo, Guerrero. Se usó un arreglo factorial completamente al azar con seis repeticiones. Los factores estudiados fueron los sustratos (S) con tres niveles: fibra de coco (FC); perlita (Pe); mezcla (FC+Pe (relación 1:1)). El factor solución nutritiva (SN) consistió en riegos con SN (Steiner, 1984) a diferentes concentraciones (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) y riego con agua corriente (SN<sub>1</sub>=testigo). Las variables estudiadas fueron: longitud de raíz (LR), volumen de raíz (VR), número de raíces (NR), diámetro del tallo (DT), ancho de hoja principal (AH), longitud de la hoja principal (LH), número de hojas (NH), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso fresco del tallo (PFT), peso seco del tallo (PST), peso fresco de hojas (PFH) y peso seco de hojas (PSH). Los mayores valores de DT, PFR, PFT, PFH, PST y PSH en las plántulas se obtuvieron con FC regadas con SN<sub>3</sub>, con valores de 10.99 mm, 2.28, 2.04, 12.44, 1.00 y 7.63 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que los mayores promedios de VR, NR, AH, LH y NH se obtuvieron en plántulas cultivadas en Pe y regadas con SN<sub>3</sub>, con 3.17mL, 5, 2.60cm, 14.36cm y 4. La mayor LR y PSR, se obtuvieron en plántulas cultivadas en FC, regadas con SN<sub>2</sub>, con 11.77cm y 1.06 g planta<sup>-1</sup>.

Se realizó la determinación de N y P total en raíz, tallo (piña) y hojas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), procedentes de Huitzucó y Ahuacotzingo, Guerrero, las cuales fueron cultivadas bajo la metodología ya descrita. Las muestras se colectaron y fueron llevadas al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La mayor concentración de N en hoja ( $1.74 \text{ mg g}^{-1}$ ) se obtuvo en plántulas de Huitzucó, cultivadas en la mezcla de sustratos (FC+Pe) y SN<sub>2</sub>. Mientras que la mayor concentración de P en hojas ( $0.44 \text{ mg g}^{-1}$ ) se tuvo en plántulas de Ahuacotzingo, cultivadas en la mezcla de sustratos (FC+Pe) y regadas con SN<sub>2</sub>. La mayor concentración de N ( $0.80 \text{ mg g}^{-1}$ ) en la raíz se tuvo en plántulas de Ahuacotzingo, cultivadas en Perlita (Pe) y SN<sub>3</sub>. El mayor valor de P en raíz ( $0.23 \text{ mg g}^{-1}$ ) se presentó en plántulas de Ahuacotzingo, en Pe regadas con SN<sub>2</sub>. El mayor contenido de N en el tallo ( $1.49 \text{ mg g}^{-1}$ ) se obtuvo en plántulas de Huitzucó, cultivadas en la mezcla (FC+Pe) y regadas con SN<sub>2</sub>, mientras que el mayor contenido de P en el tallo ( $0.45 \text{ mg g}^{-1}$ ) se obtuvo en plántulas de Ahuacotzingo, cultivadas con Pe regadas con SN<sub>3</sub>.

#### ABSTRACT

In Mexico, the agave is a species of ecological, sociocultural and economic importance, especially for the state of Guerrero, where the agave is used for the elaboration of mezcal, placing it in the second national producer of this drink. However, the overexploitation of wild and established plantations is causing the decline of agave populations in this state. An alternative to conserve this vegetal resource is the reproduction of seedling in nursery, with the use of substrates and a fertilization program that guarantees the quantity and the quality of seedlings in smaller time, with respect to field. The objective of the present investigation was to study the growth of maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.) Seedlings, from seeds collected in different communities and nursery-grown with different substrates and watered with nutrient solution at different concentrations. As well as the determination of nitrogen (N) and total phosphorus (P) in the different organs of the seedlings grown under the conditions described above. The germplasm was obtained from seeds collected in Huitzucó, Atenango del Río, Chilapa and Ahuacotzingo, Guerrero. A completely randomized factorial arrangement with six repetitions was used. The factors studied were the substrates (S) with three levels: coconut fiber (FC); perlite (Pe); mixture (FC + Pe (ratio 1: 1) The nutrient solution factor (SN) consisted of irrigations with SN (Steiner, 1984) at different

concentrations (SN<sub>2</sub>: 25%, SN<sub>3</sub>: 50%) and irrigation with tap water (control). The variables studied were: root length (LR), root volume (VR), number of roots (NR), stem diameter (DT), main leaf width (AH), length of the main leaf (LH), number of leaves (NH), fresh root weight (PFR), root dry weight (PSR), fresh stem weight (PFT), stem dry weight (PST), fresh leaf weight (PFH) and weight dry leaf (PSH). The highest values of DT, PFR, PFT, PFH, PST and PSH in the seedlings were obtained with FC irrigated with SN<sub>3</sub>, with values of 10.99 mm, 2.28, 2.04, 12.44, 1.00 and 7.63 g plant<sup>-1</sup>, respectively, while the highest averages of VR, NR, AH, LH and NH were obtained in seedlings grown in Pe and irrigated with SN<sub>3</sub>, with 3.17mL, 5, 2.60cm, 14.36cm and 4. PSR, were obtained in cultivated seedlings as in FC, irrigated with SN<sub>2</sub>, with 11.77 and 1.06 g plant<sup>-1</sup>.

The determination of total N and P in root, stem (pineapple) and leaves of maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) seedlings, from Huitzuco and Ahuacotzingo, Guerrero, was carried out, which were cultivated under the methodology already described. The samples were collected and taken to the Laboratory of Soil Fertility and Environmental Chemistry of the Postgraduate School, Campus Montecillo. The highest concentration of N in leaf (1.74 mg g<sup>-1</sup>) was obtained in Huitzuco seedlings, cultivated in the mixture of substrates (FC + Pe) and SN<sub>2</sub>. While the highest concentration of P in leaves (0.44 mg g<sup>-1</sup>) was found in Ahuacotzingo seedlings, cultivated in the mixture of substrates (FC + Pe) and irrigated with SN<sub>2</sub>. The highest concentration of N (0.80 mg g<sup>-1</sup>) in the root was found in Ahuacotzingo seedlings, cultivated in Perlita (Pe) and SN<sub>3</sub>. The highest value of P in root (0.23 mg g<sup>-1</sup>) was present in Ahuacotzingo seedlings, in Pe irrigated with SN<sub>2</sub>. The highest content of N in the stem (1.49 mg g<sup>-1</sup>) was obtained in Huitzuco seedlings, cultivated in the mixture (FC + Pe) and irrigated with SN<sub>2</sub>, while the highest content of P in the stem (0.45 mg g<sup>-1</sup>) was obtained in Ahuacotzingo seedlings, cultivated with Pe irrigated with SN<sub>3</sub>.

## CONTENIDO

<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	<i>ii</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>iii</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>iv</i>
<i>CONTENIDO</i> .....	<i>vi</i>
<i>LISTA DE CUADROS</i> .....	<i>viii</i>
<i>INTRODUCCIÓN GENERAL</i> .....	<i>1</i>
Planteamiento del problema .....	<i>2</i>
Objetivos.....	<i>2</i>
Objetivo general.....	<i>2</i>
Objetivos específicos .....	<i>2</i>
Hipótesis .....	<i>3</i>
Hipótesis general.....	<i>3</i>
Hipótesis específicas.....	<i>3</i>
<i>LITERATURA CITADA</i> .....	<i>4</i>
<i>CAPITULO I. PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE MAGUEY SACATORO (Agave angustifolia HAW., EN DIFERENTES SUSTRATOS Y CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA</i> .....	<i>6</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>6</i>
Palabras clave .....	<i>6</i>
<i>INTRODUCCION</i> .....	<i>8</i>
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i> .....	<i>10</i>
<i>RESULTADOS Y DISCUSION</i> .....	<i>11</i>
<i>CONCLUSIONES</i> .....	<i>41</i>
<i>LITERATURA CITADA</i> .....	<i>41</i>
<i>CAPITULO II. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FOSFORO EN PLÁNTULAS DE Agave angustifolia Haw.</i> .....	<i>45</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>45</i>
Palabras clave .....	<i>45</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>47</i>
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i> .....	<i>48</i>

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	53
<i>CONCLUSIONES</i> .....	65
<i>LITERATURA CITADA</i> .....	66

## LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Origen de la semilla y concentración de la solución nutritiva sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw). .....	21
Tabla 2. Origen de la semilla y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw).....	23
Tabla 3. Efecto de la concentración de la SN y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw).....	25
Tabla 4. Efecto del origen de la semilla, la concentración de la SN y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw).....	27
Tabla 5. Origen de la semilla y concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	34
Tabla 6. Origen de la semilla y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	35
Tabla 7. Efecto de la concentración de la SN y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	36
Tabla 8. Efecto del origen de la semilla, la concentración de la solución nutritiva y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de Maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw).....	39
Tabla 9. Tratamientos usados en la producción de plántulas de plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw).....	49

Tabla 10.	Curva de calibración.....	50
Tabla 11.	Efecto del Origen de la semilla y concentración de la SN sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de <i>A. angustifolia</i> Haw cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.....	57
Tabla 12.	. Efecto del Origen de la semilla y el sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja en plántulas <i>A. angustifolia</i> Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. ....	59
Tabla 13.	Efecto de la interacción del sustrato y la concentración de SN sobre el contenido de N y P total en raíz, tallo y hoja de plántulas de <i>A. angustifolia</i> Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.....	61
Tabla 14.	Efecto del origen de la semilla, la concentración de la SN y el sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de <i>A. angustifolia</i> Haw cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.....	64

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Efecto del origen de la semilla sobre el número de raíz y hojas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva..... 12
- Figura 2. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el diámetro de tallo de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva..... 12
- Figura 3. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el número de raíz y hoja de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva..... 13
- Figura 4. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el ancho de hoja, longitud de raíz y longitud de hoja de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw). cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. .... 15
- Figura 5. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el volumen de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. .... 16
- Figura 6. Efecto del sustrato sobre el diámetro de tallo de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva.. 16
- Figura 7. Efecto del sustrato sobre el número de raíces y hojas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. .... 17

Figura 8. Efecto del sustrato sobre e ancho de hoja, longitud de raíz y longitud de hoja de plántulas de Maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw), Cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	19
Figura 9. Efecto del origen de la semilla sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	29
Figura 10. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.....	30
Figura 11. Efecto del sustrato sobre el contenido de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoro ( <i>Agave angustifolia</i> Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva. ....	32
Figura 12. Efecto del origen de la semilla sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de <i>A. angustifolia</i> Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. 53	
Figura 13. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas <i>A. angustifolia</i> Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.....	54
Figura 14. Efecto del sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas <i>A. angustifolia</i> Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. ..	56

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El agave ha perdido fertilidad sexual durante el proceso de domesticación, debido a que los productores utilizan agaves inmaduros para la producción de mezcal, de los cuales cortan las inflorescencias tan pronto como comienzan a desarrollarse, impidiendo la reproducción sexual (McKey *et al.*, 2010; Schulman, 2006; Lombard *et al.*, 2000). Esto tiene como consecuencia que, con el paso del tiempo, los agaves vayan desapareciendo de una región y que la variedad genotípica disminuya.

Una estrategia común y exitosa utilizada por los productores es la reproducción asexual de plántulas de agave, a través rizomas juvenes (Arizaga y Ezcurra 2002). Sin embargo, estos presentan un aspecto negativo por la ausencia de recombinación sexual, provocando que la diversidad genética se deteriore (McKey *et al.*, 2010; Bonnave *et al.*, 2014), como se ha demostrado en algunas especies de Agave domesticadas como: *A. fourcroydes* Lem. (Colunga-García Marín *et al.*, 1999), *A. angustifolia* Haw. Subsp. Tequilana (F.A.C.Weber) Valenz.- Zap. Et Nabhan (Gil-Vega *et al.*, 2001) y *A. mapisaga* Trel. (Alfaro-Rojas *et al.*, 2007). La homogeneidad genética resultante de la propagación asexual también ha ocasionado pérdidas económicas, debido al daño causado por plagas y enfermedades en las plantaciones de agaves (Valenzuela-Zapata y Nabhan, 2004). Por otra parte, diversos estudios indican que la baja o nula fertilidad sexual es evidente entre algunos cultivos propagados por rizomas (Zohary 2004).

Debido a lo anterior, es necesario impulsar la producción de planta en vivero y con ello satisfacer la demanda en cantidad y calidad (Olivas *et al.*, 2007). Las buenas prácticas de manejo en vivero se ven reflejadas en la calidad de la planta producida, a través de sus características morfológicas, fisiológicas y por su capacidad de adaptación al sitio de plantación (Prieto y Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008). Sin embargo, la producción de plántulas requiere de grandes cantidades de sustratos y un buen programa de nutrición, que asegure la producción de plántulas sanas y vigorosas, al momento de llevarlas a campo (SAGARPA SIAP, 2017).

## **Planteamiento del problema**

En México el agave es la materia prima para la elaboración de mezcal, ya que posee la denominación de origen de esta bebida que es apreciada en el mercado internacional, tan solo en el 2016 se exportaron aproximadamente 2.71 millones de litros, principalmente a Estados Unidos, Taiwan y países de la Unión Europea (SAGARPA SIAP, 2017).

En el estado de Guerrero, para la producción de mezcal se usa el 76% de maguey espadín (*A. angustifolia*) y el 24 % de otras especies. Anualmente se producen cerca de 2.5 % de mezcal. En el periodo 2011 - 2017, se exporto la cantidad de 2, 801,830 litros a 60 países (COMERCAM, 2017). La utilización del maguey para la producción de mezcal representa una fuente de ingresos, para los productores, en el estado, sin embargo son escasos los trabajos de reproducción de especies mezcaleras, pero sobre todo de *A. angustifolia*, lo cual es preocupante porque esta especie se está sobre explotando, lo que en un futuro puede provocar su extinción.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Estudiar el efecto de los sustratos y la concentración de solución nutritiva sobre el crecimiento y concentración de N y P en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.) procedentes de diferentes localidades del estado de Guerrero.

### **Objetivos específicos**

Estudiar el efecto de diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento y la concentración de N y P en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) procedentes de semillas de diferentes localidades del estado de Guerrero

Evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la concentración de N y P en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) procedentes de semillas de diferentes localidades del estado de Guerrero

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

El crecimiento y la concentración de N y P en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) procedentes de semillas de diferentes localidades del estado de Guerrero, cultivadas en vivero con diferentes sustratos y solución nutritiva a diferentes concentraciones no serán afectados por el sustrato y la concentración de la solución nutritiva.

### **Hipótesis específicas**

Al menos uno de los sustratos evaluados favorecerá el crecimiento y concentración nutrimental de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.) procedentes de semillas de diferentes localidades del estado de Guerrero.

La concentración de la solución nutritiva influirá sobre el crecimiento y concentración nutrimental de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) procedentes de semillas de diferentes localidades del estado de Guerrero.

## LITERATURA CITADA

- Arizaga S, Ezcurra E (2002) Propagation mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid land succulent rosette. *Am J Bot* 89:63–641
- Bonnave M, Bleeckx G, Rojas J, Maughan BP, Flamand MC, Terrazas F, Bertin P (2014) Farmers' unconscious incorporation of sexually-produced genotypes into the germplasm of a vegetatively-propagated crop (*Oxalis tuberosa* Mol.). *Genet Resour Crop Evol* 61:721–740
- Colunga-GarcíaMarín P, Coello-Coello J, Eguiarte LE, Piñero D (1999) Isoenzymatic variation and phylogenetic relationships between henequén (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *A. angustifolia* (Agavaceae). *Am J Bot* 86:115–123
- COMERCAN (2017) El mezcal, la cultura líquida de México. Informe estadístico 2017. [www.crm.org.mx](http://www.crm.org.mx), [www.mezcal.com](http://www.mezcal.com)
- Gil-Vega, K., Gonzalez, M., Martinez de la Vega, O., Simpson, J., Vandemark, G (2001) Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* using RAPD markers. *Euphytica* 119, 335–341.
- Lombard, V., Baril, C.P., Dubreuil, P., Blouet, F., Zhang, D (2000) Genetic relationships and fingerprinting of rapeseed cultivars by AFLP: consequences for varietal registration. *Crop Science* 40, 1417–1425.
- McKey D, Elias M, Pujol B, Duputie´ A (2010) The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. *New Phytol* 186:318–332
- Olivas G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrate., M. J González N. y C. Vera J (2007). Áreas de amplitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista fitotecnia mexicana*. 30 (4): 411-419.
- Prieto R., J. A. y M. Alarcón B (1998) Producción de planta forestal. Folleto técnico número 10. Campo Experimental Valle del Guadiana-INFAP-SAGAR. Durango, Dgo. 19 p.

Rodríguez T., D. A (2008) Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. 156 p.

SAGARPA, SIAP (2017) Agave tequilero y mezcalero mexicano. Planeación agrícola nacional 2017-2030. primera edición 2017. Por secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. México.

Schulman, A.H (2006) Molecular markers to assess genetic diversity. *Euphytica* 158, 313–321.

Valenzuela-Zapata AG, Nabhan GP (2004) Tequila: a natural and cultural history. The University of Arizona Press, Tucson.

Zohary D (2004) Unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Econ Bot* 58:5–10.

# **CAPITULO I. PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE MAGUEY SACATORO (*Agave angustifolia* HAW.), EN DIFERENTES SUSTRATOS Y CONCENTRACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA**

## **RESUMEN**

México se considera centro de origen y diversificación del agave, siendo de gran importancia cultural, económica y ecológica, sobre todo para el estado de Guerrero, el cual es usado para la elaboración de mezcal artesanal. Se sabe que los productores de maguey prefieren el *Agave angustifolia*, debido a que es una especie que tarda entre 7 y 9 años en llegar a la madurez y produce piñas de mayor tamaño. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la producción de plántulas de *Agave angustifolia* Haw. Cultivadas en diferentes sustratos y regadas con solución nutritiva a diferentes concentraciones. El material vegetal se obtuvo de semillas recolectadas en Huitzaco, Atenango del Rio, Chilapa y Ahuacotzingo Guerrero. Se usó un arreglo factorial completamente al azar con seis repeticiones. Los factores estudiados fueron los sustratos (S) con tres niveles: Fibra de coco (FC); Perlita (Pe); Mezcla de Fibra de coco + Perlita, (FC+Pe) relación 1:1. El factor solución nutritiva (SN) consistió en riegos con SN (Steiner 1984) a diferentes concentraciones (SN<sub>1</sub>: 25%; SN<sub>2</sub>: 50%) y riego con agua corriente (testigo). Las variables estudiadas por planta fueron: longitud de raíz (LR), volumen de raíz (VR), número de raíces (NR), diámetro del tallo (DT), ancho de la hoja (AH), longitud de hoja (LH), número de hojas (NH), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso fresco de tallo (PFT), peso seco de tallo (PST), peso fresco de hoja (PFH) y peso seco de hoja (PSH).

Los mayores valores de DT, PFR, PFT, PFH, PST y PSH se obtuvieron en plantas cultivadas en fibra de coco (FC) y regadas con SN<sub>3</sub>, con 10.99mm, 2.28, 2.04, 12.44, 1.00 y 7.63 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que los mayores promedios de VR, NR, AH, LH y NH se obtuvieron en plantas cultivadas en Pe y regadas con SN<sub>3</sub>, con 3.17mL 5.00, 2.60cm, 14.36cm y 4.00. LR y PSR La fibra de coco (FC) y la SN<sub>2</sub> favorecieron la LR y PSR, con 11.77 cm y 1.06 g planta<sup>-1</sup>.

## **Palabras clave**

*Agave angustifolia*, solución nutritiva, sustratos

## ABSTRACT

Mexico is considered a center of origin and diversification of the agave, being of great cultural, economic and ecological importance, especially for the state of Guerrero, which is used for the elaboration of traditional mezcal. It is known that maguey producers prefer *Agave angustifolia*, because it is a species that takes between 7 and 9 years to reach maturity and produces larger pineapples. The objective of the present investigation was to evaluate the production of seedlings of *Agave angustifolia* Haw. Cultivated in different substrates and watered with nutritious solution at different concentrations. The plant material was obtained from seeds collected in Huitzuco, Atenango del Rio, Chilapa and Ahuacotzingo Guerrero. A completely randomized factorial arrangement with six repetitions was used. The factors studied were the substrates (S) with three levels: Coconut fiber (FC); Perlite (Pe); Mixture of Coconut Fiber + Perlite, (FC + Pe) ratio 1: 1. The nutrient solution (SN) factor consisted of irrigations with SN (Steiner 1984) at different concentrations (SN<sup>2</sup>: 25%, SN<sup>3</sup>: 50%) and irrigation with tap water (control). The variables studied by plant were: root length (LR), root volume (VR), number of roots (NR), stem diameter (DT), leaf width (AH), leaf length (LH), number of leaves (NH), fresh root weight (PFR), root dry weight (PSR), fresh stem weight (PFT), stem dry weight (PST), fresh leaf weight (PFH) and dry weight of sheet (PSH).

The highest values of DT, PFR, PFT, PFH, PST and PSH were obtained in plants grown in coconut fiber (FC) and irrigated with SN<sup>3</sup>, with 10.99 mm, 2.28, 2.04, 12.44, 1.00 and 7.63 g plant<sup>-1</sup>, respectively. While the highest averages of VR, NR, AH, LH and NH were obtained in plants grown in Pe and irrigated with SN<sup>3</sup>, with 3.17 mL, 5.00, 2.60cm, 14.36cm and 4.00. LR and PSR Coconut fiber (FC) and SN<sup>2</sup> favored LR and PSR, with 11.77 cm and 1.06 g plant<sup>-1</sup>.

### Keywords

*Agave angustifolia*, nutrient solution, substrates

## INTRODUCCION

El agave es el género mejor representado de la familia Agavaceae con 210 especies (García-Mendoza, 2011). El área de mayor diversidad se encuentra en México (García-Mendoza, 2004), distribuidos principalmente en zonas áridas y semiáridas (Pérez Molphe *et al.*, 2012). Su cultivo se ha intensificado en los últimos años, en particular el de *Agave angustifolia* Haw., conocido comúnmente como maguey sacatoro (Antonio y Smit, 2012).

Sin embargo, su crecimiento y productividad se encuentran limitados por los factores ambientales, como son; la radiación solar, la temperatura, la disponibilidad de agua y el abastecimiento de nutrimentos (Enríquez del Valle, 2008), así como por la sobre explotación de plantaciones silvestres y establecidas (McKey *et al.*, 2010).

Aunado a lo anterior, no existe un programa de recolección y selección de semillas para la producción de plántula que garantice la obtención de plántulas vigorosas y de calidad, lo que permitiría sustituir las poblaciones de agave que han sido sobre explotadas y garantizar el abasto de materia prima para la fabricación de mezcal en México (SEMARNAT 2010). Por lo anterior, la producción de plántula en vivero es una estrategia que garantiza el crecimiento de las mismas de manera favorable (Olivas *et al.*, 2007). Por ello es necesario utilizar semilla de buena calidad y un adecuado manejo de plántula en vivero; con la finalidad de prevenir y controlar los efectos adversos y garantizar la supervivencia de las plantas de agave en campo (López y Monárrez, 2012).

La producción de planta en vivero es una estrategia que garantiza el crecimiento de manera favorable, lo cual puede ser reforzado mediante el uso de sustratos, que son un medio que da soporte físico a la planta y su función es anclar el sistema radical al contenedor; permitiendo una buena aireación, almacén de humedad y mantienen en reserva los nutrientes necesarios, se caracterizan por ser materiales sólidos, ya sea de origen natural, residual, mineral u orgánico, cuyo pH debe ser compatible con la especie (Zumkeller *et al.*, 2009).

Actualmente, para la producción de planta de agave se utiliza una mezcla compuesta por 55% turba, 21% de perlita y 24% vermiculita; esta mezcla ha permitido obtener buenos resultados en el crecimiento de la planta, junto con la aplicación de fertilizantes de liberación controlada (Osmocote 12- 25 12® o Multicote®) en dosis de 4 a 5 kg m<sup>-3</sup> de sustrato (Rosales *et al.*, 2013)

Un material orgánico alternativo a la turba es la fibra de coco, que favorece la formación de poros involucrados en la absorción de nutrimentos; además de que presenta altos niveles de retención de agua y una alta capacidad de intercambio catiónico, mientras que la perlita, sustrato inorgánico, tiene una alta capacidad de retención de humedad, pH ligeramente alcalino, carece de capacidad de intercambio catiónico, pero presenta estabilidad en su estructura, una baja densidad y buena relación agua/ aire (Prieto *et al.*, 2009).

Los sustratos junto con la nutrición determinan el crecimiento de las plantas, el exceso o escasez de nutrientes, puede alterar los parámetros morfológicos de la planta. Mediante la solución nutritiva se suministra a la planta los elementos esenciales para realizar todos los procesos metabólicos que contribuyen al rendimiento y calidad (Sanchez *et al.*, 2004). Con base en estos criterios se han identificado 16 elementos esenciales, entre ellos al C, H y O que constituyen del 94 al 99.5% del material fresco de la planta. Sin embargo, no son considerados en los programas de fertilización porque pueden ser absorbidos del H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> atmosférico. Los macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y S) constituyen el 0.5% a 6.0% restante del peso fresco de una planta, y los micronutrimentos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl y Mo) que son considerados en los programas de fertilización (Alarcón, 2000). Por su parte, Enríquez del Valle (2007) menciona que las plantas de *Agave angustifolia* que crecen en vivero incrementan su crecimiento en altura, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar y acumulación de materia seca, en respuesta a un mayor abastecimiento de nutrimentos y cuando estas plantas llegan a la etapa adulta desarrollan tallos más grandes y con mayor contenido de azúcares.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de dos sustratos comerciales, la mezcla de ambos, y la concentración de la solución nutritiva sobre la producción de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), procedentes de semillas de cuatro localidades del estado de Guerrero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un vivero con 60% de sombra; en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Autónoma de Guerrero, en Tuxpan, Guerrero, México, localizado en las siguientes coordenadas geográficas: 18°20'34.1'', Latitud Norte, 99°30'10.7'' Longitud Oeste, a una altitud de 766 m.s.n.m.

Se utilizaron plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw.), obtenidas de semillas recolectadas en cuatro localidades (Huitzucó, Atenango del Río, Chilapa y Ahuacotzingo) del estado de Guerrero. Las semillas se sembraron en camas de siembra de 1 m de ancho por 4 m de largo, llenadas con tierra de monte y cubiertas con el mismo sustrato. Sesenta días después de la germinación, las plántulas fueron separadas de las camas de siembra y se trasplantaron en bolsas de polietileno de 1 L, llenadas con diferentes sustratos. Se usó un arreglo factorial completamente al azar con seis repeticiones. Cada repetición consistió en una maceta con una plántula, teniendo un total de 216 unidades experimentales, como resultado de las combinaciones de los factores estudiados, los cuales fueron; el sustrato(S) con tres niveles: fibra de coco (FC); perlita (Pe); mezcla (M): (FC+Pe, relación 1:1): La concentración de la solución nutritiva (SN) consistió en riegos con la solución nutritiva (SN) universal de Steiner (1984) a diferentes concentraciones (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) y riego con agua corriente (testigo SN<sub>1</sub>). Los riegos se realizaron cada semana suministrando 200 mL de cada uno de los niveles de SN a cada planta. Ciento ochenta días después del trasplante se realizó un muestreo destructivo, donde se determinaron en cada plántula: longitud de la raíz (LR), volumen de raíz (VR)), número de raíces (NR), diámetro de tallo (DT) , ancho de la primera hoja (AH), longitud de la primera hoja (LH) y número de hojas (NH). Se utilizó vernier Scala 222A® (Gimbel Mexicana S.A. de C.V., México, D.F.) para la medición de diámetro; regla graduada para la medición de longitudes; probeta de 10 mL graduada para determinar el volumen por desplazamiento de agua. Con una balanza analítica Sartorius® modelo SAR TALENT1 (Miami,FLA,USA) se registró la acumulación de biomasa fresca y seca por órgano (raíz, tallo y hoja) de cada plántula, y se colocaron en bolsas de papel (tipo kraft) y se alojaron en una estufa modelo Shel Lab FX14® (Cornelius,OR., USA.) durante 72 h a 75 °C. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo, al cultivar plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), obtenidas de semillas colectadas en Huitzucu, Atenango, Chilapa y Ahuacotzingo del estado de Guerrero, durante 180 días, con sustratos orgánicos e inorgánicos, aplicando solución nutritiva a concentraciones de 25%, 50 % y agua corriente se muestran los resultados siguientes.

### Efecto del origen de semilla sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia*.

En la figura 1, se muestra que el efecto del origen de semilla sobre el (NR) de *A. angustifolia*, tuvo efecto diferente significativo, donde el NR se tuvo en las plántulas de agave procedentes de semillas de Atenango del rio con 5 raíces por planta , Huitzucu , Chilapa y Ahuacotzingo con 4 raíces por planta.

El efecto del origen de semilla sobre el número de hojas *A. angustifolia*, tuvo diferencias altamente significativas, donde el mayor número de hojas se tuvo en plántulas de semillas de Chilapa y Huitzucu con valores de 4 hojas por plántula, superando a Atenango del rio y Ahuacotzingo, donde se obtuvieron los menores valores con 3 hojas por plántula.

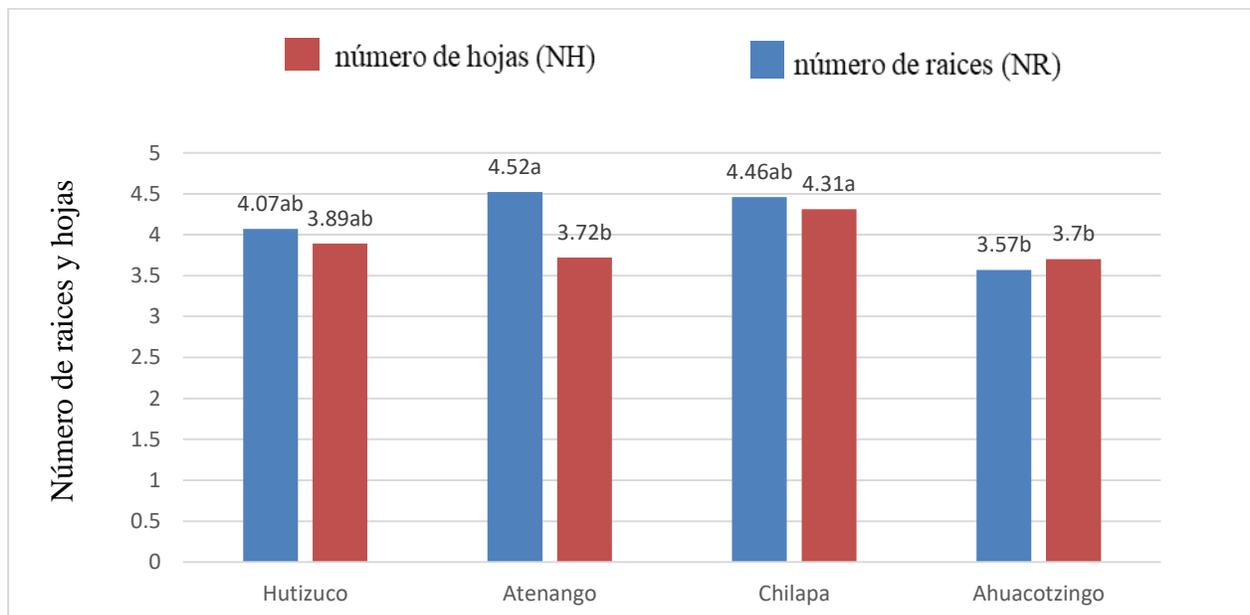


Figura 1. Efecto del origen de la semilla sobre el número de raíz y hojas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR (DMS=0.94) y NH (DMS=0.51).

### Efecto de la solución nutritiva sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia*

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en las variables de crecimiento en plántulas de *A. angustifolia* (Figura 2). Por un lado, el mayor DT se tuvo en plántulas regadas con SN al 50 % con valores de 10.5 mm, superando los valores de DT registrados por el testigo (7.8 mm).

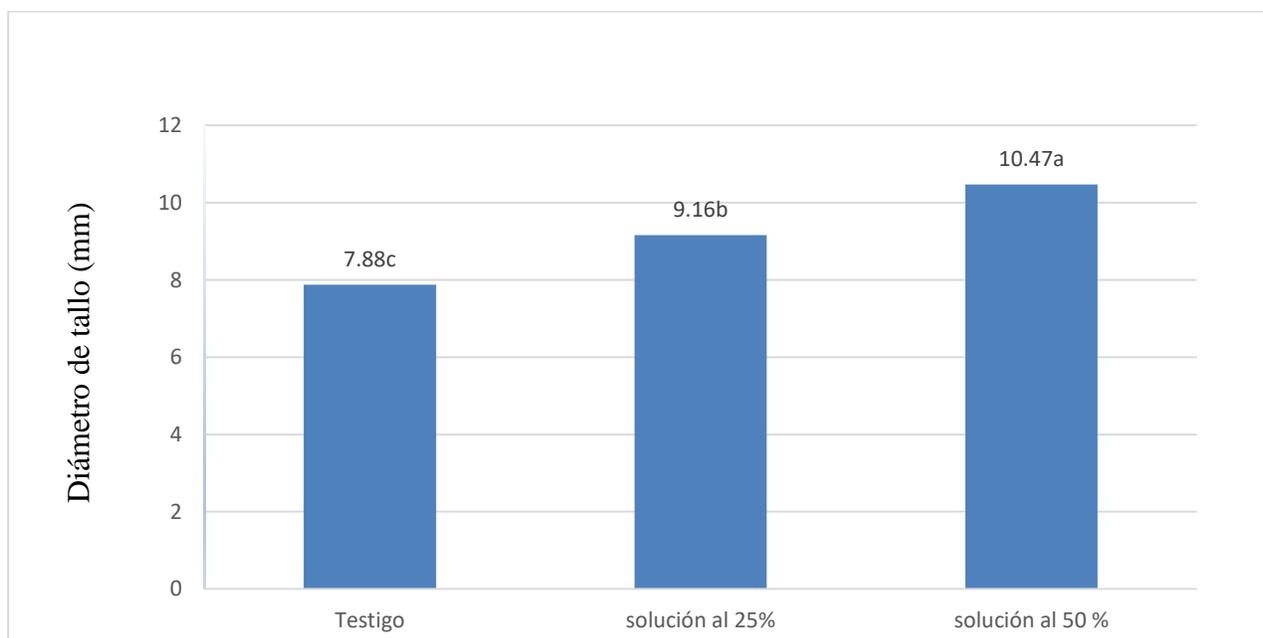


Figura 2. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el diámetro del tallo de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con diferentes sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT (DMS=1.07).

Lo anterior se debió a que el testigo fueron plántulas regadas solamente con agua, en comparación con aquellos tratamientos donde se obtuvo el mayor DT. Es evidente que a medida que la concentración de la SN aumenta, también lo hace el DT. Dicho comportamiento es similar a lo encontrado por Morales *et al* (2017), quienes reportaron en plantas de *Agave potatorum* Zucc, de seis meses de edad, que a medida que se incrementa la concentración de la en solución nutritiva al 25% y 50 %, se obtienen mayor diámetro de piñas (tallos), en comparación con plantas sin SN.

Por otro lado, se observó un efecto positivo de la SN en el NR y NH. En cuanto al NR (Figura 3), se tuvo que el suministro de SN al 25% y 50% favorecieron significativamente el crecimiento de las raíces en las plántulas de *A. angustifolia*, con valores de 4 y 5 raíces por planta., en comparación con el testigo (2 raíces por planta). Así mismo, al regar con SN al 50 % se obtuvieron plántulas con mayor número de hojas (4 hojas por planta).

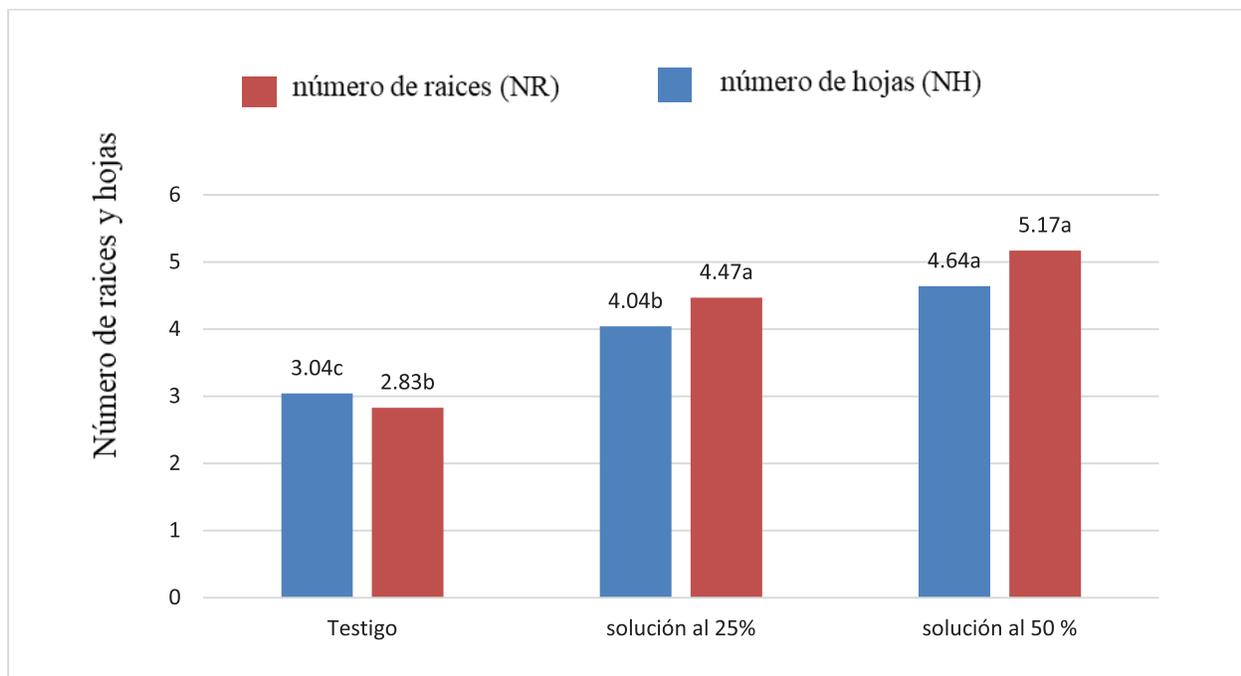


Figura 3. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el número de raíz y hoja de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR (DMS=0.74) y NH (DMS=0.40).

Los resultados de esta investigación tuvieron una comportamiento diferente a lo reportado por Morales *et al* (2017), quienes mencionan no obtuvieron efecto favorable en el NH como respuesta a la aplicación de SN en *A. Potatorum*. Este comportamiento también se ha observado en campo, habiendo ocasiones donde la planta no responde de manera favorable a la fertilización como lo indican Martínez *et al* (2013), al no encontrar un efecto positivo de diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre el NH en plantas de *A. potatorum* Zucc. Sin embargo, Barrios Ayala *et al* (2006) reportaron que el crecimiento de hojas en *A. angustifolia* responde positivamente la fertilización química, incrementando en un 12 % el NH. Mientras que para NR lo reportado por Enríquez del Valle *et al* (2013), en plantas de *Agave americana* var. *oaxacensis*, la fertilización tuvo efectos altamente significativos lo cual tuvo un comportamiento similar a los resultados obtenidos en la presente investigación.

Por otra parte, la LR, LH y AH presentó respuesta positiva ala SN (Figura 4). Al suministrar SN al 25% y 50 % se observó un efecto altamente significativo para la LR lo cual indica mayor crecimiento de raíces de plántulas *A. angustifolia*, con valores de 10.41cm y 10.86 cm., y el testigo con 8.26 cm. Al igual suministrar SN al 50% hubo efecto altamente significativo en la LH y AH. Siendo el mayor LH con valor de 14.72 cm y el testigo siendo diferente con un menor valor de 7.84 cm., para el mayor AH (2.47 cm) y el testigo (1.03 cm).

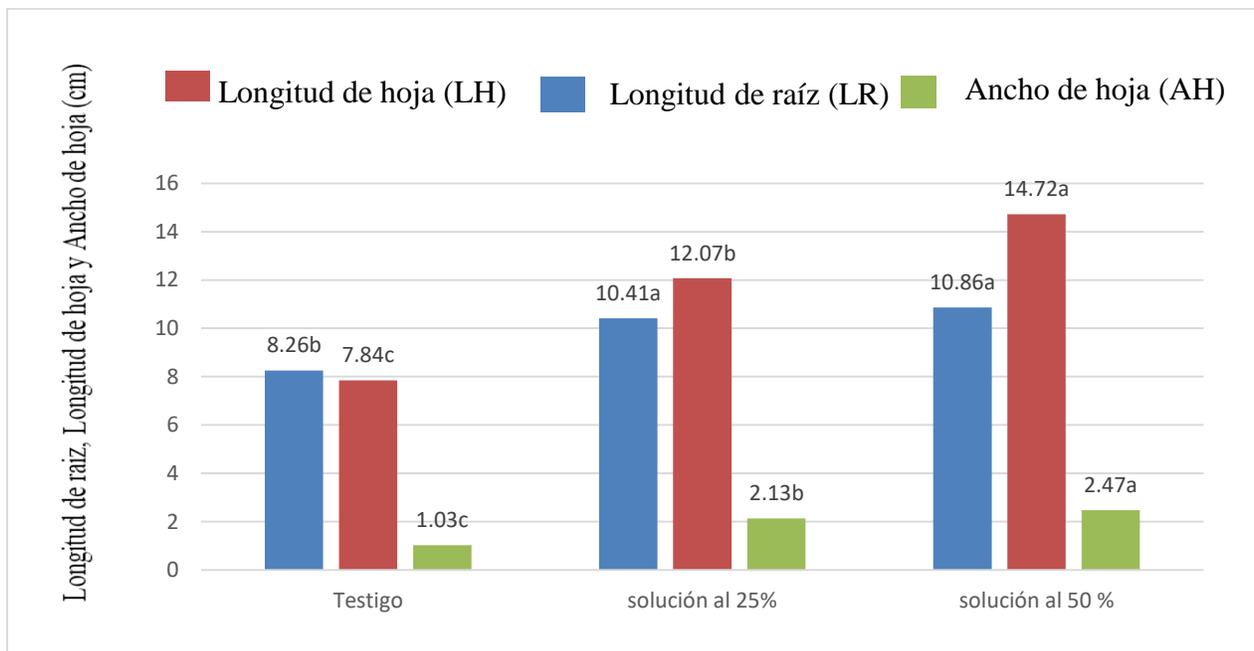


Figura 4. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el ancho de hoja, longitud de raíz y longitud de hoja de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw). cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; AH (DMS=0.23), LH(DMS=1.24) y LR(DMS=1.45).

Mientras que la SN tuvo efectos altamente significativos en esta investigación con respecto a la LR, LH y AH de plántulas de *A. angustifolia*, este comportamiento es similar a lo reportado por Enríquez del Valle *et al* (2013), quienes mencionan que al aplicar SN se favorece el crecimiento de raíces en plantas de *Agave americana* var. *oaxacensis*, por otra parte Morales *et al* (2017), reportaron que obtuvieron efecto favorable en el AH como respuesta a la aplicación de SN en *A. Potatorum* Zucc. Este comportamiento puede variar en donde la planta puede responder o no a la fertilización así como lo reporta Arreola *et al* (2016), donde la fertilización no tuvo efectos significativos en la LH de plantas de *Agave americana* var. *oaxacensis*.

Con respecto al VR, la SN al 25% y 50 % tuvieron efectos estadísticamente similares sobre el desarrollo del VR en las plántulas de *A. angustifolia*, con valores de 2.79 mL y 3.01mL, superando al testigo (1.75 mL).

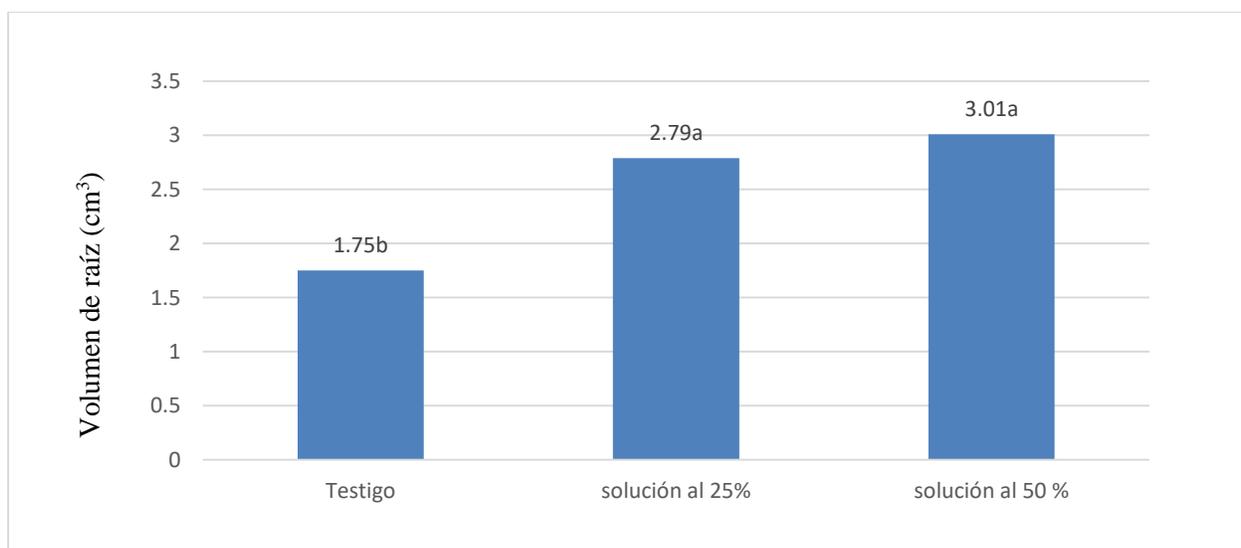


Figura 5. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el volumen de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) cultivadas en vivero, con diferentes sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; VR (DMS=0.63).

Los resultados muestran que la concentración de la SN tuvo efecto significativo sobre VR. Este comportamiento se debe que a medida que las plántulas tuvieron mayor disponibilidad de nutrimentos a través de la SN, estas presentaron mayor crecimiento de las raíces como lo reportó Enríquez del Valle *et al* (2016), en plantas de *Agave potatorum* Zucc, donde las diferentes dosis de fertilización tuvieron efecto altamente significativo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, sobre todo, en el VR.

### Efecto del sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia*

Tanto la Pe como la FC favorecieron el DT de plántulas de *A. angustifolia*. Dónde en plántulas cultivadas en perlita, tuvieron un promedio de 9.71mm, superando a la mezcla, con la cual se obtuvo un menor valor (8.53 mm).

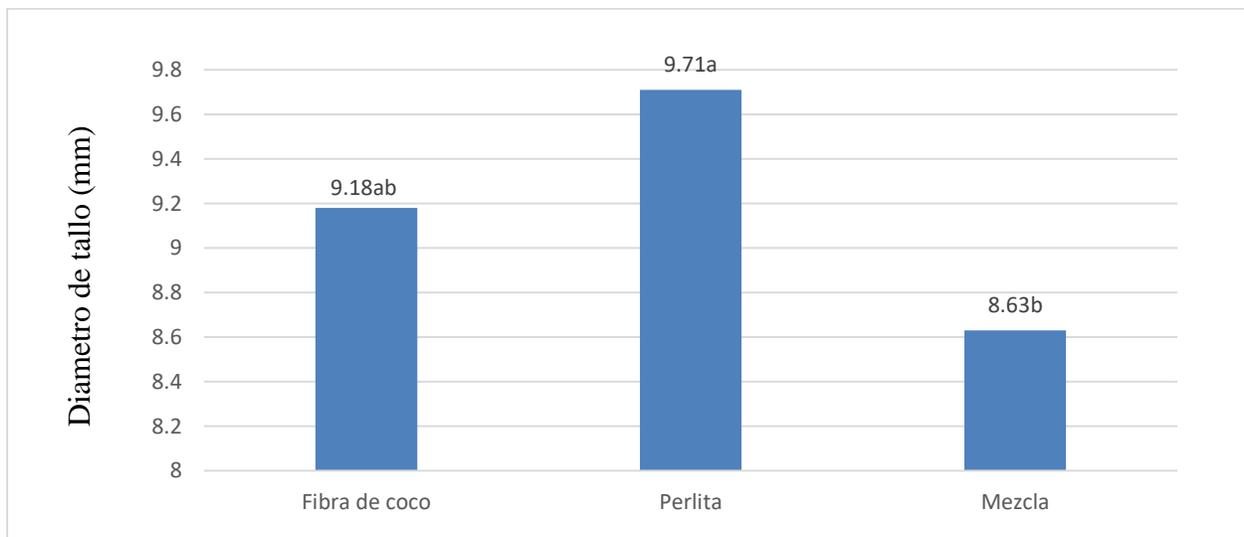


Figura 6. Efecto del sustrato sobre el diámetro de tallo de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución

nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT(DMS=1.07).

Lo anterior indica que las no hubo respuesta del DT a la mezcla, en comparación con la perlita, donde se obtuvo el mayor DT. Esto es posible debido a que la perlita es un sustrato que posee numerosas características útiles que lo hacen deseable como medio de crecimiento. Dicho comportamiento es similar a lo encontrado por Enríquez del Valle *et al* (2013), quienes mencionan tuvieron un efecto favorable en el DT como respuesta al uso de perlita como sustrato para el cultivo de *A. americana* var. *oaxacensis*.

Para NR y NH también tuvieron diferencias estadísticamente significativas. Se observó que los promedios de NR y NH en plántulas cultivadas en perlita superaron los valores obtenidos con la fibra de coco y la mezcla, con un promedio de 4 raíces y 4 hojas por planta, respectivamente, mientras que los valores más bajos se obtuvieron con la fibra de coco y la mezcla, con 3 raíces y 3 hojas por planta, respectivamente.

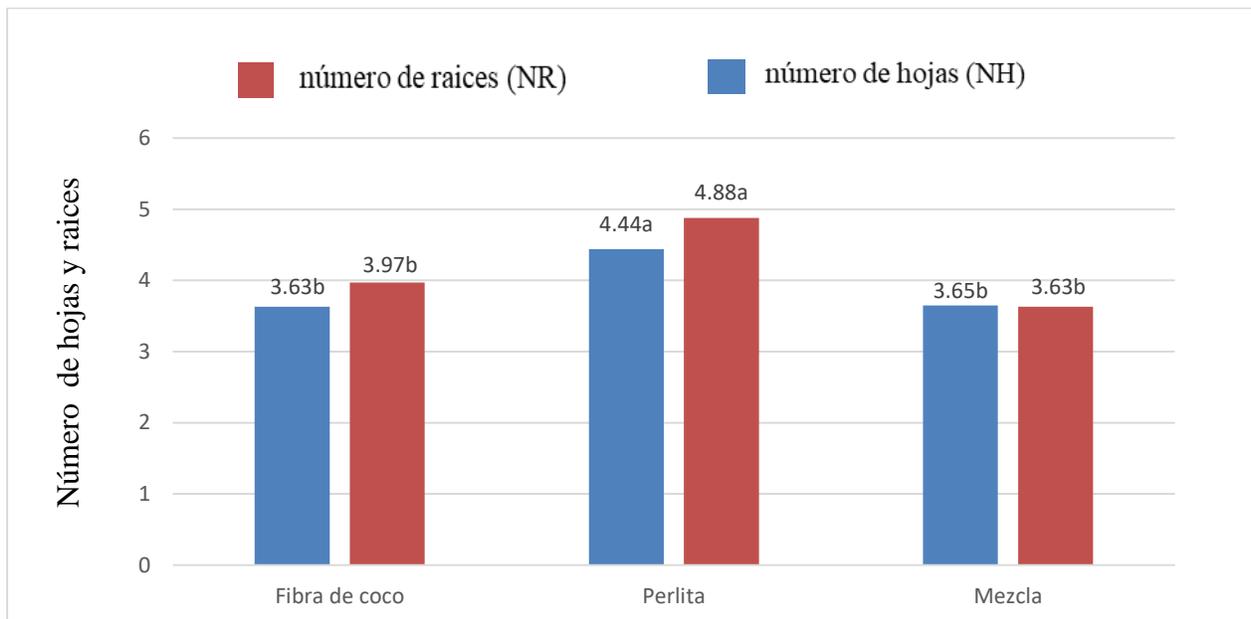


Figura 7. Efecto del sustrato sobre el número de raíces y hojas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son

estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NH (DMS=0.40) y NR (DMS=0.74).

Los sustratos usados en el presente investigación tuvieron un comportamiento diferente a lo reportado por Vargas *et al* (2015) quienes no tuvieron diferencias significativas, con respecto a NH con el uso de sustratos en plantas de maguey mezcalero. Este comportamiento se ha observado en algunos trabajos realizados en vivero como lo reporta Enríquez del Valle *et al* (2013) quienes no encontraron diferencias significativas al usar sustratos sobre el NH, pero para el NR el factor sustrato influyo significativamente en plantas de *A. americana* como lo reportado en esta investigación.

El AH presentó diferencias estadísticamente significativas por el efecto que tuvieron los sustratos sobre el comportamiento de esta variable. Por un lado, los valores más altos de AH en plántulas de *A. angustifolia*, se obtuvieron con perlita (2.13 cm), superando el AH de en las plántulas cultivadas en fibra de coco (1.76 cm) y la mezcla (1.75 cm). Por otro lado, la LH no presento diferencias estadísticamente significativas por el efecto de los sustratos. Sin embargo, la LR mostró diferencias estadísticamente significativas por el efecto de dicho factor estudiado, de manera que la LR obtenida en plántulas cultivadas en la fibra de coco (10.95cm) superaron a los promedios de LR obtenidos en las plántulas cultivadas en perlita (9.75cm) y la mezcla (8.83cm).

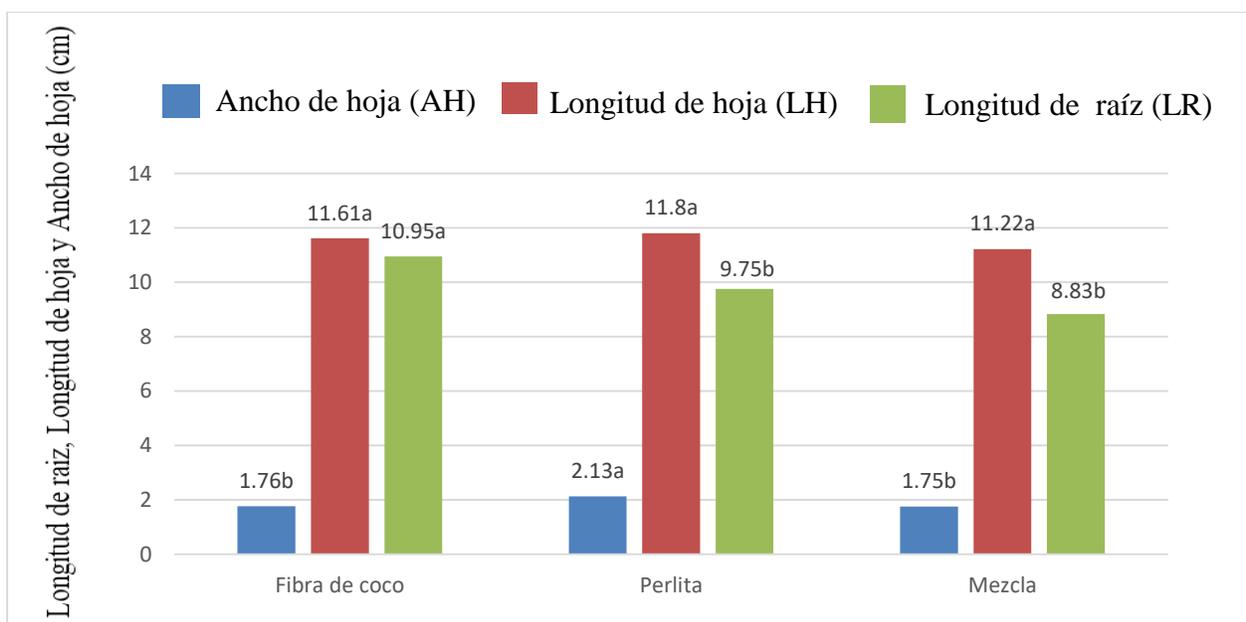


Figura 8. Efecto del sustrato sobre el ancho de hoja, longitud de raíz y longitud de hoja de plántulas de Maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), Cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; AH (DMS=0.23), LH (DMS=1.24) y LR (DMS=1.45).

De acuerdo con lo reportado en esta investigación el uso de sustratos tuvo un efecto altamente significativo como lo reportado por Crespo et al (2013) quienes observaron un comportamiento similar donde el uso de sustratos tuvo efecto altamente significativo con respecto a AH y LR en plantas de *A. tequiliana* cultivadas en vivero.

### **Efecto del origen de semilla y concentración de la SN sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia***

La interacción entre el origen de semilla y la concentración de la SN tuvo efectos altamente significativos sobre las variables DT, NH, AH, LH, NR, LR y VR. Donde en las plántulas de *A. angustifolia* obtenidas a través de semillas colectadas en la localidad de Huitzuc y regadas con la SN al 50%, presentaron diferencias significativas en las variables de crecimiento DT, NH, AH, LH, NR, LR y VR, registrando los mayores valores de DT (10.30 mm), NH (4), AH (2.46 cm), LH (15.43 cm), NR (5), LR (11.25 cm) y VR (3.17 mL) con respecto a los testigos, los cuales registraron los menores valores de DT (7.60 mm), NH (2), AH (1.02 cm), LH (7.57 cm), NR (2), LR (9.53 cm) y VR (1.50 mL). Comportamiento similar se presentó en las plántulas procedentes de semillas de Atenango del río y regadas con SN al 50%, en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables DT, NH, AH, LH, NR, LR y VR. Esto se debió a que a mayor concentración de la SN, aumenta el crecimiento de los diferentes órganos de las plántulas, siendo los mayores valores DT (11.46 mm), NH (5), AH (2.72 cm), LH (15.83 cm), NR (6), LR (13.06 cm) y VR (3.44 mL) con respecto a los testigos con menores valores de DT (7.72 mm), NH (2), AH (0.84 cm), LH (8.07 cm), NR (3), LR (6.08 cm) y VR (1.83 mL). Resultados similares se presentaron en plántulas obtenidas a través de semillas de Chilapa, en donde la interacción de origen de la semilla y SN tuvo diferencias estadísticamente significativas en las variables de

crecimiento; DT(10.66 mm), NH (4), AH (2.38 cm), LH(14.86 cm), NR (5), LR(9.69 cm) y VR(3.00 mL con respecto a los testigos con menores valores de DT(8.52 mm), NH (3), AH (1.15 cm), LH(7.52 cm), NR (3), LR(9.60 cm) y VR(1.33 mL) al suministrar SN 50 %. Así mismo, para plántulas obtenidas a través de semillas colectadas en la localidad de Ahuacotzingo se mostró una respuesta positiva en la interacción del origen de semilla con SN al 50 %. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables de crecimiento al suministrar SN 50 % en plántulas de *A. angustifolia*, con valores mayores de DT(9.48 mm), NH (4), AH (2.33 cm), LH(12.76 cm), NR (4), LR(11.17 cm) y VR(2.44 mL) con respecto a los testigos, los cuales registraron los menores valores de DT(7.68 mm), NH (3), AH (1.12 cm), LH(8.22cm), NR (2), LR(6.10 cm) y VR(2.33 mL).

Tabla 1. Origen de la semilla y concentración de la solución nutritiva sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

<b>Localidad</b>	<b>Concentración de la SN (%)</b>	<b>DT (mm)</b>	<b>NH</b>	<b>AH (cm)</b>	<b>LH (cm)</b>	<b>NR</b>	<b>LR (cm)</b>	<b>VR (ml)</b>
<b>Huitzucó</b>	Testigo	7.60c	2.83de	1.02c	7.57c	2.50d	9.53ab	1.50cd
	25	9.79abc	4.11abc	2.21ab	12.48ab	4.50abcd	10.99a	2.22abcd
	50	10.30abc	4.72abc	2.46ab	15.43a	5.22abc	11.25a	3.17abc
<b>Atenango</b>	Testigo	7.72bc	2.17e	0.84c	8.07c	3.17cd	6.08b	1.83bcd
	25	8.26bc	4.00abc	2.09ab	12.38ab	4.28abcd	11.94a	2.94abcd
	50	11.46a	5.00a	2.72a	15.83a	6.11a	13.06a	3.44ab
<b>Chilapa</b>	Testigo	8.52abc	3.83bcd	1.15c	7.52c	3.17cd	9.60ab	1.33d
	25	9.13abc	4.33ab	2.16ab	12.56ab	4.89abc	9.14ab	3.67a
	50	10.66ab	4.78ab	2.38ab	14.86a	5.33ab	9.69ab	3.00abcd
<b>Ahuacotzingo</b>	Testigo	7.68bc	3.33cd	1.12c	8.22c	2.50d	6.10b	2.33abcd
	25	9.45abc	3.72bcd	2.04b	10.87bc	4.00bcd	9.58ab	2.33abcd
	50	9.48abc	4.06abc	2.33ab	12.76ab	4.22abcd	11.17a	2.44abcd
<b>DMS</b>		3.00	1.13	0.64	3.48	2.07	4.07	1.77

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: Diferencia Mínimamente Significativa; DT: diámetro del tallo; NH: número de hojas; AH: ancho de hoja; LH; longitud de hoja; NR: número de raíces; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz.

## **Efecto del origen de semilla y sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia***

En las variables de crecimiento, la interacción origen de semilla y sustrato tuvo efecto significativo en plántulas *A. angustifolia*. En las plántulas obtenidas a través de semillas colectadas en la localidad de Huitzuco, hubo efecto significativo en variables NH, AH, NR, LR y VR al cultivarlas con sustratos FC, Pe y la mezcla, donde se obtuvieron los mayores valores en plántulas cultivadas en sustrato Pe, NH (4), AH (2.11 cm), NR (4) y LR (11.43 cm), para VR (2.61 mL) se obtuvo en sustrato mezcla. Esto se debe a que la Pe es un sustrato que tiene una alta capacidad de retención de humedad y no permite que la planta entre en estrés, condiciones que favorecen el crecimiento de la misma. Comportamiento similar se mostró en plántulas obtenidas a través de semillas colectadas en la localidad de Atenango del rio, donde la Pe favoreció el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia*. Se observó un efecto positivo en las variables NH (4), AH (2.24 cm), NR (5), LR (11.47 cm) y VR (3.72mL), similar al comportamiento observado en plántulas obtenidas a través de semillas colectadas en Chilapa, dónde la Pe por ser un sustrato cuyo peso va variando en función del tamaño de las partículas y su contenido de humedad, presentó condiciones ideales para el continuo crecimiento de las plántulas de *A. angustifolia*. Donde se mostró diferencias estadísticamente significativas fue en NH y NR con valores NH (4) y NR (5). Resultados diferentes se presentaron en las plántulas obtenidas a través de semillas de Ahuacotzingo, donde se tuvo diferencias significativas en las variables de crecimiento AH, NR, LR y VR. En la Pe, se presentó la mayor AH (2.12 cm), mientras que el NR (3) y LR (11.85 cm) respondieron favorablemente a la fibra de coco (FC) y el mayor VR (2.78 mL) se obtuvo en las plántulas cultivadas en la mezcla, lo que indica que la combinación de los niveles de origen de semilla y sustrato en resultaron favorables para variables de crecimiento en las plántulas de *A. angustifolia*, permitiendo los diferentes órganos de las plántulas se desarrollaran de manera favorable..

Tabla 2. Origen de la semilla y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

<b>localidad</b>	<b>Sustrato</b>	<b>DT</b> <b>(mm)</b>	<b>NH</b>	<b>AH</b> <b>(cm)</b>	<b>LH</b> <b>(cm)</b>	<b>NR</b>	<b>LR</b> <b>(cm)</b>	<b>VR</b> <b>(cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Huitzuco</b>	Fibra de coco	9.45a	3.61bcd	1.67ab	11.66a	3.72abc	11.32a	1.83b
	Perlita	9.68a	4.39ab	2.11ab	12.44a	4.61abc	11.43a	2.44ab
	Mezcla	8.57a	3.67bcd	1.90ab	11.38a	3.89abc	9.02ab	2.61ab
<b>Atenango</b>	Fibra de coco	8.68a	3.17cd	1.75ab	12.11a	4.22abc	10.06ab	2.22ab
	Perlita	10.47a	4.94a	2.24a	12.66a	5.72a	11.47a	3.72a
	Mezcla	8.29a	3.06d	1.67ab	11.52a	3.61bc	9.56ab	2.28ab
<b>Chilapa</b>	Fibra de coco	9.11a	4.00abcd	1.73ab	11.36a	4.17abc	10.58ab	2.39ab
	Perlita	9.90a	4.67ab	2.04ab	12.11a	5.44ab	9.06ab	2.78ab
	Mezcla	9.31a	4.28abc	1.92ab	11.46a	3.78abc	8.79ab	2.83ab
<b>Ahuacotzingo</b>	Fibra de coco	9.49a	3.72bcd	1.87ab	11.33a	3.78abc	11.85a	2.56ab
	Perlita	8.78a	3.78bcd	2.12ab	9.98a	3.72abc	7.03b	1.78b
	Mezcla	8.33a	3.61bcd	1.50b	10.54a	3.22c	7.97ab	2.78ab
<b>DMS</b>		3.00	1.13	0.64	3.48	2.07	4.07	1.77

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT: diámetro del tallo; NH: número de hojas; AH: ancho de hoja; LH; longitud de hoja; NR: número de raíces; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz.

## **Efecto la concentración de la SN y el sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia***

Al combinar los niveles de SN y sustrato en plántulas de *A. angustifolia* se observaron diferencias significativas en las variables de crecimiento DT, NH, AH, LH, NR y LR. La combinación de la SN de Steiner (1984) al 25% de su concentración con cualquiera de los tres sustratos usados (fibra de coco(FC), perlita(Pe) y la mezcla de ambas) incrementaron el DT, NH, AH, NR, y LR en las plántulas de *A. angustifolia* estudiadas (Tabla 3). Resultados similares se obtuvieron en plántulas que se regaron con SN al 50 % en combinación la fibra de coco (FC), perlita (Pe) y la mezcla (FC +Pe). Se obtuvo diferencias significativas en DT, NH, AH, LH, NR y LR. Lo anterior se debe que a medida que las plántulas tuvieron mayor disponibilidad de nutrimentos a través de SN junto con el sustrato, estas mostraron crecimiento significativo adicional de raíz, tallo y hojas.

Tabla 3. Efecto de la concentración de la SN y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

Concentración de la SN (%)	Sustrato	DT (mm)	NH	AH (cm)	LH (cm)	NR	LR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )
<b>Testigo</b>	Fibra de coco	7.81bc	2.13d	0.66d	7.03c	2.38d	8.00cd	1.00b
	Perlita	8.58abc	4.13ab	1.53c	8.74c	3.75cd	10.44abc	2.25ab
	Mezcla	7.25c	2.88cd	0.91d	7.76c	2.38d	6.34d	2.00ab
<b>25</b>	Fibra de coco	8.75abc	3.96ab	2.02bc	11.80b	3.88bcd	11.77ab	2.83a
	Perlita	9.72ab	4.38ab	2.25ab	12.30b	5.46ab	8.78bcd	2.63a
	Mezcla	9.00abc	3.79bc	2.10ab	12.12b	4.08abc	10.68abc	2.92a
<b>50</b>	Fibra de coco	10.99a	4.79a	2.60a	16.02a	5.67a	13.08a	3.17a
	Perlita	10.82a	4.83a	2.58a	14.36ab	5.42abc	10.02abc	2.92a
	Mezcla	9.62abc	4.29ab	2.23ab	13.79ab	4.42abc	9.48abc	2.96a
<b>DMS</b>		2.46	0.93	0.53	2.86	1.70	3.34	1.45

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT: diámetro del tallo; NH: número de hojas; AH: ancho de hoja; LH; longitud de hoja; NR: número de raíces; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz

Los resultados de esta investigación son similares a los reportados por Enríquez del Valle *et al* (2009), quienes mencionan que la combinación de SN y sustrato tiene influye en el crecimiento de plantas de *A. angustifolia* Haw. Lo cual también coincide con lo mencionado por Arreola *et al* (2016) quienes mencionan que el sustrato como la SN y la interacción de ambos inciden sobre el incremento de LH, NH y DT en plantas de *A. americana*.

### **Efecto de la interacción del origen de semilla y concentración de la SN y el sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia***

La combinación del origen de la semilla, la SN y el sustrato mostró diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia* obtenidas de semillas de Huitzuco., regadas con SN al 50 %, cultivadas en Pe, influyendo significativamente en el DT (12.56 mm), NH (5), AH (2.65 cm), LH (16.03 cm), NR (5) y LR (17.67 cm), con respecto a los valores obtenidos en la FC y la mezcla. El mismo comportamiento se presentó en plántulas obtenidas de semillas de la comunidad Atenango del rio, regadas con SN al 50 % y cultivadas en Pe, con los mayores valores de DT (12.77 mm), NH (5), AH (2.90 cm), LH (17.57 cm), NR (7) y LR (16.17 cm). Lo anterior pudo deberse a que las plántulas al asimilar mayor cantidad de nutrimentos, y un medio de cultivo favorable, tuvieron mayor crecimiento. Resultados diferentes se observaron en plántulas obtenidas de semillas de Chilapa, regadas con SN al 50 % cultivadas en FC, en donde se presentaron los mayores promedios de DT (11.30 mm), LR (12.58 cm) y LH (16.58 cm). Sin embargo, las plantas cultivadas en Pe con SN al 50% presentaron diferencias significativas en el NH (5), AH (2.70cm) y NR (6) con respecto a los valores obtenidos en las plantas cultivadas en la mezcla y regadas sin SN. Sin embargo, en plántulas obtenidas de semillas procedentes de Ahuacotzingo, regadas con SN al 25 % y cultivadas en Pe se obtuvo el mayor NH, cuyos valores fueron estadísticamente iguales al NH en plántulas regadas con SN al 50 % tanto en FC, Pe y la mezcla de ambos sustratos. Muestran diferencias significativas en AH, NR y LR, en plántulas cultivadas en sustrato fibra de coco (FC) regadas con SN al 50 % con respecto al testigo.

Tabla 4. Efecto del origen de la semilla, la concentración de la SN y el sustrato sobre crecimiento de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

localidad	SN (%)	Sustrato	DT (mm)	NH	AH (cm)	LH (cm)	NR	LR (cm)
Huitzuco	Testigo	Fibra de coco	8.19ab	2.00ef	0.65fgh	6.50ghi	2.00bc	7.80d
		Perlita	7.22ab	4.00abcde	1.45bcdefgh	9.70bcdefghi	3.50abc	8.88d
		Mezcla	7.41ab	2.50def	0.95cdefgh	6.50ghi	2.00bc	5.50d
	25	Fibra de coco	10.61ab	4.17abcde	2.02abcde	12.65abcdefghi	4.17abc	10.70abcd
		Perlita	9.26ab	4.17abcde	2.22abc	11.58abcdefghi	5.00abc	10.75abcd
		Mezcla	9.51ab	4.00abcde	2.38ab	13.22abcdefg	4.33abc	9.00cd
	50	Fibra de coco	9.54ab	4.67abcd	2.35ab	15.83abcd	5.00abc	12.50abcd
		Perlita	12.56a	5.00abc	2.65ab	16.03abcd	5.33ab	17.67a
		Mezcla	8.79ab	4.50abcd	2.37ab	14.42abcde	5.33ab	8.88cd
	Testigo	Fibra de coco	7.51ab	1.00f	0.60gh	9.20cdefghi	3.50abc	6.25d
		Perlita	9.55ab	4.50abcd	1.65abcdefg	8.00efghi	4.00abc	6.75d
		Mezcla	6.11b	1.00f	0.28h	7.00fghi	2.00bc	5.25d
Atenango	25	Fibra de coco	7.43ab	3.67abcde	1.93abcdef	11.65abcdefghi	3.17bc	12.33abcd
		Perlita	9.10ab	4.67abcd	2.17abcd	12.42abcdefghi	5.50ab	11.50abcd
		Mezcla	8.27ab	3.67abcde	2.18abcd	13.08abcdefghi	4.17abc	12.00abcd
	50	Fibra de coco	11.12ab	4.83abc	2.72ab	15.47abcd	6.00ab	11.58abcd
		Perlita	12.77a	5.67a	2.90a	17.57a	7.67a	16.17abc
		Mezcla	10.49ab	4.50abcd	2.55ab	14.47abcde	4.67abc	11.42abcd
Testigo	Fibra de coco	8.74ab	3.00cdef	0.90defgh	6.00i	3.00bc	7.67d	
	Perlita	8.36ab	4.00abcde	1.00cdefgh	8.25efghi	4.00abc	7.83d	

<b>localidad</b>	<b>SN (%)</b>	<b>Sustrato</b>	<b>DT (mm)</b>	<b>NH</b>	<b>AH (cm)</b>	<b>LH (cm)</b>	<b>NR</b>	<b>LR (cm)</b>
<b>Chilapa</b>	25	Mezcla	7.29ab	4.50abcd	1.55bcdefgh	8.30efghi	2.50bc	8.30cd
		Fibra de coco	8.47ab	4.17abcde	1.95abcdef	11.50abcdefghi	3.83abc	9.17bcd
		Perlita	10.05ab	4.67abcd	2.42ab	13.67abcde	6.17ab	10.00abcd
		Mezcla	10.07ab	4.17abcde	2.10abcde	12.50abcdefghi	4.67abc	8.83cd
		Fibra de coco	11.30ab	4.83abc	2.33ab	16.58ab	5.67ab	12.58abcd
	50	Perlita	11.29ab	5.33ab	2.70ab	14.42abcde	6.17ab	10.50abcd
		Mezcla	9.40ab	4.17abcde	2.10abcde	13.58abcdef	4.17abc	10.42abcd
		Fibra de coco	6.65ab	2.50ddef	0.50gh	6.40hi	1.00c	5.00d
		Perlita	6.81ab	3.33bcde	2.00abcde	9.00defghi	3.50abc	7.00d
		Mezcla	7.03ab	3.50abcde	0.85efgh	9.25defghi	3.00bc	6.30d
<b>Ahuacotzingo</b>	25	Fibra de coco	9.67ab	3.83abcde	2.18abcd	11.40abcdefghi	4.33abc	13.08abcd
		Perlita	10.48ab	4.00abcde	2.22abc	11.52abcdefghi	5.17abc	8.00cd
		Mezcla	8.20ab	3.33bcde	1.73abcdefg	9.68bcdefghi	3.17bc	7.65d
	50	Fibra de coco	12.00ab	4.83abc	2.93a	16.18abc	6.00ab	17.47ab
		Perlita	9.20ab	4.00abcde	2.15abcde	9.42cdefghi	2.50bc	6.08d
		Mezcla	9.78ab	4.00abcde	1.92abcdef	12.68abcdefghi	3.50abc	9.97abcd
		DMS		6.12	2.32	1.32	7.10	4.23

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT: diámetro del tallo; NH: número de hojas; AH: ancho de hoja; LH; longitud de hoja; NR: número de raíces; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz.

## Efecto del origen de la semilla sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia*

El origen de semilla influyó sobre la producción de biomasa en plántulas de *A. angustifolia*. Siendo las plántulas procedentes de semillas de Atenango, Chilapa y Ahucotzingo las localidades donde influyo de manera significativa. En la localidad de Huitzucó se observaron diferencias significativas en la producción de biomasa seca en PSR (0.18 g/planta) y PST (0.31 g/planta).

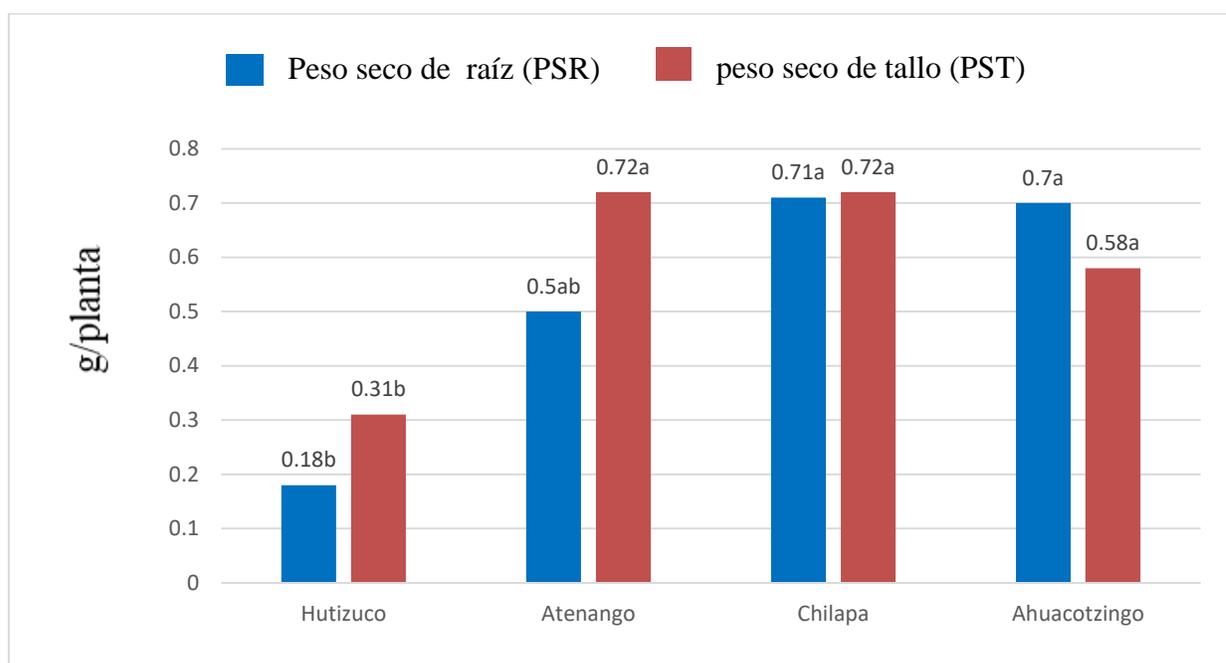


Figura 9. Efecto del origen de la semilla sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoto (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PSR (DMS=0.33), PST(DMS= 0.25)

## Efecto de la concentración de la SN sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia*

La SN sobre el contenido de biomasa de plántulas de *A. angustifolia* tuvo efecto altamente significativo. Las plantas regadas con SN al 25% y 50% mostraron mayor acumulación de biomasa con respecto al testigo, principalmente en PFR (1.65 y 2.0 g/ planta) y PSR (0.73 y 0.64 g/ planta). Esto nos indica que si aplicamos cualquiera de las dos concentraciones vamos a obtener los mismos resultados con respecto a biomasa fresca y seca de raíz. Por otro lado, los resultados obtenidos en PFT (1.8 g/ planta), PST (0.78 g/ planta), PFH(10.78 g/ planta) y PSH(6 g/ planta) mostraron diferencias estadísticamente, teniendo que los mayores promedios o valores se obtuvieron cuando las plantas fueron regadas con SN al 50%, esto se debe a que mayor disponibilidad de nutrientes aportados por la SN, hay un incremento en la producción de biomasa fresca y seca de tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia*.

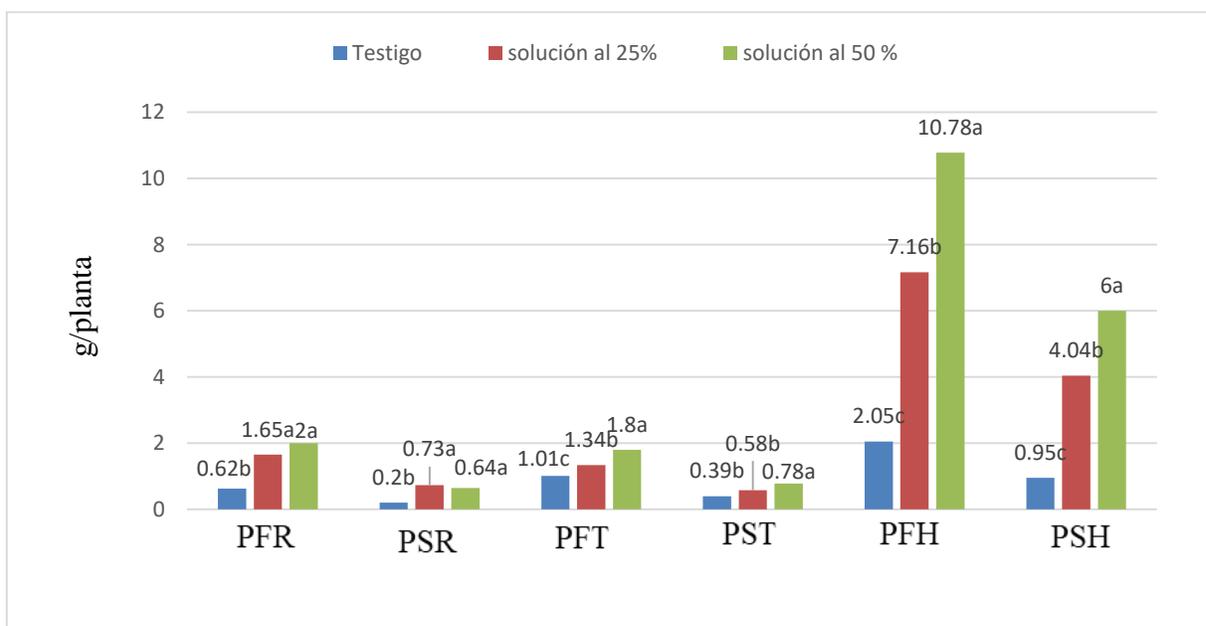


Figura 10. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR (DMS= 1.28), PSR

(DMS= 0.73), PFT (DMS= 0.94), PST (DMS= 0.56), PFH (DMS= 5.80), y PSH (DMS= 3.54).

En esta investigación se encontraron resultados similares a los reportados por Morales *et al* (2017), quienes mencionan que con el uso de SN al 50 %, se obtiene mayor biomasa fresca en plantas de *A. potatorum* Zucc, lo que indica que la fertilización influye favorablemente en el crecimiento y producción de biomasa, como lo reportaron Martínez-Ramírez *et al* (2013), quienes obtuvieron mayor biomasa seca en plántulas de *A. angustifolia* Haw, y *A. potatorum* Zucc con fertilización, que en plántulas sin fertilización.

### **Efecto del sustrato sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia***

Se observó que los sustratos influyeron significativamente sobre el contenido de biomasa en plántulas de *A. angustifolia*. Por un lado, las plántulas cultivadas en Pe presentaron mayor acumulación de biomasa en PFT (1.57 g/ planta) y PFH (7.77g/planta). Sin embargo, el mayor PSR (0.67 g/planta) se observó en plántulas cultivadas en FC, esto se debe a que tanto la Pe como la FC poseen características que favorecen el crecimiento de las plántulas, como se ha observado en otros cultivos.

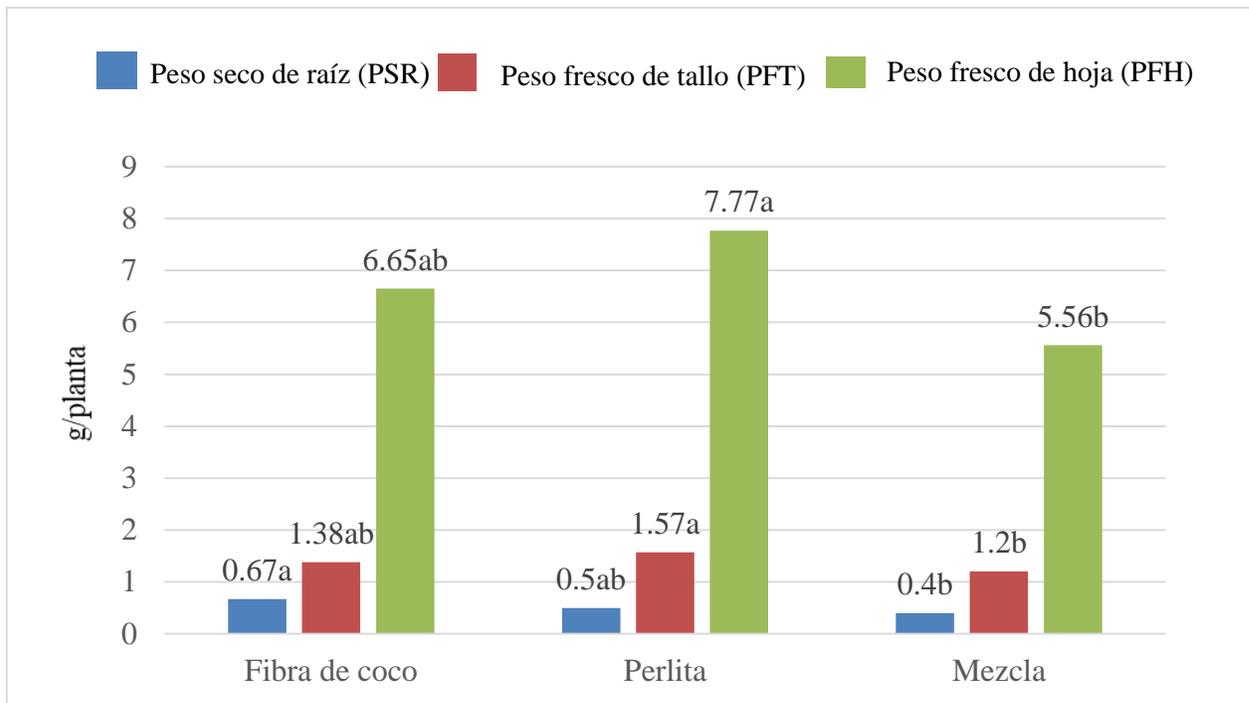


Figura 11. Efecto del sustrato sobre el contenido de biomasa fresca y seca en plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PSR (DMS= 0.73), PFT (DMS= 0.94) PFH (DMS= 5.80).

Debido a lo mencionado anteriormente se muestran que los resultados de esta investigación se asemejan a los reportados por Enríquez del Valle *et al* (2013) quien indica que la perlita es uno de los mejores sustratos para la producción de biomasa en tallo y hojas de *Agave americana* var. *Oaxacensis*.

## **Efecto del origen de la semilla y la concentración de la SN sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia***

El origen de la semilla en combinación con SN tuvo efecto significativo sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia*, presentándose diferencias estadísticamente significativas. Se observó que las plántulas obtenidas a través de semillas colectadas en Huitzucó y regadas con SN al 50 % incrementaron el PFR (1.94 g/planta), PSR (0.26 g/planta), PFH (11.59 g/planta) y PSH (5.03 g/planta) superando a plántulas sin SN. Mientras que el PFT (1.70 g/planta) y PST (0.49 g/planta) fueron superiores en plántulas regadas tanto con SN al 25% y 50%. Lo que indica que al regar con ambas concentraciones de SN se obtienen los mismos resultados en biomasa fresca y seca del tallo de plántulas de *A. angustifolia*. Por otro lado, en las plántulas obtenidas a través de semillas de Atenango del río se observó que al suministrar SN al 50 % se obtuvieron los mayores valores de PFR (2.26 g/planta), PSR (0.96 g/planta), PFT (2.01 g/planta), PST (1.06 g/planta), PFH (12.85 g/planta) y PSH (6.54 g/planta) con respecto al testigo, esto se debe a que al suministrar una cantidad mayor de nutrimentos a las plántulas están van a responder con mayor cantidad de biomasa fresca y seca en los diferentes órganos de las plántulas. Sin embargo, en plántulas de Chilapa regadas con SN al 25% y 50% se obtuvieron resultados similares en el PFR (2.16 g/planta), PST (0.88g/planta) y PSH (6.87 g/planta). Así, al aplicar SN al 25% se obtuvo diferencias estadísticamente significativas en el PSR (1.00 g/planta). Mientras que con el suministro de SN al 50% se obtuvo mayor PFT (1.87g/planta) y PFH (10.16 g/planta) con respecto al testigo. También se tuvo un efecto positivo de la SN en plántulas de semillas colectadas en la localidad de Ahuacotzingo, en donde el riego con SN al 25% y 50% incrementó el PFR (1.76 g/planta) y PFT (1.61 g/planta) en plántulas de *A. angustifolia*. Por otra parte, el riego con SN al 50 % mejoró el PST (0.84 g/planta), y PFH (8.52 g/planta), mientras que el suministro de SN al 25% incrementó el PSR (1.19 g/planta) y PSH (5.56 g/planta) véase en la tabla 5.

Tabla 5. Origen de la semilla y concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.

localidad	Concentración de la SN (%)	PFR g	PSR g	PFT g	PST g	PFH g	PSH g
	Testigo	0.52de	0.08d	0.85c	0.10c	1.52de	0.45d
Huitzuco	25	1.18abcde	0.21d	1.26abc	0.49bc	6.94bcde	3.46abcd
	50	1.92abc	0.26cd	1.70abc	0.35bc	11.59ab	5.03ab
	Testigo	0.34e	0.02d	1.00bc	0.55abc	1.21e	0.75cd
Atenango	25	1.52abcde	0.53abcd	1.20abc	0.55abc	6.167bcde	4.22ab
	50	2.26a	0.96abc	2.01a	1.06a	12.85a	6.54a
	Testigo	0.92bcde	0.43bcd	1.25abc	0.58abc	2.27de	1.12cd
Chilapa	25	2.16ab	1.00ab	1.54abc	0.69ab	8.22abc	5.11a
	50	2.11ab	0.68abcd	1.87ab	0.88ab	10.16ab	6.87a
	Testigo	0.72cde	0.25cd	0.93c	0.33bc	3.20cde	1.50bcd
Ahuacotzingo	25	1.76abcd	1.19a	1.38abc	0.58abc	7.31abcd	3.37abcd
	50	1.71abcd	0.66abcd	1.61abc	0.84ab	8.52abc	5.56a
DMS		1.28	0.73	0.94	0.56	5.80	3.54

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz; PSR: peso seco de raíz; PFT: peso fresco de tallo; PST: peso seco de tallo; PFH: peso fresco de hoja; PSH: peso seco de hoja.

**Efecto del origen de la semilla y el sustrato sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia***

La combinación de origen de la semilla y sustrato influyeron significativamente sobre la producción de biomasa fresca y seca en algunos órganos de plántulas de *A. angustifolia*. Se obtuvo que en las plántulas de semillas de Atenango del río cultivadas en Pe se hubo mayor PSR (0.59 g/planta) y PST (1.14 g/planta). Así mismo, se observó que las plántulas de semillas obtenidas de Ahuacotzingo mostraron diferencias estadísticas en las variables PSR (1.88 g/planta) y PST (0.82 g/planta), cuyos mayores promedio se registraron en aquellas plántulas cultivadas en la FC (Tabla 6).

Tabla 6. Origen de la semilla y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.

localidad	Sustrato	PFR g	PSR g	PFT g	PST g	PFH g	PSH g
Huitzucó	F.de coco	0.95a	0.23b	1.21a	0.31b	6.22a	3.06a
	Perlita	1.39a	0.17b	1.32a	0.27b	7.31a	2.67a
	Mezcla	1.28a	0.14b	1.27a	0.36b	6.52a	3.21a
Atenango	F. de coco	1.17a	0.56ab	1.19a	0.56b	5.47a	3.00a
	Perlita	1.81a	0.59ab	1.93a	1.14a	9.59a	5.47a
	Mezcla	1.14a	0.35b	1.09a	0.46b	5.16a	3.03a
Chilapa	F. de coco	1.66a	0.63ab	1.46a	0.69ab	6.72a	4.34a
	Perlita	1.82a	0.73ab	1.81a	0.82ab	8.09a	4.98a
	Mezcla	1.71a	0.76ab	1.40a	0.65ab	5.83a	3.77a
Ahuacotzingo	F. de coco	1.88a	1.24a	1.66a	0.82ab	8.21a	4.67a
	Perlita	1.26a	0.53ab	1.21a	0.43b	6.08a	3.15a
	Mezcla	1.04a	0.33b	1.05a	0.49b	4.74a	2.60a
DMS		1.28	0.73	0.94	0.56	5.80	3.54

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz; PSR: peso seco de raíz; PFT: peso fresco de tallo; PST; peso seco de tallo; PFH: peso fresco de hoja; PSH: peso seco de hoja.

### **Efecto de la combinación de la SN a diferentes concentraciones y el sustrato sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia***

Al combinar SN con el sustrato se observó diferencias significativas. La interacción de SN y sustrato con respecto al testigo se mostró que en las plántulas que se regaron con agua y cultivadas en sustrato perlita favorecieron el contenido de biomasa fresca y seca de plántulas de *A. angustifolia*. Sin embargo al regar con SN al 25% utilizando los tres sustratos se favorece el contenido de PFR (1.68 g/planta), PSR (1.06 g/planta), PFT (1.54 g/planta) , PST (0.64 g/planta), PFH (7.92 g/planta) y PSH (4.63 g/planta) esto nos dice que cualquier sustrato en combinación con SN al 25% favorece el contenido de biomasa fresca y seca de los diferentes órganos de las plántulas de *A. angustifolia*. Por otro lado si aplicamos SN 50% con sustrato FC se favorecen igual el contenido de biomasa fresca y seca esto se debe que los sustratos solos o combinados resultan ser ideales para el crecimiento de los diferentes órganos por lo tanto mayor contenido de biomasa fresca y seca (tabla 7).

Tabla 7. Efecto de la concentración de la SN y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw) cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de la solución nutritiva.

Concentración de la SN (%)	Sustrato	PFR gr	PSR gr	PFT gr	PST gr	PFH gr	PSH gr
Testigo	F. de coco	0.29c	0.01c	0.83c	0.21c	0.65c	0.23e
	Perlita	1.03bc	0.41bc	1.28abc	0.60abc	3.65bc	1.73cde
	Mezcla	0.55c	0.16c	0.93c	0.36bc	1.84c	0.91de
25	F. de coco	1.67ab	1.06a	1.27abc	0.57abc	6.87b	3.45bcd
	Perlita	1.61ab	0.60abc	1.54abc	0.64abc	7.92ab	4.63bc

Concentración de la SN (%)	Sustrato	PFR gr	PSR gr	PFT gr	PST gr	PFH gr	PSH gr
50	Mezcla	1.68ab	0.53abc	1.22bc	0.52bc	6.68b	4.03bc
	F. de coco	2.28a	0.93ab	2.04a	1.00a	12.44a	7.63a
	Perlita	2.08a	0.50abc	1.89ab	0.75ab	11.74a	5.85ab
	Mezcla	1.65ab	0.50abc	1.47abc	0.59abc	8.15ab	4.52bc
DMS		1.05	0.60	0.77	0.46	4.76	2.91

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz; PSR: peso seco de raíz; PFT: peso fresco de tallo; PST; peso seco de tallo; PFH: peso fresco de hoja; PSH: peso seco de hoja.

Lo mencionado anteriormente se muestran resultados similares a los reportados por Enríquez del valle *et al* (2013) quienes mencionan que la combinación de SN y sustrato obtuvieron efectos altamente significativos en plantas de *Agave americana* con respecto a la producción de biomasa en raíz, tallo y hojas.

### **Efecto de la interacción origen de la semilla, concentración de la SN y sustrato sobre la producción de biomasa fresca y seca en plántulas de *A. angustifolia***

En la combinación origen de semilla- SN- sustrato hubo efecto significativo. Se observó que en plántulas obtenidas de semillas de la localidad de Huitzucó regadas con agua, mostraron diferencias significativas en PFR (1.10g/planta), PFT (0.95g/planta), PST (0.20g/planta), PFH (3.20g/planta) y PSH (1.15g/planta) en plántulas cultivadas en sustrato perlita mostrando resultados favorables para contenido de biomasa. Por otro lado al aplicar SN al 25% hubo diferencias en PST (0.68g/planta), PFH (7.47g/planta) y PSH (4.23g/planta) donde los sustratos FC y la mezcla favorecieron biomasa fresca y seca de estos órganos. Así como al suministrar SN al 50% se muestran diferencias significativas en PFH (12.77g/planta) en sustrato Pe esto se debe que los suministros de 25% y 50 % de SN con cualquiera de los tres sustratos favorece el contenido de biomasa fresca y seca de los diferentes órganos. En plántulas obtenidas de semillas de la localidad

de Atenango del rio mostraron diferencias significativas en PFR (0.70g/planta), PFT (1.40g/planta), PST (1.15g/planta), PFH (2.80g/planta) y PSH (1.75g/planta) en plántulas regadas con agua (testigo) y cultivadas con sustrato Pe. Al aplicar SN al 25% mostro diferencias en PFT (1.63g/planta), PST (0.88g/planta) y PSH(4.88g/planta) de plántulas cultivadas en sustrato Pe y al aplicar SN 50 % mostro diferencias en PFR (3.20g/planta), PSR (1.13g/planta), PFT (2.65g/planta), PST (1.38g/planta), PFH (18.95g/planta) y PSH (9.78g/planta) en plántulas cultivadas en FC y Pe esto se debe a que al suministrar mayor cantidad de SN y con sustratos con características ideales se favorece la cantidad de biomasa fresca y seca de plántulas de *A. angustifolia*. Sin embargo para plántulas obtenidas de semillas de la localidad de Chilapa mostraron diferencias en PFR (1.30g/planta), PST (0.70g/planta), PFH (3.10g/planta) y PSH (1.85g/planta) en plantas regadas con agua (testigo) cultivadas en sustrato mezcla. Sin embargo al aplicar SN al 25 % mostro diferencias en PSR (2.37g/planta), PST (0.78g/planta), PFH (10.38g/planta) y PSH (6.43g/planta) en plántulas cultivadas en sustratos mezcla y perlita (Pe) por otro lado al aplicar SN al 50 % se mostró diferencias en PST (1.12g/planta), PFH (13.02g/planta) y PSH (9.05g/planta) en plántulas cultivadas en sustratos FC y Pe. Así mismo en plántulas obtenidas de semillas de la localidad de Ahuacotzingo donde se mostró diferencias significativas en PFR (1.30g/planta), PFT (1.30g/planta), PST (0.30g/planta), PFH (5.90g/planta) y PSH (2.95g/planta) en plántulas regadas con agua (testigo) cultivadas en sustrato Pe por otro lado en plántulas regadas con SN al 25 % se observó diferencias en PSR (2.50g/planta), PFH (9.23g/planta) y PSH (4.73g/planta) en plántulas cultivadas en sustrato FC y Pe, así al aplicar SN al 50 % se mostró diferencias en PFR (3.03g/planta), PSR (1.22g/planta), PFT (2.90g/planta), PST (1.82g/planta), PFH (14.98g/planta) y PSH (10.95g/planta) en plántulas cultivadas en sustrato FC esto se debe que la combinación de SN – sustrato tiene efectos favorables para el contenido de biomasa fresca y seca de plántulas de *A. angustifolia*.

Tabla 8. Efecto del origen de la semilla, la concentración de la solución nutritiva y el sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de Maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

Localidad	Concentración de la SN (%)	Sustrato	PFR gr	PSR gr	PFT gr	PST gr	PFH gr	PSH gr	
Huitzuco	Testigo	Fibra de coco	0.26c	0.00b	0.90bc	0.00d	0.55e	0.05e	
		Perlita	1.10abc	0.25b	0.95bc	0.20cd	3.20bcde	1.15de	
		Mezcla	0.20c	0.00b	0.70c	0.10cd	0.80e	0.15e	
	25	Fibra de coco	1.30abc	0.30b	1.52abc	0.68abcd	7.47abcde	3.68bcde	
		Perlita	0.97abc	0.15b	1.02abc	0.28bcd	5.97bcde	2.47cde	
		Mezcla	1.27abc	0.17b	1.23abc	0.50bcd	7.40abcde	4.23abcde	
	50	Fibra de coco	1.28abc	0.40b	1.22abc	0.25bcd	10.65abcde	5.45abcde	
		Perlita	2.10abc	0.12b	2.00abc	0.32bcd	12.77abcd	4.40abcde	
		Mezcla	2.38abc	0.25b	1.88abc	0.48bcd	11.35abcde	5.25abcde	
	Atenango	Testigo	Fibra de coco	0.20c	0.00b	0.85bc	0.35bcd	0.65e	0.35de
			Perlita	0.70abc	0.05b	1.40abc	1.15abc	2.80cde	1.75de
			Mezcla	0.11c	0.00b	0.65c	0.15cd	0.17e	0.15e
25		Fibra de coco	1.13abc	0.55b	0.88bc	0.35bcd	4.65bcde	3.58bcde	
		Perlita	1.53abc	0.58b	1.63abc	0.88abcd	7.03bcde	4.88abcde	
		Mezcla	1.90abc	0.44b	1.08abc	0.42bcd	6.82bcde	4.18abcde	
50	Fibra de coco	2.17abc	1.13ab	1.83abc	0.98abcd	11.12abcde	5.07abcde		
	Perlita	3.20a	1.13ab	2.65ab	1.38ab	18.95a	9.78ab		
	Mezcla	1.42abc	0.62b	1.55abc	0.82abcd	8.48abcde	4.77abcde		
Testigo	Fibra de coco	0.45bc	0.05b	1.00abc	0.50bcd	1.00de	0.45de		
	Perlita	1.00abc	0.75b	1.35abc	0.55bcd	2.70cde	1.05de		

Localidad	Concentración de la SN (%)	Sustrato	PFR gr	PSR gr	PFT gr	PST gr	PFH gr	PSH gr	
Chilapa	25	Mezcla	1.30abc	0.50b	1.40abc	0.70abcd	3.10cde	1.85cde	
		Fibra de coco	1.88abc	0.90b	1.17abc	0.60bcd	6.13bcde	3.53bcde	
		Perlita	2.23abc	0.88b	1.92abc	0.78abcd	10.38abcde	6.43abcde	
		Mezcla	2.37abc	1.22ab	1.55abc	0.68abcd	8.13abcde	5.35abcde	
		Fibra de coco	2.63abc	0.95b	2.20abc	0.97abcd	13.02abc	9.05abc	
		Perlita	2.23abc	0.55b	2.17abc	1.12abcd	11.20abcde	7.47abcd	
	50	Mezcla	1.47abc	0.55b	1.25abc	0.57bcd	6.25bcde	4.10abcde	
		Fibra de coco	0.25c	0.00b	0.55c	0.00d	0.40e	0.05e	
		Testigo	Perlita	1.30abc	0.60b	1.30abc	0.50bcd	5.90bcde	2.95bcde
			Mezcla	0.60abc	0.15b	0.95bc	0.50bcd	3.30bcde	1.50de
			Fibra de coco	2.37abc	2.50a	1.52abc	0.65bcd	9.23abcde	3.02bcde
			Perlita	1.70abc	0.78b	1.60abc	0.60bcd	8.32abcde	4.73abcde
Ahuacotzingo	25	Mezcla	1.20abc	0.28b	1.02abc	0.48bcd	4.38bcde	2.35cde	
		Fibra de coco	3.03ab	1.22ab	2.90a	1.82a	14.98ab	10.95a	
		Perlita	0.78abc	0.20b	0.73c	0.20cd	4.03bcde	1.77de	
	50	Mezcla	1.32abc	0.57b	1.18abc	0.50bcd	6.53bcde	3.95abcde	
		DMS	2.62	1.49	1.92	1.14	11.84	7.24	

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz; PSR: peso seco de raíz; PFT: peso fresco de tallo; PST: peso seco de tallo; PFH: peso fresco de hoja; PSH: peso seco de hoja.

## CONCLUSIONES

El crecimiento y la producción de biomasa fresca y seca de plántulas de *A. angustifolia*, no son afectados por la procedencia de semillas o el lugar donde fueron recolectadas.

Las plántulas de *A. angustifolia* cultivadas en vivero y regadas cada semana con SN de Steiner (1984) al 50% de su concentración, favorecen el crecimiento y producción de biomasa fresca y seca de plántulas.

La perlita fue el sustrato más apropiado para el crecimiento y producción de biomasa fresca y seca de plántulas de *A. angustifolia* cultivadas en vivero.

Las plántulas de *A. angustifolia* cultivadas en Pe y regadas con SN al 50%, bajo condiciones de vivero, presentan las mejores condiciones para su crecimiento y producción de biomasa fresca y seca, para las condiciones donde se desarrolló la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

Antonio, B. J. Y Smit, M. A (2012) Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(1):5-20.

Alarcón V., A (2000) Nutrición mineral: elementos esenciales y dinámica en el sistema suelo-planta. En: Tecnología para cultivos de alto rendimiento. p. 109-129.

Bassocu, L.; Nicola, S (1995) Supplementary light and pretransplant nitrogen effects on tomato seedling growth and yield. Acta Hort. 396:13-319.

Crespo, G.M.R.Gonzalez,E.D (2013)Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. Tequila Jalisco. México. Rev. Mex. Cienc. Agric. vol.4. Num.8.

Enríquez del Valle, J. R (2007) La micropropagación de agaves y su fertilización en vivero. Agroproduce (16):16-17.

- Enríquez del Valle, J. R (2008) La propagación y crecimiento de Agaves. Fundación Produce Oaxaca, A. C. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Oaxaca. México. 46 p.
- Enríquez del Valle, J. R.; Velasco, V. V. A.; Campos, G. V. A.; Hernández- Gallardo, E.; Rodríguez- Mendoza, M. N (2009) *Agave angustifolia* plants grown with different fertigation doses and organic substrates. *Acta horticulturae* 843: 49-55.
- Enríquez del Valle J. R., I. Cruz-Valdez and G. Carrillo-Castañeda (2012) Acclimatization of *Agave angustifolia* Haw. vitroplants in inert substrates and fertigated with diferente nutrimental dose. *Acta Horticulturae* 947:101-104.
- Enríquez del Valle, J. R.; A. Estrada S., G. Rodríguez O., V. A. Velasco V. y G. V. Campos Á. (2013) Sustrato y dosis de fertirriego en la aclimatización de vitroplantas de *Agave americana* var. *oaxacensis*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo* 45:341-348.
- Enríquez del Valle, J. R.; S. E. Alcará V., G. Rodríguez O., M. E. Miguel L. y C. Manuel V (2016) Fertirriego en vivero a plantas de *Agave potatorum* Zucc micropropagadas-aclimatizadas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1167-1177.
- García- Mendoza A.J (2011) *Agavaceae*. en: Flora del valle de Tehuacan-Cuicatlan. Medina-Lemos R. (Ed). Universidad nacional autónoma de México- comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Fascículo 88 *Agavaceae* Instituto de Biología. México. PP: 1-95.
- García- Mendoza A.J (2004) *Agaváceas*, en: A.J. García, M.J. Ordoñez y M. Briones –Salas, Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM- Fondo oaxaqueño para la conservación de la naturaleza- World Wildlife Fund, México. Pp. 159-169.
- Markovié, V.; Djurovka, M.; Illin, Z (1997) The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. *Acta Hort.* 462: 3-167.

- Marschner, H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, California. USA.
- Monárrez G., J.C., J.A. López H., J.L. García R., J.A. Prieto R. Y H.A. Larreta N (2012) Producción pinus cembroides zucc. En vivero en diferentes sustratos y envases. Folleto técnico núm.54. Campo experimental valle del Guadiana. Inifap. Durango, Mexico. 48 p.
- Monja-Mio K. M., F. Barredo P., G. Herrera H., M. Esqueda V. and M. L. Robert (2015) Development of the stomatal complex and leaf surface of *Agave angustifolia* Haw. 'Bacanora' plantlets during the in vitro to ex vitro transition process. *Scientia Horticulturae* 189:32- 40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.032>.
- Mckey D, Elias M, Pujol B, Duputie´ a (2010) the evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. *New phytol* 186:318–332
- Melton, R. R.; Dufault, R. J. (1991) Nitrogen, phosphorus and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. *HortScience* 23: 41-142.
- Olivas G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrate., M. J González N. y C. Vera (2007) Áreas de amplitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista fitotecnia mexicana*. 30 (4): 411-419.
- Perez Molphe B. E., M.J. Esparza A. y M. E. Perez R (2012) Conservation in vitro de germoplasma de agave spp. Bajo condiciones de crecimiento retardado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:279-287.
- Prieto R., J. A. y M. Alarcon B (1998) Producción de planta forestal. Folleto técnico número 10. Campo Experimental Valle del Guadiana-INFAP-SAGAR. Durango, Dgo. 19 p.
- Prieto R., J. A.; J.L. García R.; J. M. Mejía B.; S. Huchin A. Y J. L. Aguilar V (2009) Producción de planta del genero pinus en vivero en clima templado frio. Pub esp núm. 28 campo experimental valle del Guadiana. Inifap. Durango, México. 48 p.

- Rosales., M.S.; Sigala., R.J.A. Y García B. V (2013) Producción y trasplante de planta de agave en vivero. Folleto técnico núm.70. Campo experimental valle del Guadiana. Inifap. Durango, mexico.21 p.
- Rodríguez T., D. A (2008) Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. 156 p.
- Sánchez R., F.J., A. Moreno R., J.L. Puente M. Y J. Araiza CH (2004) selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Memorias del iv simposio nacional de horticultura. Invernaderos: diseño, manejo y producción torreón, Coah, México, octubre 13, 14 y 15 del 2004
- SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) Norma oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010, Protección Ambiental. Especies Nativas de Mexico de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la Federación, segunda sección. 30 de Diciembre de 2010. Mexico, D.F. 78p.
- Steiner, A. A (1984). The universal nutrient solution, ISOSC (Proceeding). Sixth International Congress on Soilless Culture. Lunteren Wageningen, The Netherlands.633-650pp.
- Schwarz, M (1995) Soilless culture management. Advanced series in Agricultural Sciences 24. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
- Wien, H. C (1999)The Physiology of Vegetable Crops. CAB International. University Press, Cambridge. London, UK.
- Zumkeller S., D., A. Galbiattib J., C. Paula R. Y J.L. Soto G (2009) Producción de plantas de tebeuiaheptaphylla en diferentes sustratos a niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. Bosque 30 (1): 27-34.

## **CAPITULO II. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FOSFORO EN PLÁNTULAS DE *Agave angustifolia* Haw.**

### **RESUMEN**

En el estado de Guerrero, el aprovechamiento de las especies de agaves silvestres para la producción de mezcal artesanal se ha incrementado en los últimos años, siendo necesario conocer los requerimientos nutrimentales ya que no es común fertilizar los cultivos de agave, por lo que se requiere hacer un análisis químico de tejido vegetal que nos permita determinar la concentración total de nutrimentos en las plantas, para conocer su situación nutricional para su posible cultivo. El objetivo fue determinar la concentración nutrimental en raíces, tallos y hojas de plántulas de *Agave angustifolia* Haw cultivadas en vivero. La investigación se realizó en dos etapas campo – laboratorio. Etapa 1 (campo) se cultivaron plántulas de *A. angustifolia* provenientes de semillas de dos localidades del estado de Guerrero (Huitzucó y Ahuacotzingo), las cuales fueron cultivadas en diferentes sustratos fibra de coco (FC), perlita (Pe) y mezcla (fibra de coco + perlita relación 1:1) y regados solución nutritiva Steiner (1984) a diferentes concentraciones (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) y riego con agua corriente (SN<sub>1</sub>:testigo) en un vivero de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales Unidad Tuxpan, Municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero. Etapa 2(laboratorio), Después de seis meses de crecimiento, se seleccionaron 108 plántulas al azar y fueron llevadas al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo para su análisis. Los resultados mostraron en las dos localidades con (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) en sustratos perlita (Pe) y la mezcla tuvieron en contenido de N valores altos de 0.80 mg g<sup>-1</sup> en raíces, 1.49 mg g<sup>-1</sup> en tallos y 1.74 mg g<sup>-1</sup> en hojas. Mientras que en Ahuacotzingo, con (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) con perlita (Pe) y la mezcla tuvieron valores altos de P con 0.23 mg g<sup>-1</sup> en raíces, 0.45 mg g<sup>-1</sup> en tallos y 0.44 mg g<sup>-1</sup> en hojas. La concentración de nutrimentos presentes en raíces, tallos y hojas de *A. angustifolia* aumentaron con aplicación de SN cultivadas en los tres sustratos utilizados, donde el origen de la semilla no afectó.

**Palabras clave:** *Agave angustifolia*, solución nutritiva, sustratos, plántulas de agave,

## ABSTRACT

In the state of Guerrero, the use of wild agave species for the production of artisanal mezcal has increased in recent years, being necessary to know the nutritional requirements since it is not common to fertilize *agave* crops. It is important to perform chemical analyses of plant tissues in order to determine the total concentration of nutrients within the agave plants, to know their nutritional status for possible cultivation. The objective was to determine the nutritional concentration in roots, stems and leaves of *Agave angustifolia* Haw seedlings grown in nursery. The investigation was carried out in two field-laboratory stages. Stage 1 (field) *A. angustifolia* seedlings from seeds of two localities of the state of Guerrero (Huitzuco and Ahuacotzingo) were cultivated, in different substrates: coconut fiber (FC), perlite (Pe) and mixture (fiber) of coconut + perlite ratio 1: 1) and with Steiner nutritive solution (1984) at different concentrations (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) and irrigation with running water (SN<sub>1</sub>: control) at the Tuxpan campus of the School of Agricultural and Environmental Science, in Iguala, Guerrero. Stage 2 (laboratory), After six months of growth, 108 seedlings were randomly selected and taken to the Laboratory of Soil Fertility and Environmental Chemistry of the Postgraduate School, Campus Montecillo for analysis. The results showed in the two localities with (SN<sub>1</sub>: 25%, SN<sub>2</sub>: 50%) in substrates perlite (Pe) and the mixture had in N content high values of 0.80 mg g<sup>-1</sup> in roots, 1.49 mg g<sup>-1</sup> in stems and 1.74 mg g<sup>-1</sup> in leaves. While in Ahuacotzingo, with (SN<sub>2</sub>: 25%; SN<sub>3</sub>: 50%) with perlite (Pe) and the mixture had high values of P with 0.23 mg g<sup>-1</sup> in roots, 0.45 mg g<sup>-1</sup> in stems and 0.44 mg g<sup>-1</sup> in leaves. The concentration of nutrients present in roots, stems and leaves of *A. angustifolia* increased with application of SN cultivated in the three substrates used, whereas the origin of the seeds had no effect.

**Keywords:** *Agave angustifolia*, nutrient solution, substrates, agave seedlings,

## INTRODUCCIÓN

México es el centro de diversidad biológica y cultural de los agaves a escala mundial. El género *Agave* crece y se desarrolla en zonas áridas y semiáridas, con pendientes pedregosas y suelos de baja fertilidad (INEGI, 2005), destacando su gran importancia tanto cultural, ecológica y económica, como fuente de alimentos, medicina, combustible, ornato, fibras, abono, construcción de viviendas y sobre todo para la fabricación de bebidas alcohólicas destacando en esta última (García –Mendoza, 2012), cuenta con alrededor 211 especies, de las cuales 159 tienen presencia en nuestro territorio, es decir, 75 % de las especies de agave en el mundo, con 119 especies endémicas y 125 son potencialmente útiles para la extracción de mezcal( Palma-López *et al.* , 2016).

La explotación del maguey para producir mezcal se hace en más de 20 estados y se utilizan por lo menos 28 especies de agaves. El producto final puede provenir de la explotación de una sola especie o de la mezcla del alcohol proveniente de varias de ellas (García *et al.*, 2012) debido a esto los agaves están desapareciendo y la variedad genotípica está disminuyendo, por el excesivo aprovechamiento por parte de los productores ya que cortan las inflorescencias cuando están empiezan a desarrollarse para que los azúcares presentes en las plantas se concentren más en las piñas para la producción de mezcal, impidiendo la reproducción sexual (McKey *et al.*, 2010).

En el estado de Guerrero en el año 2018 se reportaron 1,736 ha sembradas con agave, principalmente *Agave cupreata* “maguey papalote” y *Agave angustifolia* Haw conocido como “espadín o delgado” (SIAP, 2018) estas dos especies son utilizadas por los productores para la fabricación de mezcal artesanal, donde esta actividad es principalmente de recolección (Kirchmayr *et al.* 2014).

A partir del incremento en la producción de mezcal, se han realizado grandes esfuerzos con poco éxito por establecer cultivos de *A. angustifolia*. Por lo que la materia prima sigue proviniendo de agaves silvestres, provocando su disminución de manera considerable (Cervantes *et al.*, 2007). Cabe mencionar que los productores reproducen plantas de manera convencional por hijuelos y semillas, con semilleros en el suelo pero esta técnica es poco viable, por eso una alternativa de solución en producir plantas en vivero, donde se utilicen sustratos y un buen programa de nutrición

para asegurar plantas de calidad y en cantidad suficiente para incrementar las poblaciones y satisfacer la demanda de estas (Olivas *et al.*, 2007). Sin embargo el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas requiere un suministro continuo y adecuado de nutrimentos minerales esenciales, por eso es necesario realizar un análisis vegetal que nos permita diagnosticar la situación nutricional de la planta para evitar desórdenes fisiológicos y así obtener el rendimiento deseado con plantas de calidad (Castellanos *et al.*, 2000).

Por lo antes expuesto el objetivo, de este trabajo fue determinar el contenido nutrimental de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw), producidas en vivero, de dos localidades diferentes del estado de Guerrero, con el uso de sustratos y la aplicación de concentración de solución nutritiva (25%, 50%) y un testigo (agua).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se desarrolló en dos fases campo y laboratorio. La fase de campo se realizó en un vivero cubierto con malla con 60% de sombra, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Unidad Tuxpan, de la Universidad autónoma de Guerrero cuya ubicación geográfica es la siguiente: 18°20'34.1 Latitud Norte, 99° 30'10.7'' Longitud Oeste y altitud de 766 m.s.n. m. Se sembraron semillas de *A. angustifolia* Haw. Colectadas en las localidades de Huitzucu y Ahuacotzingo del estado de Guerrero, en bolsas de polietileno negro de 1 L, llenadas con tres diferentes sustratos y regadas con diferentes concentraciones de solución nutritiva. Se utilizó un diseño factorial 2 x 3 x 3, completamente al azar con seis repeticiones. Los factores estudiados fueron el sustrato (SUS) con tres niveles (FC: fibra de coco; P: perlita; M: mezcla de FC + P) y la solución nutritiva (SN) con tres niveles, usando la Solución Universal de Steiner (1984) al 25% (C1) y al 50% (C2) de su concentración y riego con agua corriente (testigo). Se seleccionaron 108 plantas aleatoriamente, de acuerdo con los niveles y combinaciones de localidad- sustrato-SN, usadas (Tabla 9).

Posteriormente, las plantas seleccionadas por cada tratamiento fueron extraídas de las macetas (108) y separadas por órgano (raíz, tallo y hojas). Enseguida fueron trasladadas al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo,

Texcoco, Estado de México cuya ubicación geográfica es la siguiente: 19.52° latitud norte, 98.88° longitud oeste y altitud de 2250 m.s.n.m. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel tipo krack de 6.3cm x 15cm, y alojadas en una estufa de secado Shel Lab FX14® (Cornelius,OR., USA.), a 75 °C durante 72 h. Con una balanza analítica Sartorius® modelo SAR TALENT1 (Miami,FLA,USA). Se obtuvo el peso seco de la raíz, del tallo y de las hojas. Las muestras secas fueron molidas con un molino de acero inoxidable (Thomas –Willey, Philadelphia, USA) y tamizadas con un tamiz de acero inoxidable con malla de 40 mesh (partículas menores de 0.5 mm). La unidad experimental está constituida por 162 muestras las cuales fueron seleccionadas, completamente al azar; analizando 81 muestras por zona; con 3 repeticiones. Además, se analizaron 3 muestras patrón (Tejido vegetal).

Tabla 9. Tratamientos usados en la producción de plántulas de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* Haw).

<b>localidades</b>		
Huitzucó		Ahuacotzingo
Fibra de coco(FC)	<b>Sustratos</b> Perlita(Pe)	Mezcla (fibra de coco + perlita)
<b>Solución Nutritiva Steiner 1984</b>		
Testigo (agua corriente)=SN <sub>1</sub>	25 %=SN <sub>2</sub>	50%=SN <sub>3</sub>

### **Análisis químicos de muestras de tejido vegetal**

#### **Determinación de fósforo total**

Para la determinación de fósforo total (P), se utilizó la metodología propuesta por Etchevers, (1992). Para lo cual se pesó 0.5 g de material vegetal seco y molido, se colocó en tubos de Follin wu y se adicionaron 6 mL de mezcla digestora (ácido perclórico HClO<sub>4</sub> - ácido nítrico HNO<sub>3</sub>); las muestras de dejaron en predigestión 12h. Los tubos se colocaron en placas de la unidad digestora

a 150°C, hasta que desaparecieran los humos pardos del HNO<sub>3</sub>. Este proceso duro 45 min, durante esta etapa se colocaron embudos de 3 cm para evitar pérdidas de material. Los tubos se rotaron para lavar las paredes de todo residuo orgánico. Se elevó la temperatura del aparato digestor a 210 °C y se colocó en ebullición la mezcla azeotrópica de HClO<sub>4</sub> (203 °C).

Después de la reacción del HClO<sub>4</sub>, la cual duró aproximadamente 1 h. Se agregó 1ml de agua desionizada para lavar los embudos y así evitar pérdidas de material. En seguida la muestra se aforó a 25 mL con agua desionizada y se homogenizo, con una pipeta se tomó una alícuota de 5 mL y se colocó en un matraz aforado de 50 mL. Se adicionaron 7.5 mL de reactivo vanadomolibdico (VO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> + 11(MoO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>, se aforó con agua y se agitó, se esperó 30 minutos y se procedió a leer la absorción de luz por el complejo fosfovanadomolibdico P (VMo<sub>11</sub>O<sub>40</sub>)<sup>3-</sup> a 470 nm, en el Espectrofotómetro modelo Perkin Elmer 35, λ=420 nm. APHA, después de obtener las lecturas se procede a realizar los cálculos correspondientes para obtener los porcentajes de fósforo total presente en esas muestras.

Se prepara la curva de calibración siguiente y se les trata como a las muestras.

Tabla 10. Curva de calibración

Solución de P	Reactivo	P
20 ppm <sup>a</sup>	vanadomolibdico	
_____ mL	_____	ppm
0	7.5	0
5	7.5	2
10	7.5	4
15	7.5	6
20	7.5	8
25	7.5	10

<sup>a</sup> matraces aforados de 50 mL

### Cálculos

$$P (\%) = \frac{\text{ppm CC} \times D_m \times D_v}{10\,000}$$

Donde:

10 000

Ppm CC = partes por millón en la curva de calibración

$D_m$  = dilución de masa (volumen de extractante/g de muestra)

$D_v$  = dilución de volumen (aforo/ alícuota)

### Determinación de nitrógeno total

Se utilizó el método semimicro- Kjeldahl modificado para incluir nitratos, propuesta por Alcántar y Sandoval, (1999). Se pesó 0.1g de material vegetal molido y seco, las muestras fueron transferidas en tubos Follin wu de 25mL. Se adiciono 4 mL de la mezcla ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) – salicílico ( $C_7H_6O_3$ ), y se agito suavemente, se dejó en reposo toda la noche, posteriormente se le añadió 0.5 g de  $NaS_2O_3$  y agregamos 1.1 g de mezcla catalizadora ( $K_2SO_4$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  y Selenio metálico (Se)). Los tubos se colocaron en placas de la unidad digestora, la cual, en un inicio se calentó a  $120^\circ C$  y posteriormente se subió temperatura gradualmente  $30^\circ C$  cada 30 min, hasta la ebullición dela muestra, la cual se obtuvo a los  $360^\circ C$ , durante 1h. Posteriormente, las muestras dentro de los tubos se dejaron enfriar 1h y se agregaron 3 mL de agua desionizada, agitando vigorosamente para disolver el material soluble.

Finalmente, las muestras se transfirieron al bulbo de la cámara de destilación del aparato. Cada tubo se lavó con pequeñas porciones de agua, para tener aproximadamente 7 mL de muestra o de solución. En el tubo de salida del aparato de digestión se colocó un matraz Erlenmeyer de 125 mL con 10 mL de solución de  $H_3BO_3 + C_{20}H_{14}O_4$ . Se adicionaron 10 mL de  $NaOH$  10 N al bulbo de destilación. La destilación se realizó con el equipo del flujo de vapor, destilándose aproximadamente 50 mL por muestra y en seguida se lavó el condensador para evitar contaminación. Se determinó el nitrógeno amoniacal presente en el destilado titulado con  $H_2SO_4$  0. 01N. cuando la muestra cambia de color verde a rosado indica el punto final de la titulación y aquí deben tomarse los blancos titulados como referencia, después se hacen las lecturas correspondientes para posteriormente hacer los cálculos y obtener los porcentajes de nitrógeno presente en esas muestras. Se realizan los cálculos siguientes:

Se calcula la normalidad del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), mediante la siguiente fórmula:

$$N_{H_2SO_4} = \frac{\text{peso } Na_2CO_3 \text{ (g)}}{\text{Peso equivalente } Na_2CO_3 \times \text{Vol ácido (L)}}$$

Peso equivalente  $Na_2CO_3 = 53$

El porcentaje de N en la muestra se determina según la siguiente fórmula.

$$N (\%) = \frac{(V_{\text{muestra}} - V_{\text{blanco}}) N_{\text{ácido}} \times 14}{\text{muestra} \times 10}$$

Donde:

$V_{\text{muestra}}$  = volumen del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para titular la muestra

$V_{\text{blanco}}$  = volumen del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para titular el blanco

N = normalidad exacta del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )

14 = peso mili- equivalente del N (mg)

Muestra = peso en gramos

10 = factor para convertir en porcentaje (1000/100)

### **Análisis de datos**

La base de datos se elaboró con las concentraciones de P y N en 162 muestras vegetales de raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia*. Se realizó un Análisis factorial estadístico de los datos obtenidos utilizando el programa SAS ® para análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias de Tukey, con  $\alpha=0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del origen de la semilla sobre la concentración de N total y P total en plántulas de *A. angustifolia*.

En el contenido de N y P total de plántulas de *A. angustifolia* Haw hubo efecto positivo. Donde en N presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de semillas obtenidas de las dos localidades (Huitzuco y Ahuacotzingo) su comportamiento fue igual, esto nos indica que el lugar de colecta no influye en la concentración de N presente en dichas plántulas. Sin embargo para contenidos de P las plántulas mostraron diferencias significativas. Donde los mayores valores de P se obtuvieron en raíz, tallo y hoja de plántulas obtenidas de semillas de la localidad Ahuacotzingo (Figura 12).

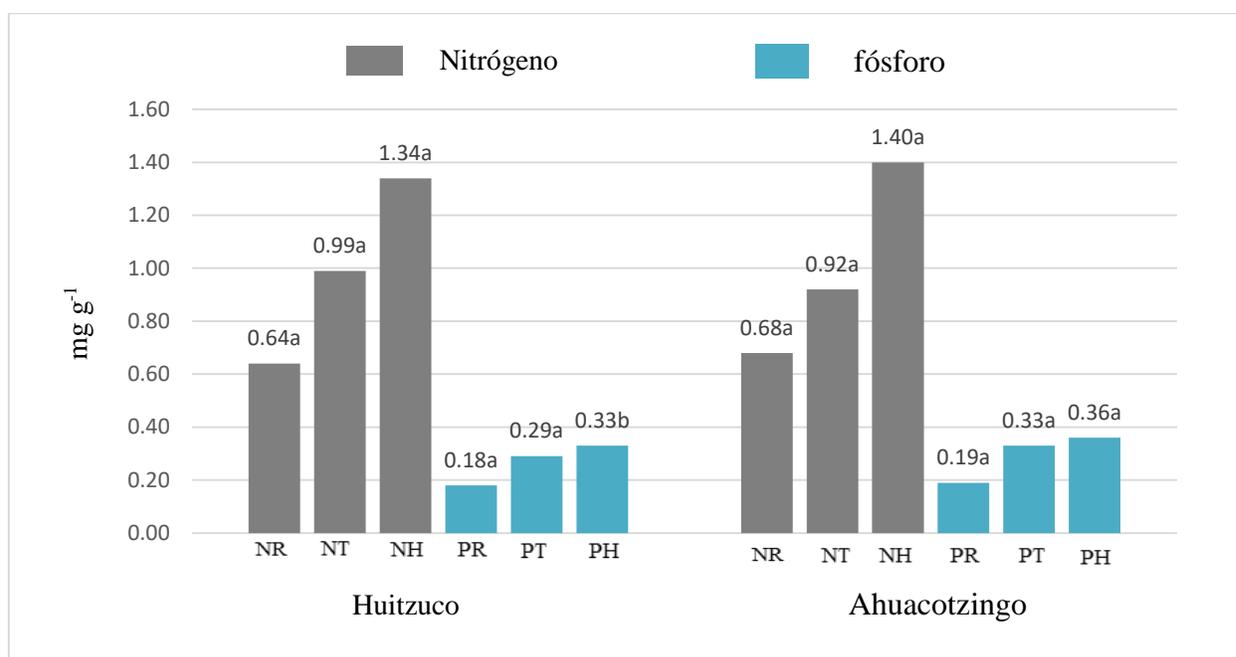


Figura 12. Efecto del origen de la semilla sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; nitrógeno en raíz (NR), nitrógeno en tallo (NT), nitrógeno en hoja (NH), fósforo en raíz (PR), fósforo en tallo (PT) y fósforo en hoja (PH).

Los resultados reportados en esta investigación son diferentes a los encontrados por García *et al.* (2013), donde reportaron que al analizar tejidos foliares de *A. angustifolia* Haw de cuatro comunidades de Oaxaca hubo diferencias significativas en contenido de N. sin embargo en P presente en hojas no mostraron diferencias significativas.

### Efecto de la SN sobre la concentración de N total y P total en plántulas de *A. angustifolia*.

El efecto de SN en la concentración de N y P total de plántulas de *A. angustifolia* tuvo efecto positivo.

Al aplicar SN al 50 % se favorece el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw. No hubo diferencias significativas. Sin embargo al aplicar SN al 25% y al 50 % se favorece el contenido de P en hojas. Tras aplicar SN al 25% se muestran diferencias significativas en contenidos de N y P presente en raíz y tallo, superando al testigo (Figura 13).

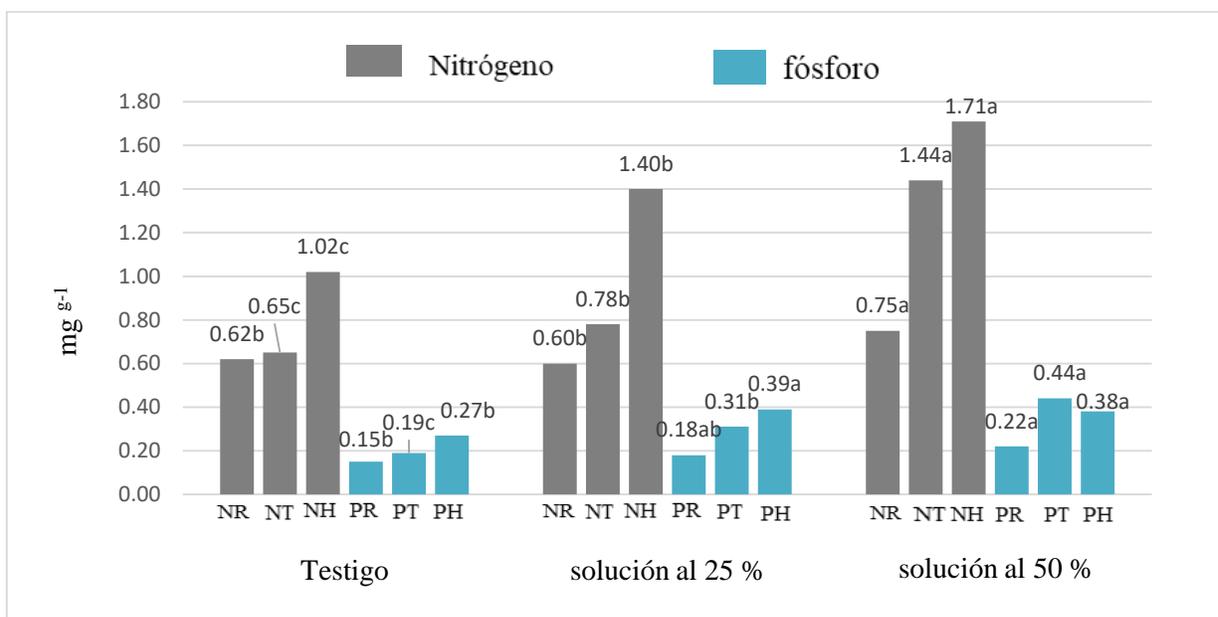


Figura 13. Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas *A. angustifolia* Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ );

DMS: diferencia mínimamente significativa; nitrógeno en raíz (NR), nitrógeno en tallo (NT), nitrógeno en hoja(NH),fósforo en raíz(PR),fósforo en tallo(PT) y fósforo en hoja (PH).

Lo anterior se debió a que el testigo fueron plántulas regadas solamente con agua, en comparación con aquellos tratamientos donde se obtuvo mayor contenido de N y P. esto se debe que al suministrar una cantidad mayor de nutrimentos, también lo hacen N y P presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* haw.

**Efecto del sustrato sobre la concentración de N total y P total en plántulas de *A. angustifolia*.**

El mayor contenido de N presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* se mostró en plántulas cultivadas en el sustrato perlita, así como en el sustrato mezcla se favoreció el contenido de N presente en raíz y tallo. Sin embargo mostro mayores valores de P presente en raíz en plántulas cultivadas en los tres sustratos fibra de coco (FC), perlita (Pe) y la mezcla (FC+Pe), por otro lado en P presente en tallo y hoja se mostró en plántulas cultivadas en el sustrato mezcla. (Figura 14)

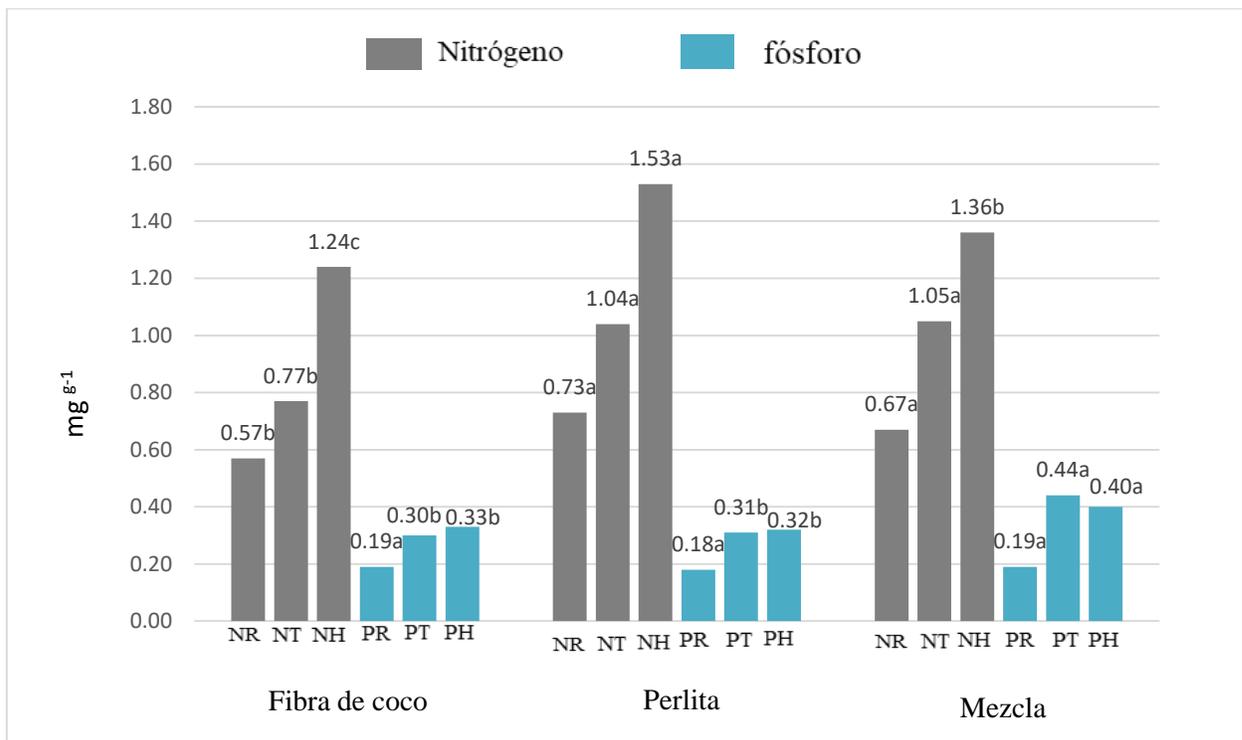


Figura 14. Efecto del sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas *A. angustifolia* Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva. En la gráfica, valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; nitrógeno en raíz (NR), nitrógeno en tallo (NT), nitrógeno en hoja (NH), fósforo en raíz (PR), fósforo en tallo (PT) y fósforo en hoja (PH).

Lo anterior se debe a que la perlita sola o combinada posee propiedades que la caracterizan como un sustrato ideal, como una buena porosidad y una buena capacidad de retener humedad, como es un silicato expandible liberara el agua y nutrientes cuando la planta lo necesite no permitiendo que esta entre en estrés hídrico.

**Efecto de la interacción del origen de la semilla y la concentración de la SN sobre la concentración de N total y P total en plántulas de *A. angustifolia*.**

Los mayores valores de N y P presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw, se mostraron al aplicar SN 50% en las dos localidades (Huitzuco y Ahuacotzingo) mostrando los menores valores en plántulas regadas con agua (testigo). Se observó diferencias en N y P presente en tallo y hoja de plántulas de las dos localidades (Tabla 11).

Tabla 11. Efecto del Origen de la semilla y concentración de la SN sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.

localidad	Concentración de la SN (%)	Nitrógeno (mg g <sup>-1</sup> )			Fosforo (mg g <sup>-1</sup> )		
		Raíz	Tallo	Hoja	Raíz	Tallo	Hoja
Huitzuco	Testigo	0.56a	0.58b	1.00c	0.17a	0.17b	0.26b
	25	0.64a	1.04ab	1.50ab	0.16a	0.34ab	0.38a
	50	0.72a	1.35a	1.54a	0.19a	0.36a	0.34ab
Ahuacotzingo	Testigo	0.72a	0.76b	1.14bc	0.16a	0.25ab	0.33ab
	25	0.61a	0.89ab	1.51ab	0.20a	0.36a	0.40a
	50	0.70a	1.11ab	1.56a	0.21a	0.41a	0.38a
DMS		0.18	0.55	0.37	0.12	0.18	0.09

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR: nitrógeno en raíz; NT: nitrógeno en tallo; NH: nitrógeno en hoja; PR: fósforo en raíz; PT: fósforo en tallo; PH: fósforo en hoja.

Resultados positivos se presentan al combinar SN al 50 % en cualquiera de las dos localidades ya que resulta que el origen no afecta en el contenido de N y P total de raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw, por lo que al suministrar una dosis mayor de nutrimentos, incrementamos las cantidades de N y P.

### **Efecto de la interacción del origen de la semilla y sustrato sobre la concentración de N total y P total en plántulas de *A. angustifolia***

Se observó que en plántulas cultivadas en sustratos perlita y la mezcla se obtuvo mayor concentración de N en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* de semillas colectadas en Huitzuco. Mostraron diferencias significativas en N presente en raíz, tallo y hoja de plántulas cultivadas en los tres sustratos (fibra de coco, perlita y la mezcla). Mientras que los mayores resultados de P se presentaron en raíz y tallo de plántulas de Huitzuco cultivadas en los tres sustratos, mostrando diferencias significativas en P presente en hoja. Sin embargo para plántulas de semillas colectadas en Ahuacotzingo mostraron los mayores valores de N en plántulas cultivadas en sustrato perlita. Mostró diferencias significativas en contenido N presente en raíz, tallo y hoja en plántulas cultivadas en los tres sustratos. Se observó que los mayores valores de P presente en raíz, tallo y hoja fue en plántulas cultivadas en los tres sustratos (fibra de coco, perlita y mezcla) no hubo diferencias significativas (tabla 11).

Tabla 12. . Efecto del Origen de la semilla y el sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja en plántulas *A. angustifolia* Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.

localidad	Sustrato	Nitrógeno (mg g <sup>-1</sup> )			Fosforo (mg g <sup>-1</sup> )		
		Raíz	Tallo	Hoja	Raíz	Tallo	Hoja
Huitzuco	Fibra de coco	0.52b	0.77b	1.16b	0.19a	0.27a	0.31b
	Perlita	0.66ab	0.94ab	1.46a	0.13a	0.25a	0.30b
	Mezcla	0.75a	1.27a	1.42ab	0.21a	0.36a	0.33ab
Ahuacotzingo	Fibra de coco	0.67ab	0.87b	1.41ab	0.19a	0.33a	0.37ab
	Perlita	0.72a	1.01ab	1.45a	0.21a	0.34a	0.35ab
	Mezcla	0.64ab	0.88b	1.35ab	0.18a	0.34a	0.41a
DMS		0.16	0.33	0.25	0.11	0.13	0.07

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR: nitrógeno en raíz; NT: nitrógeno en tallo; NH: nitrógeno en hoja; PR: fósforo en raíz; PT: fósforo en tallo; PH: fósforo en hoja.

Lo anterior se debió a que la perlita por ser un sustrato con características ideales ayudo al contenido de N y P total contenido en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* de las dos localidades. Esto nos indica que el origen de la semilla no influye en el contenido de N y P total de las plántulas.

**Efecto de la interacción del sustrato y la concentración de SN sobre el contenido de N y P total en plántulas de *A. angustifolia* Haw.**

Al combinar SN con los sustratos se mostraron comportamientos positivos en plántulas de *A. angustifolia* Haw. En plántulas regadas con SN al 50 % combinada con sustratos fibra de coco (FC) y perlita (Pe) se obtienen los mayores resultados de contenido de N y P total presente en raíz, tallo y hoja. Donde mostraron diferencias significativas las plántulas cultivadas en fibra de coco, perlita y mezcla regados con SN al 25 %, en cuanto a su contenido de N presente en raíz para el contenido de P, no mostro diferencias. Así como al suministrar SN al 50% en plántulas cultivadas en el sustrato fibra de coco, perlita y la mezcla mostraron diferencias significativas en contenido de N en raíz, tallo y hoja y con respecto a P mostraron diferencias en P presente en tallo y hoja (Tabla 12).

Tabla 13. Efecto de la interacción del sustrato y la concentración de SN sobre el contenido de N y P total en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw, cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.

Concentración de la SN (%)	Sustrato	Nitrógeno (mg g <sup>-1</sup> )			Fosforo (mg g <sup>-1</sup> )		
		Raíz	Tallo	Hoja	Raíz	Tallo	Hoja
Testigo	Fibra de coco	0.60ab	0.47b	0.94c	0.19a	0.15b	0.25b
	Perlita	0.58ab	0.63ab	1.12bc	0.13a	0.20ab	0.31b
	Mezcla	0.74ab	0.90ab	1.17bc	0.18a	0.28ab	0.33ab
25	Fibra de coco	0.51b	0.70ab	1.34abc	0.16a	0.32ab	0.40a
	Perlita	0.71ab	0.98ab	1.57ab	0.19a	0.33ab	0.34ab
	Mezcla	0.67ab	1.22a	1.60ab	0.19a	0.40a	0.42a
50	Fibra de coco	0.69ab	1.33a	1.60ab	0.22a	0.42a	0.38a
	Perlita	0.77a	1.29a	1.68a	0.19a	0.36ab	0.32ab
	Mezcla	0.69ab	1.07ab	1.38abc	0.19a	0.37ab	0.38a
DMS		0.24	0.70	0.50	0.17	0.25	0.12

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR: nitrógeno en raíz; NT: nitrógeno en tallo; NH: nitrógeno en hoja; PR: fósforo en raíz; PT: fósforo en tallo; PH: fósforo en hoja.

Lo anterior se debió a que las plántulas cultivadas en sustratos y regadas con agua, en comparación con los tratamientos donde se tuvo el mayor contenido de N presente en raíz, tallo y hoja. Es evidente que a medida que se suministra una cantidad mayor de SN al 50 % combinada con sustratos, también aumenta el contenido de N y P. este comportamiento es similar a lo encontrado por Crespo *et al* (2012), donde reportaron que al aplicar SN al 50 % combinada con sustratos en el contenido de N se favoreció en tomate híbrido charleston. Así como fue altamente significativo para la concentración de (N), siendo sólo significativo para (P).

### **Efecto del origen de semilla, sustrato y SN sobre la concentración de n total y p total en plántulas de *A. angustifolia*.**

La combinación de origen de semilla- sustrato- SN tuvo efecto positivo en plántulas de *A. angustifolia*. Se observó que en plántulas de las dos localidades (Huitzucó – Ahuacotzingo) cultivadas en sustratos (fibra de coco- perlita y la mezcla) regadas con SN al 25% y 50 % se obtienen los mayores resultados de contenido de N y P presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia*. Sin embargo se observó que al cultivar las plántulas en sustrato fibra de coco, con SN al 25 %, las plántulas de Huitzucó, mostraron diferencias en cuanto a contenido de N en raíz, tallo y hoja mientras que, en P en raíz, tallo y hoja no hay diferencias, todas son iguales. Para plántulas cultivadas en sustrato perlita, regadas con SN al 25 %, mostraron diferencias solo en N en raíz y tallo, y para contenido de P solo mostraron diferencias en P en hoja. Y en plántulas cultivadas en sustrato mezcla, regadas con SN al 25 %, mostraron diferencias en N presente en raíz y P presente en hoja.

En plántulas cultivadas en sustrato fibra de coco, regadas con SN al 50 %, mostraron diferencias en cuanto a contenido de N en raíz, tallo y hoja, mientras que en contenido de P mostraron diferencias solo en P presente en hoja. Sin embargo al cultivar plántulas en sustrato perlita, regadas con SN al 50 %, mostraron diferencias en N en tallo; y en contenido de P solo se mostraron diferencias en P presente en hoja. Y para plántulas cultivadas en el sustrato mezcla con aplicación de SN al 50%, mostraron diferencias en contenido de N en raíz, tallo y hoja y al igual para contenido de P presente en hoja.

Para plántulas de semillas colectadas en Ahuacotzigo mostraron diferencias en cuanto a contenido de N en raíz, tallo y hoja así como para P presente en hoja en plántulas cultivadas en sustrato fibra de coco, regadas con solución al 25% de solución nutritiva. Así como al cultivar plántulas en sustrato perlita con SN al 25% se observó diferencias en N en raíz y tallo y para P en hoja. Con respecto al sustrato mezcla, las plántulas regadas con SN al 25%, mostraron diferencias en contenido de N en raíz, tallo y hoja, para contenido de P no hubo diferencias. Sin embargo para las plántulas de Ahuacotzigo, cultivadas en sustrato fibra de coco, regadas con SN al 50%, mostraron diferencias en cuanto a contenido de N en raíz, tallo, y en cuanto a contenido de P no hubo diferencias. Para plántulas cultivadas en sustrato perlita, regadas con SN al 50%, mostraron diferencias en N en tallo, y P en hoja. Y para plántulas cultivadas en sustrato mezcla, regadas con SN al 50%, mostraron diferencias en N en raíz, tallo y hoja y en contenido de P en hoja (Tabla 13).

Tabla 14. Efecto del origen de la semilla, la concentración de la SN y el sustrato sobre el contenido de N y P en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw cultivadas en vivero, con sustratos y la concentración de solución nutritiva.

localidad	Concentración de la SN (%)	Sustrato	Nitrógeno (mg g <sup>-1</sup> )			Fosforo (mg g <sup>-1</sup> )		
			Raíz	Tallo	Hoja	Raíz	Tallo	Hoja
Huitzuco	Testigo	F. de coco	0.36b	0.26c	0.75b	0.22a	0.07a	0.21b
		Perlita	0.50ab	0.36bc	1.09ab	0.08a	0.16a	0.28ab
		Mezcla	0.53ab	1.11abc	1.17ab	0.20a	0.28a	0.28ab
	25	F. de coco	0.53ab	0.64abc	1.23ab	0.13a	0.32a	0.41a
		Perlita	0.70ab	1.01abc	1.56a	0.17a	0.31a	0.33ab
		Mezcla	0.69ab	1.49a	1.74a	0.19a	0.41a	0.40ab
	50	F. de coco	0.66ab	1.43ab	1.54ab	0.22a	0.44a	0.35ab
		Perlita	0.80a	1.44ab	1.72a	0.14a	0.29a	0.32ab
		Mezcla	0.75ab	1.17abc	1.38ab	0.20a	0.39a	0.35ab
Ahuacotzingo	Testigo	F. de coco	0.62ab	0.68abc	1.12ab	0.17a	0.22a	0.28ab
		Perlita	0.66ab	0.90abc	1.14ab	0.18a	0.23a	0.33ab
		Mezcla	0.48ab	0.68abc	1.16ab	0.15a	0.29a	0.38ab
	25	F. de coco	0.66ab	0.75abc	1.46ab	0.18a	0.34a	0.40ab
		Perlita	0.73ab	0.97abc	1.56a	0.23a	0.35a	0.38ab
		Mezcla	0.63ab	0.96abc	1.48ab	0.20a	0.37a	0.44a
	50	F. de coco	0.72ab	1.22abc	1.66a	0.21a	0.41a	0.41a
		Perlita	0.80a	1.15abc	1.63a	0.21a	0.45a	0.32ab
		Mezcla	0.66ab	0.97abc	1.39ab	0.17a	0.36a	0.40ab
	DMS		0.40	1.13	0.80	0.27	0.40	0.19

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; NR: nitrógeno en raíz; NT: nitrógeno en tallo; NH: nitrógeno en hoja; PR: fósforo en raíz; PT: fósforo en tallo; PH: fósforo en hoja.

## CONCLUSIONES

El origen de la semilla no influyó en el contenido de N y P total de plántulas de *A. angustifolia* Haw, ya que el comportamiento se mostró igual en ambas localidades donde se obtuvieron mayores resultados.

Se favorece el contenido de N y P total en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw al aplicar SN al 50%.

Tanto la perlita (Pe) y la mezcla (FC+Pe) son ideales para obtener mayor concentración de N y P, en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* Haw.

Al combinar el origen de semilla-SN se obtuvo mayor contenido de N y P total en plántulas de las dos localidades (Huitzucó- Ahuacotzingo) del estado de Guerrero, regadas con SN al 50 %.

En la combinación del origen de semilla- sustrato se obtuvieron mayores resultados de N y P total en raíz, tallo y hoja en plántulas de las dos localidades cultivadas utilizando fibra de coco, perlita o la mezcla.

La combinación de cualquiera de los sustratos, con solución nutritiva Steiner al 50 %, estuvo asociada con un mayor contenido de N y P, en raíz, tallo y hoja en plántulas de *A. angustifolia* Haw.

Se obtuvo un mayor contenido de N y P presente en raíz, tallo y hoja de plántulas de *A. angustifolia* al combinar SN al 25% y 50 % con cualquier sustrato (fibra de coco- perlita y la mezcla) en las dos localidades.

## LITERATURA CITADA

- Alcántar, G., G. y M. Sandoval V (1999) Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, estado de México.
- Bocca, B., Aliminti, A., Forte, G., Petrucci, F., Pirola, C., Senofonte, O., Violante, N (2003) Highthroughput microwave-digestion procedures to monitor neurotoxic elements in body fluids by means of inductively couple plasma mass Spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.*, 377(1): 6570. Bruker. 2011a. Spectra 7. Software for acquisition and evaluation of XRF spectra. User Manual. Bruker Nano GmbH, Berlin, Germany, 68 p. Bruker. 2011b. S2 Picofox™. TXRF Spectrometer for element analysis. User Manual. Bruker Nano GmbH, Berlin, Germany, 118 p.
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle, B. y A. Aguilar. S (2000) Curso de interpretación de análisis de suelo, aguas agrícolas, plantas y ECP. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 188.
- Crespo, E., C, Villa., S, M, Haller, V., V, H, Chulim, C., A, Escudero, S., J (2012) Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.7* p. 1361-1377
- Dapiaggi, M., Leva, F., Rabuffetti, D., Ayrault, S., Gaudry, A., Cenci, R.M. 2001. Reliability and accuracy of environmental analytical data on moss samples: An interlaboratory comparison. *Environ. Technol.*, 22(10): 1183-1192.
- De La Calle, I., Cabaleiro, N., Romero, V., Lavilla, I., Vendicho, C (2013) Sample pretreatment strategies for total reflection X-ray fluorescence analysis: A tutorial review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 90: 23-54.
- Etchevers Barra. J. D (1992) Manual de métodos para análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Análisis rutinarios en estudios y programas de fertilidad. Laboratorio de Fertilidad, Centro de Edafología. Colegio de postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Edo, de México.

- Enríquez del-Valle, J. R (2007) La micropropagación de agaves y su fertilización en vivero. *agroproduce* (16):16-17.
- García, M. A. J (2018) Agave mezcales y diversidad. *Boletín UNAM-DGCS-045*. Instituto de Biología UNAM.
- Janeiro-Cid R (2014) Análisis químico del extracto celular de peciolo en fresa mediante laboratorios portátiles. Tesis de Maestría en Ciencias. p 58.
- Lombard, V., Baril, C.P., Dubreuil, P., Blouet, f., Zhang, D (2000) Genetic relationships and fingerprinting of rapeseed cultivars by aflp: consequences for varietal registration. *Crop science* 40, 1417–1425.
- Marschner, H (1995) *Mineral Nutrition of Higher plants*. second edition. Academic press. San Diego, California. Usa.
- Martínez, T., Lartigue, J., Zarazua, G., Avila-Pérez, P., Navarrete, M., y Tejeda, S (2008) Application of the Total Reflection X-ray fluorescence technique to trace elements determination in tobacco. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 63(12): 1469-1472.
- Marguí, E (2006) *Analytical Methodologies based on X-ray fluorescence spectrometry (XRF) and inductively coupled plasma spectroscopy (ICP) for the assessment of metal dispersal around mining environments*. Doctoral Thesis, University of Girona, Spain, p. 2, 3, 49, 50.
- Mendoza, B., Parra, L, M, M., Almaso, L y Rodríguez, V (2014). Evaluación de dos métodos de digestión ácida en el análisis de tejido foliar de caña *Saccharum officinarum* L. *Ciencia y Tecnología* 7(2): 9-20
- McKey D, Elias M, Pujol B, Duputie´ A (2010) The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. *New Phytol* 186:318–332

- Olivas G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrate., M. J González N. y C. Vera J (2007) Áreas de amplitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista fitotecnia mexicana*. 30 (4): 411-419.
- Paslawski, P., Migaszewski, Z.M (2006)The quality of element determinations in plant materials by instrumental methods. *Polish J. Environ. Stud.*, 15(2a): 154-164.
- Sun, D.H., Waters, J.K., y Mawhinney, T.P (2000) Determination of thirteen common elements in food samples by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry: comparison of five digestion methods. *J. AOAC Int.*, 83(5): 12181224. Untea, A., Criste, R.D., y Vladescu, L. 2012. Development and validation of a microwave digestion - FAAS Procedure for Cu, Mn and Zn determination in liver. *Rev. Chim. (Bucharest)*, 63(4): 341-346.
- Schulman, A.H (2006) Molecular markers to assess genetic diversity. *euphytica* 158, 313–321.
- Schwarz, M (1995) soilless culture Management. *Advanced series in Agricultural Sciences* 24. springer-verlag. Berlin, Germany.
- Shirin, K., Naseem, S., Bashir, E., Imad, S., Shafio, S ( 2008) A comparison of digestion methods for the estimation of elements in *Dodonaea Viscosa*: a native flora of Wadh, Balochistan, Pakistan. *J. Chem. Soc. Pak.*, 30(1): 90-95.
- Steiner, A.A (1984) The universal nutrient solution. pp. 633–650. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands.
- Untea, A., Criste, R.D., y Vladescu, L (2012) Development and validation of a microwave digestion - FAAS Procedure for Cu, Mn and Zn determination in liver. *Rev. Chim. (Bucharest)*, 63(4): 341-346.
- Wasiliewska, M., Goessler, W., Zischka, M., Maichin, B., Knapp, G (2002) Efficiency of oxidation in wet digestion procedures and influence from the residual organic carbon content on

selected techniques for determination of trace elements. *J. Anal. At. Spectrom.* 17(9): 1121-1125.

Zudowska, J. Biziuk, M (2008) Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *J. Food Sci.*, 73(2): 21-29.

Anexo 1.1. Análisis de ANOVA y TUKEY  $\alpha= 0.05$

Tabla 1. Efecto del origen de la semilla sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia* (Tukey  $\alpha= 0.05$ ).

localidad	DT mm	AH cm	LH cm	LR cm	VR mL
Hutizuco	9.23a	1.89a	11.83a	10.59a	2.30a
Atenango	9.15a	1.89a	12.09a	10.36a	2.74a
Chilapa	9.44a	1.89a	11.64a	9.48a	2.67a
Ahuacotzingo	8.87a	1.83a	10.61a	8.95a	2.37a
DMS	1.35	0.29	1.57	1.84	0.80

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha =0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; DT: diámetro del tallo; AH: ancho de hoja; LH; longitud de hoja; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz.

Tabla 2. Efecto del sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *A. angustifolia* (Tukey  $\alpha= 0.05$ ).

Sustrato	LH cm	VR mL
Fibra de coco	11.61a	2.25a
Perlita	11.80a	2.68a
Mezcla	11.22a	2.63a
DMS	1.24	0.63

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; LH: longitud de hoja., VR: volumen de raíz.

Tabla 3. Efecto del origen de la semilla sobre el contenido de biomasa de plántulas de *A. angustifolia* (Tukey  $\alpha= 0.05$ ).

localidad	PFR	PFT	PFH	PSH
	gr	gr	gr	gr
Hutizuco	1.21a	1.27a	6.68a	2.98a
Atenango	1.37a	1.40a	6.74a	3.84a
Chilapa	1.73a	1.56a	6.88a	4.36a
Ahuacotzingo	1.39a	1.31a	6.34a	3.47a
DMS	0.58	0.42	2.62	1.60

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz; PFT: peso fresco de tallo; PFH: peso fresco de hoja; PSH: peso seco de hoja.

Tabla 4. Efecto del sustrato sobre el contenido de biomasa de plántulas de *A. angustifolia* (Tukey  $\alpha= 0.05$ ).

Sustrato	PFR	PST	PSH
	gr	gr	gr
Fibra de coco	1.41a	0.60a	3.77a
Perlita	1.57a	0.66a	4.07a
Mezcla	1.29a	0.49a	3.15a
DMS	0.46	0.20	1.26

Valores con letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); DMS: diferencia mínimamente significativa; PFR: peso fresco de raíz PST; peso seco de tallo., PSH: peso seco de hoja.

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales

Localidad-solución nutritiva-sustrato

Tabla 5. Análisis de varianza para peso fresco de raíz (PFR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	141.067	4.031	2.99	<.0001**
Error	180	243.028	1.351		
Total	215	384.095			

$R^2=0.368$  C.V.= 81.49% Media general de peso fresco de raíz= 1.42

Tabla 6. Análisis de varianza para peso seco de raíz (PSR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	53.879	1.539	3.54	<.0001**
Error	180	78.329	0.435		
Total	215	132.208			

$R^2= 0.407$  C.V.= 126.36% Media general de peso seco de raíz= 0.53

Tabla 7. Análisis de varianza para longitud de raíz (LR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2151.280	61.465	4.52	<.0001**
Error	180	2446.673	13.592		
Total	215	4597.953			

$R^2= 0.468$  C.V.= 37.45% Media general de longitud de raíz= 9.84

Tabla 8. Análisis de varianza para volumen de raíz (VR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	218.593	6.246	2.44	<.0001**
Error	180	461.333	2.562		
Total	215	679.926			

$R^2 = 0.321$  C.V.= 63.57% Media general de volumen de raíz= 2.52

Tabla 9. Análisis de varianza para número de raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	437.981	12.514	3.55	<.0001**
Error	180	634.667	3.526		
Total	215	1072.649			

$R^2 = 0.409$  C.V.= 45.16% Media general de número de raíz= 4.16

Tabla 10. Análisis de varianza para peso fresco de tallo (PFT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	62.707	1.791	2.48	<.0001**
Error	180	130.073	0.723		
Total	215	192.780			

$R^2 = 0.326$  C.V.= 61.45% Media general de peso fresco de tallo= 1.38

Tabla 11. Análisis de varianza para peso seco de tallo (PST) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	30.944	0.884	3.45	<.0001**
Error	180	46.148	0.256		
Total	215	77.093			

$R^2 = 0.402$  C.V.= 86.73 % Media general de peso seco de tallo= 0.59

Tabla 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo (DT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	599.040	17.116	2.32	0.0002**
Error	180	1326.245	7.368		
Total	215	1925.284			

$R^2 = 0.311$  C.V.= 29.59 % Media general de diámetro de tallo= 9.17

Tabla 13. Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	4270.746	122.021	4.42	<.0001**
Error	180	4967.794	27.598		
Total	215	9238.539			

$R^2 = 0.462$  C.V.= 78.87% Media general de peso fresco de hoja= 6.67

Tabla 14. Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	1572.438	44.926	4.36	<.0001**
Error	180	1852.780	10.293		
Total	215	3425.218			

$R^2=0.460$  C.V.= 87.57% Media general de peso seco de hoja= 3.67

Tabla 15. Análisis de varianza para número de hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	232.148	6.632	6.28	<.0001**
Error	180	190.000	1.056		
Total	215	422.148			

$R^2= 0.549$  C.V.= 26.29% Media general de número de hoja= 3.91

Tabla 16. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.801	3.109	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.945			

$R^2= 0.640$  C.V.= 31.06 % Media general de ancho de hoja= 1.88

Tabla 17. Análisis de varianza para longitud de hoja (LH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2229.126	63.690	6.41	<.0001**
Error	180	1788.508	9.937		
Total	215	4017.635			

$R^2 = 0.554$  C.V.= 27.30 % Media general de longitud de hoja= 11.54

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad- Solución nutritiva

Tabla 18. Análisis de varianza para peso fresco de raíz (PFR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	141.067	4.030	2.99	<.0001**
Error	180	243.028	1.351		
Total	215	384.095			

$R^2 = 0.368$  C.V.= 81.49 % Media general de peso fresco de raíz= 1.42

Tabla 19. Análisis de varianza para peso seco de raíz (PSR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	53.879	1.540	3.54	<.0001**
Error	180	78.329	0.435		
Total	215	132.208			

$R^2 = 0.407$  C.V.= 126.36 % Media general de peso seco de raíz= 0.53

Tabla 20. Análisis de varianza para longitud de raíz (LR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2151.280	61.465	4.52	<.0001**
Error	180	2446.673	13.592		
Total	215	4597.953			

$R^2= 0.468$  C.V.= 37.45% Media general de longitud de raíz= 9.84

Tabla 21. Análisis de varianza para volumen de raíz (VR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	218.593	6.246	2.44	<.0001**
Error	180	461.333	2.562		
Total	215	679.926			

$R^2= 0.321$  C.V.= 63.57 % Media general de volumen de raíz= 2.52

Tabla 22. Análisis de varianza para número de raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	437.981	12.514	3.55	<.0001**
Error	180	634.667	3.526		
Total	215	1072.649			

$R^2= 0.409$  C.V.= 45.16% Media general de número de raíz= 4.16

Tabla 23. Análisis de varianza para peso fresco de tallo (PFT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	62.707	1.791	2.48	<.0001**
Error	180	130.073	0.723		
Total	215	192.780			

$R^2 = 0.326$  C.V.= 61.45% Media general de peso fresco de tallo= 1.38

Tabla 24. Análisis de varianza para peso seco de tallo (PST) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	30.944	0.884	3.45	<.0001**
Error	180	46.148	0.256		
Total	215	77.093			

$R^2 = 0.402$  C.V.= 86.73 % Media general de peso seco de tallo= 0.59

Tabla 25. Análisis de varianza para diámetro de tallo (DT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	599.040	17.116	2.32	0.0002**
Error	180	1326.245	7.368		
Total	215	1925.284			

$R^2 = 0.311$  C.V.= 29.59 % Media general de diámetro de tallo= 9.17

Tabla 26. Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	4270.746	122.021	4.42	<.0001**
Error	180	4967.794	27.598		
Total	215	9238.539			

$R^2 = 0.462$  C.V.= 78.87 % Media general de peso fresco de hoja= 6.67

Tabla 27. Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	1572.438	44.926	4.36	<.0001**
Error	180	1852.780	10.293		
Total	215	3425.218			

$R^2 = 0.460$  C.V.= 87.57 % Media general de peso seco de hoja= 3.67

Tabla 28. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.801	3.109	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.945			

$R^2 = 0.640$  C.V.= 31.06 % Media general de ancho de hoja= 1.88

Tabla 29. Análisis de varianza para longitud de hoja (LH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2229.126	63.689	6.41	<.0001**
Error	180	1788.508	9.937		
Total	215	4017.635			

$R^2 = 0.554$  C.V.= 27.30 % Media general de longitud de hoja= 11.54

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Comunidad- sustrato

Tabla 30. Análisis de varianza para peso fresco de raíz (PFR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	141.067	4.030	2.99	<.0001**
Error	180	243.028	1.351		
Total	215	384.095			

$R^2 = 0.368$  C.V.= 81.49 % Media general de peso fresco de raíz= 1.42

Tabla 31. Análisis de varianza para peso seco de raíz (PSR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	53.879	1.540	3.54	<.0001**
Error	180	78.329	0.435		
Total	215	132.209			

$R^2 = 0.407$  C.V.= 126.36 % Media general de peso seco de raíz= 0.53

Tabla 32. Análisis de varianza para longitud de raíz (LR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2151.280	61.465	4.52	<.0001**
Error	180	2446.673	13.592		
Total	215	4597.953			

$R^2 = 0.468$  C.V.= 37.45 % Media general de longitud de raíz= 9.84

Tabla 33. Análisis de varianza para volumen de raíz (VR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	218.593	6.246	2.44	<.0001**
Error	180	461.333	2.562		
Total	215	679.926			

$R^2 = 0.321$  C.V.= 63.57 % Media general de volumen de raíz= 2.52

Tabla 34. Análisis de varianza para número de raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	437.981	12.514	3.55	<.0001**
Error	180	634.667	3.526		
Total	215	1072.649			

$R^2 = 0.409$  C.V.= 45.16% Media general de número de raíz= 4.16

Tabla 35. Análisis de varianza para peso fresco de tallo (PFT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	62.707	1.791	2.48	<.0001**
Error	180	130.073	0.723		
Total	215	192.780			

$R^2= 0.326$  C.V.= 61.45% Media general de peso fresco de tallo= 1.38

Tabla 36. Análisis de varianza para peso seco de tallo (PST) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	30.944	0.884	3.45	<.0001**
Error	180	46.148	0.256		
Total	215	77.093			

$R^2= 0.402$  C.V.= 86.73% Media general de peso seco de tallo= 0.59

Tabla 37. Análisis de varianza para diámetro de tallo (DT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	599.039	17.116	2.32	0.0002**
Error	180	1326.245	7.368		
Total	215	1925.284			

$R^2= 0.311$  C.V.= 29.59% Media general de diámetro de tallo= 9.17

Tabla 38. Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	4270.746	122.021	4.42	<.0001**
Error	180	4967.794	27.598		
Total	215	9238.539			

$R^2 = 0.462$  C.V.= 78.87 % Media general de peso fresco de hoja= 6.67

Tabla 39. Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	1572.438	44.926	4.36	<.0001**
Error	180	1852.780	10.293		
Total	215	3425.218			

$R^2 = 0.460$  C.V.= 87.57 % Media general de peso seco de hoja= 3.67

Tabla 40. Análisis de varianza para número de hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	232.148	6.632	6.28	<.0001**
Error	180	190.000	1.056		
Total	215	422.148			

$R^2 = 0.549$  C.V.= 26.29 % Media general de número de hoja= 3.91

Tabla 41. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.801	3.109	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.945			

$R^2 = 0.640$  C.V.= 31.06 % Media general de ancho de hoja= 1.88

Tabla 42. Análisis de varianza para longitud de hoja (LH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2229.126	63.690	6.41	<.0001**
Error	180	1788.508	9.937		
Total	215	4017.635			

$R^2 = 0.554$  C.V.= 27.30 % Media general de longitud de hoja= 11.54

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Solución nutritiva- sustrato

Tabla 43. Análisis de varianza para peso fresco de raíz (PFR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	141.067	4.030	2.99	<.0001**
Error	180	243.028	1.351		
Total	215	384.095			

$R^2 = 0.368$  C.V.= 81.49 % Media general de peso fresco de raíz= 1.42

Tabla 44. Análisis de varianza para peso seco de raíz (PSR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	53.879	1.540	3.54	<.0001**
Error	180	78.329	0.435		
Total	215	132.209			

$R^2 = 0.407$  C.V.= 126.36 % Media general de peso seco de raíz= 0.53

Tabla 45. Análisis de varianza para longitud de raíz (LR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2151.280	61.465	4.52	<.0001**
Error	180	2446.673	13.592		
Total	215	4597.953			

$R^2 = 0.468$  C.V.= 37.45% Media general de longitud de raíz= 9.84

Tabla 46. Análisis de varianza para volumen de raíz (VR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	218.593	6.246	2.44	<.0001**
Error	180	461.333	2.562		
Total	215	679.925			

$R^2 = 0.321$  C.V.= 63.57 % Media general de volumen de raíz= 2.52

Tabla 47. Análisis de varianza para número de raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	437.981	12.514	3.55	<.0001**
Error	180	634.667	3.526		
Total	215	1072.649			

$R^2= 0.409$  C.V.= 45.16% Media general de número de raíz= 4.16

Tabla 48. Análisis de varianza para peso fresco de tallo (PFT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	62.707	1.791	2.48	<.0001**
Error	180	130.073	0.723		
Total	215	192.780			

$R^2= 0.326$  C.V.= 61.45 % Media general de peso fresco de tallo= 1.38

Tabla 49. Análisis de varianza para peso seco de tallo (PST) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	30.944	0.884	3.45	<.0001**
Error	180	46.148	0.256		
Total	215	77.093			

$R^2= 0.402$  C.V.= 86.73% Media general de peso seco de tallo= 0.59

Tabla 50. Análisis de varianza para diámetro de tallo (DT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	599.040	17.116	2.32	0.0002**
Error	180	1326.245	7.368		
Total	215	1925.284			

$R^2 = 0.311$  C.V.= 29.59% Media general de diámetro de tallo= 9.17

Tabla 51. Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	4270.746	122.021	4.42	<.0001**
Error	180	4967.794	27.598		
Total	215	9238.539			

$R^2 = 0.462$  C.V.= 78.87% Media general de peso fresco de hoja= 6.67

Tabla 52. Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	1572.438	44.926	4.36	<.0001**
Error	180	1852.780	10.293		
Total	215	3425.218			

$R^2 = 0.460$  C.V.= 87.57 % Media general de peso seco de hoja= 3.67

Tabla 53. Análisis de varianza para número de hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	232.148	6.632	6.28	<.0001**
Error	180	190.000	1.055		
Total	215	422.148			

$R^2 = 0.549$  C.V.= 26.29 % Media general de número de hoja= 3.91

Tabla 54. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.801	3.109	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.944			

$R^2 = 0.640$  C.V.= 31.06 % Media general de ancho de hoja= 1.88

Tabla 55. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.801	3.109	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.944			

$R^2 = 0.640$  C.V.= 31.06 % Media general de ancho de hoja= 1.88

Tabla 56. Análisis de varianza para longitud de hoja (LH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2229.126	63.690	6.41	<.0001**
Error	180	1788.508	9.937		
Total	215	4017.635			

$R^2 = 0.554$  C.V.= 27.30 % Media general de longitud de hoja= 11.54

The SAS System

The ANOVA Procedure

Factores (interacciones)

Localidad-solución nutritiva- sustrato

Tabla 57. Análisis de varianza para peso fresco de raíz (PFR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	141.066	4.030	2.99	<.0001**
Error	180	243.028	1.350		
Total	215	384.094			

$R^2 = 0.368$  C.V.= 81.49 % Media general de peso fresco de raíz = 1.42

Tabla 58. Análisis de varianza para peso seco de raíz (PSR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	53.879	1.539	3.54	<.0001**
Error	180	78.329	0.435		
Total	215	132.209			

$R^2 = 0.407$  C.V.= 126.36% Media general de peso seco de raíz = 0.52

Tabla 59. Análisis de varianza para longitud de raíz (LR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2151.280	61.465	4.52	<.0001**
Error	180	2446.673	13.592		
Total	215	4597.953			

$R^2 = 0.467$  C.V.= 37.45% Media general de longitud de raíz = 9.84

Tabla 60. Análisis de varianza para volumen de raíz (VR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	218.593	6.246	2.44	<.0001**
Error	180	461.333	2.562		
Total	215	679.926			

$R^2 = 0.321$  C.V.= 63.57% Media general de volumen de raíz = 2.52

Tabla 61. Análisis de varianza para número de raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	437.981	12.514	3.55	<.0001**
Error	180	634.666	3.526		
Total	215	1072.649			

$R^2 = 0.409$  C.V.= 45.16 % Media general de número de raíz = 4.16

Tabla 62. Análisis de varianza para peso fresco de tallo (PFT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	62.707	1.791	2.48	<.0001**
Error	180	130.073	0.722		
Total	215	192.780			

$R^2 = 0.326$  C.V.= 61.45% Media general de peso fresco de tallo = 1.38

Tabla 63. Análisis de varianza para peso seco de tallo (PST) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	30.944	0.884	3.45	<.0001**
Error	180	46.148	0.256		
Total	215	77.093			

$R^2 = 0.402$  C.V.= 86.73% Media general de peso seco de tallo = 0.59

Tabla 64. Análisis de varianza para diámetro de tallo (DT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	599.039	17.115	2.32	0.0002**
Error	180	1326.244	7.368		
Total	215	1925.284			

$R^2 = 0.311$  C.V.= 29.59% Media general de diámetro de tallo = 9.17

Tabla 65. Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	4270.746	122.021	4.42	<.0001**
Error	180	4967.79	27.598		
Total	215	9238.539			

$R^2 = 0.462$  C.V. = 78.87 % Media general de peso fresco de hoja = 6.67

Tabla 66. Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	1572.438	44.926	4.36	<.0001**
Error	180	1852.780	10.293		
Total	215	3425.218			

$R^2 = 0.459$  C.V. = 87.56 % Media general de peso seco de hoja = 3.66

Tabla 67. Análisis de varianza para número de hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	232.148	6.632	6.28	<.0001**
Error	180	190.000	1.055		
Total	215	422.148			

$R^2 = 0.549$  C.V. = 26.29 % Media general de número de hoja = 3.90

Tabla 68. Análisis de varianza para ancho de hoja (AH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	108.800	3.108	9.15	<.0001**
Error	180	61.143	0.339		
Total	215	169.944			

$R^2 = 0.640$  C.V.= 31.06% Media general de ancho de hoja = 1.87

Tabla 69. Análisis de varianza para longitud de hoja (LH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	35	2229.126	63.689	6.41	<.0001**
Error	180	1788.508	9.936		
Total	215	4017.634			

$R^2 = 0.554$  C.V.= 27.30% Media general de longitud de hoja = 11.54

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores principales  
 Localidad  
 Solución nutritiva  
 Sustrato

Tabla 70. Análisis de varianza para nitrógeno en raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	1.187	0.069	10.78	<.0001**
Error	36	0.233	0.006		
Total	53	1.421			

$R^2 = 0.835$  C.V.= 12.18 % Media general de nitrógeno en raíz = 0.66

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad- solución nutritiva

Tabla 71. Análisis de varianza para nitrógeno en raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.841	0.049	3.07	0.0023**
Error	36	0.579	0.016		
Total	53	1.421			

$R^2=0.592$  C.V.= 19.20% Media general de nitrógeno en raíz = 0.67

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad- sustrato

Tabla 72. Análisis de varianza para nitrógeno en raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.921	0.054	3.90	0.0003**
Error	36	0.500	0.013		
Total	53	1.421			

$R^2=0.648$  C.V.= 17.84 % Media general de nitrógeno en raíz = 0.67

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Solución nutritiva- sustrato

Tabla 73. Análisis de varianza para nitrógeno en raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.819	0.048	2.88	0.0037**
Error	36	0.602	0.016		
Total	53	1.421			

$R^2 = 0.576$  C.V. = 19.57 % Media general de nitrógeno en raíz = 0.66

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad- Solución nutritiva- sustrato

Tabla 74. Análisis de varianza para nitrógeno en raíz (NR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.819	0.048	2.88	0.0037**
Error	36	0.602	0.016		
Total	53	1.421			

$R^2 = 0.576$  C.V. = 19.57 % Media general de nitrógeno en raíz = 0.66

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores principales  
 Localidad  
 Solución nutritiva  
 Sustrato

Tabla 75. Análisis de varianza para nitrógeno en tallo (NT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	10.202	0.600	25.15	<.0001**
Error	36	0.858	0.023		
Total	53	11.061			

$R^2 = 0.922349$  C.V. = 16.15 % Media general de nitrógeno en tallo = 0.95

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad - Solución nutritiva

Tabla 76. Análisis de varianza para nitrógeno en tallo (NT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	5.623	0.330	2.19	0.0237*
Error	36	5.438	0.151		
Total	53	11.061			

$R^2 = 0.508$  C.V. = 40.65 % Media general de nitrógeno en tallo = 0.95

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-sustrato

Tabla 77. Análisis de varianza para nitrógeno en tallo (NT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	9.108	0.535	9.88	<.0001**
Error	36	1.953	0.054		
Total	53	11.061			

R<sup>2</sup>= 0.823 C.V.= 24.36 % Media general de nitrógeno en tallo = 0.95

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Solución nutritiva –sustrato

Tabla 78. Análisis de varianza para nitrógeno en tallo (NT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	6.212	0.365	2.71	0.0058**
Error	36	4.849	0.134		
Total	53	11.061			

R<sup>2</sup>=0.561 C.V.= 38.39 % Media general de nitrógeno en tallo = 0.95

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Solución nutritiva –sustrato

Tabla 79. Análisis de varianza para nitrógeno en tallo (NT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	6.212	0.365	2.71	0.0058**
Error	36	4.849	0.134		
Total	53	11.061			

$R^2=0.561$  C.V.= 38.39 % Media general de nitrógeno en tallo = 0.95

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Localidad  
Solución nutritiva  
Sustrato

Tabla 80. Análisis de varianza para nitrógeno en hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	5.642	0.331	25.67	<.0001**
Error	36	0.465	0.012		
Total	53	6.107			

$R^2=0.923$  C.V.= 8.26 % Media general de nitrógeno en hoja =1.37

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Solución nutritiva

Tabla 81. Análisis de varianza para nitrógeno en hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	3.714	0.218	3.29	0.0013**
Error	36	2.393	0.066		
Total	53	6.107			

$R^2=0.608$  C.V.= 18.74 % Media general de nitrógeno en hoja =1.37

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Sustrato

Tabla 82. Análisis de varianza para nitrógeno en hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	4.932	0.290	8.88	<.0001**
Error	36	1.175	0.032		
Total	53	6.107			

$R^2= 0.807$ C.V.= 13.13 % Media general de nitrógeno en hoja =1.37

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 83. Análisis de varianza para nitrógeno en hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	3.629	0.213	3.10	0.0021**
Error	36	2.478	0.068		
Total	53	6.107			

$R^2 = 0.594$  C.V. = 19.07 % Media general de nitrógeno en hoja = 1.37

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 84. Análisis de varianza para nitrógeno en hoja (NH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	3.629	0.213	3.10	0.0021**
Error	36	2.478	0.068		
Total	53	6.107			

$R^2 = 0.594$  C.V. = 19.07 % Media general de nitrógeno en hoja = 1.37

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores principales  
 Localidad  
 Solución nutritiva  
 Sustrato

Tabla 85. Análisis de varianza para fósforo en raíz (PR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.141	0.008	1.48	0.1577NS
Error	36	0.201	0.005		
Total	53	0.342			

$R^2 = 0.411$  C.V. = 40.83 % Media general de fósforo en raíz = 0.18

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad-Solución nutritiva

Tabla 86. Análisis de varianza para fósforo en raíz (PR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.086	0.005	0.72	0.7644NS
Error	36	0.256	0.007		
Total	53	0.342			

$R^2 = 0.253$  C.V. = 45.99 % Media general de fósforo en raíz = 0.18

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad-Sustrato

Tabla 87. Análisis de varianza para fósforo en raíz (PR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.117	0.006	1.10	0.3884NS
Error	36	0.225	0.006		
Total	53	0.342			

$R^2 = 0.342$  C.V. = 43.16 % Media general de fósforo en raíz = 0.18

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 88. Análisis de varianza para fósforo en raíz (PR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.073	0.004	0.58	0.8859NS
Error	36	0.269	0.007		
Total	53	0.342			

$R^2 = 0.214$  C.V. = 47.17 % Media general de fósforo en raíz = 0.18

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 89. Análisis de varianza para fósforo en raíz (PR) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.073	0.004	0.58	0.8859NS
Error	36	0.269	0.007		
Total	53	0.342			

$R^2=0.214$  C.V.= 47.17 % Media general de fósforo en raíz =0.18

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Localidad  
Solución nutritiva  
Sustrato

Tabla 90. Análisis de varianza para fósforo en tallo (PT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.838	0.049	6.83	<.0001**
Error	36	0.259	0.007		
Total	53	1.097			

$R^2=0.763$  C.V.= 26.96 % Media general de fósforo en tallo =0.31

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Solución nutritiva

Tabla 91. Análisis de varianza para fósforo en tallo (PT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.502	0.029	1.79	0.0702NS
Error	36	0.595	0.016		
Total	53	1.097			

$R^2 = 0.457$  C.V.= 40.81% Media general de fósforo en tallo =0.31

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores (interacciones)  
Localidad-Sustrato

Tabla 92. Análisis de varianza para fósforo en tallo (PT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.779	0.045	5.19	<.0001**
Error	36	0.318	0.008		
Total	53	1.097			

$R^2 = 0.710$  C.V.= 29.84% Media general de fósforo en tallo =0.31

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 93. Análisis de varianza para fósforo en tallo (PT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.497	0.029	1.75	0.0774NS
Error	36	0.600	0.016		
Total	53	1.097			

$R^2 = 0.452$  C.V. = 41.00% Media general de fósforo en tallo = 0.31

The SAS System  
 The ANOVA Procedure  
 Factores (interacciones)  
 Localidad-Solución nutritiva-Sustrato

Tabla 94. Análisis de varianza para fósforo en tallo (PT) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.497	0.029	1.75	0.0774NS
Error	36	0.600	0.016		
Total	53	1.097			

$R^2 = 0.452$  C.V. = 41.00% Media general de fósforo en tallo = 0.31

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Localidad  
Solución nutritiva  
Sustrato

Tabla 95. Análisis de varianza para fósforo en hoja (PH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.275	0.016	11.29	<.0001**
Error	36	0.051	0.001		
Total	53	0.327			

$R^2 = 0.842$  C.V.= 10.94 % Media general de fósforo en hoja =0.34

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Localidad-Solución nutritiva

Tabla 96. Análisis de varianza para fósforo en hoja (PH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.184	0.010	2.72	0.0057**
Error	36	0.143	0.003		
Total	53	0.327			

$R^2 = 0.562$  C.V.= 18.23 % Media general de fósforo en hoja =0.34

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
localidad-sustrato

Tabla 97. Análisis de varianza para fósforo en hoja (PH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.184	0.010	2.72	0.0057**
Error	36	0.143	0.003		
Total	53	0.327			

$R^2 = 0.562$  C.V. = 18.23 % Media general de fósforo en hoja = 0.34

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Solución nutritiva-sustrato

Tabla 98. Análisis de varianza para fósforo en hoja (PH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.184	0.010	2.72	0.0057**
Error	36	0.143	0.003		
Total	53	0.327			

$R^2 = 0.562$  C.V. = 18.23 % Media general de fósforo en hoja = 0.34

The SAS System  
The ANOVA Procedure  
Factores principales  
Localidad-Solución nutritiva-sustrato

Tabla 99. Análisis de varianza para fósforo en hoja (PH) de plántulas de *A. angustifolia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	Significancia experimental
Tratamientos	17	0.184	0.010	2.72	0.0057**
Error	36	0.143	0.003		
Total	53	0.327			

$R^2 = 0.562$  C.V. = 18.23 % Media general de fósforo en hoja = 0.34