



CRECIMIENTO DE *Agave potatorum* CULTIVADO EN AMBIENTES CONTRASTANTES Y FERTIRRIGACIÓN

[GROWTH OF *Agave potatorum* CULTIVATED IN CONTRASTING ENVIRONMENTS AND FERTIGATION]

Isidro Morales, Gabino A. Martínez Gutiérrez[§], Carlos I. Cortés-Martínez, Teodulfo Aquino Bolaños, Cirenio Escamirosa Tinoco, Martín Hernández Tolentino

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-IPN-OAXACA). Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230, Oaxaca. México. Teléfono: (951) 5170610 Ext. 82786. (imoralesg@ipn.mx, solemia7@hotmail.com, cescamirosa@ipn.mx, mahernandezto@ipn.mx, taquino@ipn.mx). [§]Autor para correspondencia: (gamartinezg@ipn.mx).

RESUMEN

En Oaxaca, el aprovechamiento de los agaves silvestres para la producción de mezcal se ha incrementado en la última década, siendo necesario conocer los requerimientos nutrimentales y ambientales para su posible cultivo intensivo. El objetivo fue evaluar el crecimiento en un año de *Agave potatorum* Zucc., cultivado en invernadero y campo, fertirrigadas con 25, 50, 75, 100 % de concentración de la solución nutritiva de Stenier. Los tratamientos se condujeron bajo un diseño completamente al azar y como variables respuesta; las ambientales: temperatura, humedad relativa y radiación; de crecimiento: altura de planta, número, largo y ancho de hojas, diámetro de piña, longitud y peso de raíz, biomasa fresca; y de calidad: sólidos solubles totales. La temperatura ambiental fue mayor en el invernadero. En campo, se obtuvo la mayor humedad relativa y radiación fotosintéticamente activa e integrada. Las plantas mantenidas en invernadero y con solución nutritiva, alcanzaron los mayores valores de crecimiento, mientras que el mayor contenido de sólidos solubles se obtuvo en plantas mantenidas en campo y con aplicación de solución nutritiva. El manejo intensivo de *A. potatorum* en invernadero puede ser una opción para aumentar el crecimiento de la planta y acortar el ciclo de cultivo.

Palabras clave: Fertilización, maguey tobalá, *Agave silvestre*.

ABSTRACT

In Oaxaca, the use of wild agaves for the production of mezcal has increased in the last decade, being necessary to know the nutritional and environmental requirements for its possible intensive cultivation. The aim of this work was to evaluate the effect of the application of four concentrations of the Steiner nutrient solution; 25, 50, 75, 100 % and the control without solution, on the *Agave potatorum* Zucc cultivated during a year in greenhouse and field. These treatments were done under a completely randomized design. The climate variables evaluated were: temperature, relative humidity and radiation; the growth variables: height of plant, number, length and width of leaves, diameter of pineapple, length and weight of root, fresh biomass; and the



quality variable: total soluble solids. The environmental temperature was higher in the greenhouse. In the field, the highest relative humidity and photosynthetically active and integrated radiation was registered. The plants maintained in the greenhouse and with nutrient solution reached the highest growth values, while the highest content of soluble solids was obtained in plants maintained in the field and with the application of a nutritive solution. Intensive management of *A. potatorum* in greenhouse can be an option to increase the plant growth and shorten the growing cycle.

Index words: Fertilization, Maguey tobalá, wild Agave.

INTRODUCCIÓN

El 60 % de la República Mexicana, corresponde a regiones con zonas áridas y semiáridas, con características de escasa precipitación, suelos pedregosos de baja fertilidad y terrenos con pendientes pronunciadas (INEGI, 2005), en donde crecen y se desarrollan especies vegetales xerofitas como cactáceas y agaves. Estos últimos han tenido y tienen una gran importancia económica y cultural como fuente de alimentos, bebidas, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras, abono, construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas, entre otros usos (García-Mendoza, 2012), además, poseen características que los diferencian de otras especies vegetales como tolerancia a la sequía y capacidad de resistir a la deshidratación (Nobel, 1998). De acuerdo a la CONABIO (2006), existen 159 especies de agave, distribuidos en todo el territorio mexicano, lo cual representa el 75 % de las especies de Agave en el mundo y de estas 125 son potencialmente útiles para la extracción de mezcal (Palma-López *et al.*, 2016).

Para Oaxaca en el año 2015 se reportaron 18 150 ha sembradas con Agave, principalmente *Agave angustifolia* Haw., regionalmente conocido como “espadín” por la forma de sus hojas (COMERCAM, 2015). En los últimos cinco años, la industria tequilera de Jalisco y mezcalera de Oaxaca, han tenido una fuerte demanda mundial de sus respectivos productos, la cual ha provocado escasez de materia prima, esto ha ocasionado que en Oaxaca, los destiladores artesanales de mezcal de las zonas serranas utilicen como sustitutos diversas especies silvestres, entre las que destaca *A. potatorum* Zucc., de quien se obtiene el mezcal “tobala” apreciado por su elevada proporción de compuestos aromáticos volátiles, alta calidad y propiedades organolépticas que son características inherentes a su especie (Molina-Guerrero *et al.*, 2007; Vera-Guzmán *et al.*, 2010). *A. potatorum* crece y se reproduce, en suelos poco fértiles, erosionados, pedregosos, con pendientes pronunciadas y sin aporte externo de nutrimentos y agua, al ser una planta CAM, optimiza al máximo el agua de lluvia y los pocos nutrientes que contiene el suelo para lograr su crecimiento y fructificación el cual es muy lento.

El manejo de la nutrición de los cultivos está dirigido a modificar el régimen nutrimental de las plantas y a mejorar la capacidad y fertilidad del suelo, para aumentar el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Garate y Bonilla, 2008). Existen pocos estudios relacionados a la fertilización de los Agaves, estos se concentran en *A. tequilana* Weber principalmente para las zonas productoras de Jalisco (Mendoza, 1999). Para *A. angustifolia* y especies silvestres del sur



de México; como Oaxaca, los estudios son incipientes e indican que tanto *A. angustifolia* como *A. potatorum* aceleran su crecimiento, aumentan el diámetro y número de hojas y la biomasa, al ser trasplantados en suelos con materia orgánica y aplicación altas de NPK (Martínez-Ramírez *et al.*, 2013). Las prácticas comúnmente reportadas son aplicaciones empíricas de abonos orgánicos como el estiércol bovino, algunos residuos de la agroindustria del mezcal como el bagazo, entre otros, aportes que proporcionan algunos beneficios nutrimentales al suelo y a las plantas, sin embargo su manejo no es el adecuado, debido a que no se incorporan cantidades basadas en análisis del suelo o del abono en congruencia con la fenología de la planta. El presente trabajo tuvo como objetivo la aplicación de diferentes soluciones nutritivas y evaluar su efecto en el crecimiento y calidad de plantas jóvenes de *Agave potatorum* Zucc., establecidos en suelo e invernadero y campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Agave potatorum Zucc.

Se utilizaron plantas de *Agave potatorum* Zucc. de seis meses adquiridas en un vivero de la Sierra Sur de Oaxaca, con altura promedio de 15 cm, a quienes se les podó las raíces y aplicó caldo bordelés (cal + cobre) para la prevención de enfermedades fúngicas y fueron colocadas bajo sombra durante ocho días para su cicatrización y posterior trasplante en suelo en invernadero y campo, con una densidad de 0.3 plantas·m⁻².

Establecimiento del experimento

El trabajo se realizó en campos experimentales del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN-OAXACA), ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán (17° 1' 31" N, 96° 43' 11" O y 1530 msnm). Se utilizó un invernadero tipo túnel de 30 × 8 × 5 m de largo, ancho y alto respectivamente, con cubierta de polietileno blanco de 200 µm de espesor.

Para el cultivo en campo se utilizó un terreno agrícola contiguo al invernadero. Al suelo se le determinaron sus propiedades físicas de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000) y los resultados fueron: textura arenosa con 91 % arena, 2.7 % limo y 6.3 % arcilla, densidad aparente de 1.55 g·cm⁻³, capacidad de campo y punto de marchitez de 8.5 y 3.5 % respectivamente, infiltración básica de 6.3 cm·h⁻¹, pH 7.6, materia orgánica 1.6 %, CE del extracto de saturación de 1.2 dS·m⁻¹ y 92, 142, 4318, 350 y 253 mg·kg⁻¹ de P, K, Ca, Mg y SO₄ extractables respectivamente y 4 mg·kg⁻¹ de N-NO₃.

Tratamientos y diseño experimental

Los riegos se realizaron cada 8 días, durante el primer mes se aplicó únicamente agua, debido a que en esta etapa las plantas estaban generando nuevas raíces, posteriormente se inició con la aplicación de la solución nutritiva, a cada planta se le aplicó semanalmente de forma manual un



litro de solución nutritiva basada en la formulación de Steiner (1984) y preparada con fertilizantes solubles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de macronutrientes basados en la solución universal de Steiner (1984).

Nutrientes	100 %	75 %	50 %	25 %
	(mg·L ⁻¹)			
Nitratos (NO ₃ ⁻)	736.82	552.42	386.28	184.20
Fósforo (HP ₄)	30.60	22.99	15.30	7.65
Potasio (K ⁺)	279.74	209.80	139.87	69.93
Magnesio (Mg ⁺⁺)	49.08	36.81	24.54	12.27
Calcio (Ca ⁺⁺)	182.37	136.73	91.18	45.59
Azufre (SO ₄ ⁻)	112.07	84.05	56.03	28.01

Los tratamientos fueron: dos ambientes (invernadero y campo) y cuatro concentraciones derivadas de la solución nutritiva Universal de Steiner (25, 50, 75 y 100%) y como testigo sin solución nutritiva. La unidad experimental fueron tres plantas, con diez repeticiones cada una y se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2 × 4.

Temperatura, Humedad Relativa y Radiación fotosintéticamente activa e Integrada

La temperatura (°C) y humedad relativa (%) en el interior del invernadero y en campo se registró cada 5 min con un Datalogger U23-001 (HOBO[®] Pro v2 Temp/RH, USA). La Radiación Fotosintéticamente Activa RFA (μmol·m⁻²·s⁻¹) se registró tres veces por mes, durante todo el año, en días soleados, las lecturas se realizaron cada hora entre las 8:00 y 18:00, con un sensor cuántico LI-191SA[®] (LI-COR, EEUU). Con los valores promedio por hora de la RFA se calculó la Radiación Fotosintéticamente Activa Integrada (RFAI, mol·m⁻²·dia⁻¹) de acuerdo a Faust (2002) y Chang *et al.* (2008).

Variables de crecimiento

La datos se obtuvieron 12 meses de edad, posteriores al trasplante, y fueron: altura de planta (AP): se midió a partir de la base del tallo en línea recta hasta la parte más alta de la planta, se hizo manualmente con un flexómetro; número de hojas (NH): cuantificando todas las hojas que se encontraban desplegadas del cogollo o piña; ancho de hojas (AH: se midió en la parte media de las hoja más anchas y se etiqueto para su seguimiento, diámetro de tallo o piña (DT): se midió en la parte más ancha de la piña y se realizó con un vernier digital; longitud y peso fresco de raíz y biomasa (LR, PFR y PFB): se realizó con un flexómetro y una balanza digital (OHAUS[®]) respectivamente. El contenido de sólidos solubles totales (SST) se determinó en tres partes de la piña, con un refractómetro digital (HI 96801, HANNA Instruments[®]).



Análisis de datos

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por Tukey, para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS software versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura, Humedad relativa y Radiación Fotosintéticamente Activa e Integrada

Durante el periodo de evaluación de *A. potatorum*, la temperatura, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa e integrada del invernadero y campo fueron significativamente diferentes (Cuadro 2). La mayor temperatura ambiental promedio se tuvo en el invernadero (22.5 °C), superando en un 14 % al campo, la humedad relativa fue menor en el invernadero (55 %), superado en un 8 % por el campo. Estos valores podrían no representar diferencias en el crecimiento del cultivo debido a la adaptación a amplios rangos de temperatura y humedad relativa por el metabolismo que presentan estas especies.

Cuadro 2. Parámetros climáticos en invernadero y campo en donde se cultivaron plantas jóvenes de *A. potatorum* Zucc.

Ambientes	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	RFA ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	RFAI ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$)
Invernadero	22.50 a*	55.20 b	855.46 b	31.20 b
Campo	19.75 b	59.62 a	1205.29 a	43.40 a

Promedios de 36 mediciones durante el ciclo de cultivo. *Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, ≤ 0.05). RFA y RFAI: Radiación Fotosintéticamente Activa e Integrada, respectivamente.

Las plantas establecidas en campo recibieron 40 % y 39 % más radiación fotosintéticamente activa e integrada respectivamente, respecto a las establecidas en invernadero. La RFA y RFAI recibida por las plantas fue superior a los requerimientos de cultivos demandantes de radiación como el tomate (*Solanum lycopersicum*) que es de 30 a 35 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ (Hernández and Kubota, 2014).

El análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa en los factores evaluados y en la interacción para la mayoría de los parámetros (Cuadro 3). Para el factor ambiente (invernadero y campo), todas las variables mostraron diferencias estadísticas significativas y altamente significativas. La solución nutritiva y la interacción de los factores tuvieron efecto significativo para la altura de planta, ancho y largo de las hojas.



Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de plantas de *A. potatorum* establecidas en campo e invernadero fertirrigadas a diferentes porcentajes de solución nutritiva.

Fuente de variación	Cuadrados medios			
	Altura de planta	Número de hojas	Ancho de hoja	Longitud de hojas
Ambiente (SP)	119.46***	25.00*	99.40***	38.52***
Solución nutritiva (SN)	18.12*	3.90 NS	1.40***	5.64*
SP [×] SN	19.84**	2.70 NS	14.18***	7.08*

NS, *, ** y ***: No significativo, significativo, altamente y muy altamente significativo, respectivamente.

Variables de crecimiento

La altura de planta, el número, ancho y longitud de hojas, longitud y peso fresco de raíz tuvieron los mayores valores en las plantas establecidas en invernadero, superando en un 8, 6, 21, 16, 10 y 51 % a las plantas cultivadas en campo (Tabla 4). La aplicación de solución nutritiva Steiner incrementó la altura de las plantas, sin embargo, la mayor altura se obtuvo al 50 % de concentración, superando en un 13 % al testigo.

El número de hojas no tuvo un comportamiento definido como respuesta a la aplicación de solución nutritiva, este comportamiento es similar a lo reportado por Martínez *et al.* (2013) quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas en el número de hojas en *A. potatorum* al evaluar diferentes dosis de Nitrógeno. Sin embargo, Barrios-Ayala *et al.* (2006), encontraron que la aplicación de fertilización química incrementó en un 12 % el número de hojas en plantas de *A. angustifolia*, este resultado se debe a la aplicación de nitrógeno, que es el responsable del crecimiento vegetativo de las plantas.

En invernadero, las plantas tuvieron el mayor ancho de hojas con la aplicación de 50 % de solución nutritiva, superando en un 38 % a las plantas testigo, en campo la aplicación de solución nutritiva incrementó el ancho de hojas con respecto a las plantas testigo, los mayores valores fueron para las concentraciones de 25 y 75 %.

Según Granados (1999) y García-Mendoza (2002), el número y ancho de las hojas son un indicador básico del crecimiento y rendimiento del maguey, debido a que definen el tamaño de la “piña”. A partir del 50% de concentración de la solución nutritiva las plantas establecidas en invernadero tuvieron la mayor longitud de hojas con diferencias estadísticas significativas incluyendo al testigo, en campo no se tuvo un comportamiento definido. En algunas variables, los resultados no muestran un comportamiento definido al factor ambiente o solución nutritiva, esto puede deberse a la variabilidad genética existente en esta especie debido a que la semilla fue recolectada del campo sin tener un control de los progenitores.



Tabla 4. Crecimiento de plantas de *A. potatorum* Zucc. en invernadero y campo y fertirrigadas con diferentes concentraciones de elementos nutritivos.

% de solución nutritiva	Altura de planta (cm)		Número de hojas		Ancho de hoja (cm)		Longitud de hoja (cm)	
	Invernadero	Campo	Invernadero	Campo	Invernadero	Campo	Invernadero	Campo
0	21.65 b A	22.70 ab A	16.1 ab A	15.00 a A	9.10 b A	7.60 c B	18.00 c A	18.4 a A
25	24.45 a A	21.75 b B	16.6 ab A	16.00 a A	9.20 b A	8.60 ab A	20.00 b A	17.4 a B
50	26.65 a A	20.95 b B	17.10 a A	15.60 a B	12.60 a A	8.20 bc B	22.10 a A	15.6 b B
75	25.3 a A	24.00 a A	15.90 b A	15.90 a A	9.30 b A	9.20 a A	20.30 ab A	18.1 a B
100	25.2 a A	22.92 ab A	17.60 a A	15.80 a B	10.40 b A	8.20 bc B	20.70 ab A	17.2 a B
Media	24.29	22.46	16.66	15.66	10.12	8.36	20.22	17.34
	Longitud de raíz (cm)		Peso fresco de raíz (g)		Biomasa fresca (kg.planta ⁻¹)			
0	70.00 a A*	50.00 c B	375 a A	155 c B	1.48 c B	1.77 c A		
25	60.00 b A	48.50 c B	210 b A	200 a B	2.48 a B	3.09 a A		
50	68.00 a A	64.50 b A	225 b A	195 a B	2.44 a A	1.94 c B		
75	61.50 a A	72.00 a A	340 a A	165 bc B	2.32 ab B	2.57 b A		
100	58.50 c A	52.00 c A	200 b A	175 b B	2.23 b A	1.64 c B		
Media	63.60	57.40	270	178	2.19	2.20		

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, ≤ 0.05). Letras minúsculas se analizan de manera vertical y letras mayúsculas de manera horizontal.

Las plantas establecidas en invernadero y fertirrigadas al 100 % de la solución nutritiva tuvieron la menor longitud de raíz en invernadero (19 %), con respecto al testigo, este comportamiento puede deberse a que cuando las plantas tienen agua y nutrientes en cantidades suficientes y cercanos al área de la base del tallo, estos no propician el crecimiento de raíces para la intercepción de agua y nutrientes. En campo, la longitud y peso fresco de raíz no tuvo un comportamiento determinado. En invernadero, el testigo tuvo menor biomasa fresca de planta superada por al menos el 60 % por el resto de los tratamientos. En campo, aunque la biomasa fresca fue menor en el testigo, la aplicación de solución nutritiva no tuvo una tendencia definida. Estos resultados indican que existe diferencia en acumulación de biomasa por la aplicación de solución nutritiva, el cual contiene Nitrógeno, al respecto Uvalle *et al.* (2007), menciona que el menor contenido de Nitrógeno, disminuye el desarrollo del sistema radical y el crecimiento y acumulación de biomasa de la planta.

Diámetro de la piña de Agave y sólidos solubles totales

El diámetro de la piña fue 6% superior en las plantas establecidas en el invernadero con respecto a campo. En invernadero el menor diámetro de piña fue para las plantas sin solución nutritiva, en campo, los mayores valores fueron para la aplicación de solución nutritiva al 25 y 50 % (Figura 1a). Valenzuela y González (1995) trasplantaron plántulas de 1 año de edad y encontraron que la aplicación de 120 kg de nitrógeno propicia un mayor crecimiento de la cabeza de piñas en *A. tequilana* a los 6 meses después de la fertilización y a los 18 meses después del trasplante se duplicó el rendimiento con respecto al testigo.



El contenido de sólidos solubles totales fue mayor en las plantas establecidas en invernadero, en promedio 50 % con respecto a campo (Figura 1b). Las plantas establecidas en el invernadero, disminuyeron el contenido de sólidos solubles al incrementar la concentración de la solución nutritiva, sin embargo, en campo, el contenido de sólidos solubles totales incrementaron con la aplicación de solución nutritiva. Barrios-Ayala *et al.* (2006), aplicando fertilización química encontraron mayor contenido de grados °Brix (7.6) con respecto a plantas sin fertilizar (7.3).

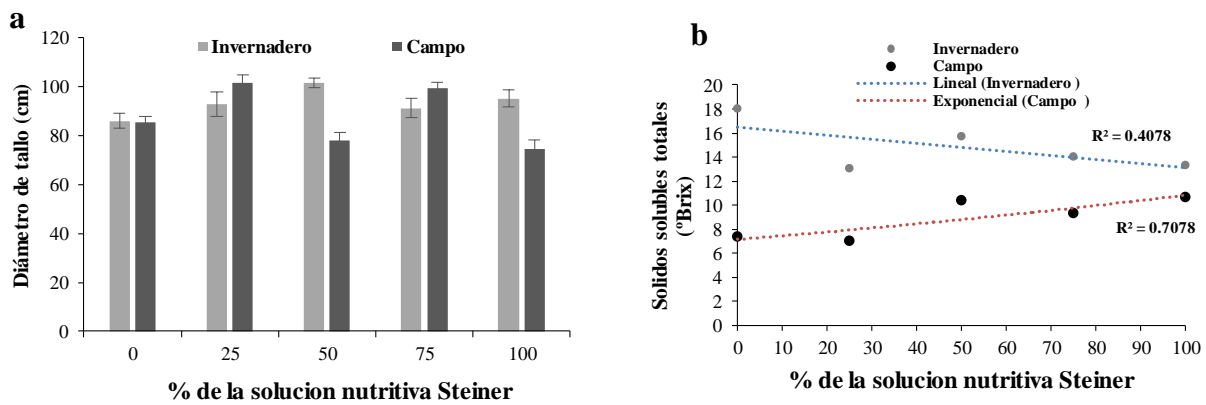


Figura 1. a) Diámetro de tallo de plantas de *A. potatorum* y b) Contenido de sólidos solubles totales en plantas de *A. potatorum* fertirrigadas con diferentes porcentajes de solución nutritiva establecidas en invernadero y campo.

CONCLUSIONES

Durante un año de cultivo en invernadero de plantas jóvenes de *A. potatorum* Zucc. se incrementó la altura, número, ancho y longitud de hojas, longitud, peso fresco de raíz y biomasa, en comparación a las cultivadas en campo y sin solución nutritiva. El contenido de sólidos solubles totales tuvo la tendencia a disminuir al incrementar la concentración de la solución nutritiva en las plantas cultivadas en invernadero, en campo el comportamiento es inverso. Por lo tanto, el manejo intensivo de *A. potatorum* puede ser una alternativa para acelerar su crecimiento y posiblemente disminuir el tiempo de cosecha de la piñas del Agave.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado al proyecto SIP-20160437.



LITERATURA CITADA

- Barrios Ayala, A. R., F. Ariza, J. M. M. Molina, H. P. Espinosa y E. M. Bravo. 2006. Manejo de la fertilización de magueyes mezcaleros cultivados (*Agave* spp) de Guerrero. Iguala, Gro., México. Folleto Técnico Núm. 13. INIFAP. Campo Experimental Iguala. 48 p.
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM). 2015. Informe de actividades.
- Chang X., P. G. Alderson and C. J. Wright. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environment Experimental Botanical* 63: 216-223.
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 2006. México, D.F.
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 - Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. (Consultado 10/02/2016), Disponible en < http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002>.
- Faust J. E. 2002. Light Management in Greenhouses. I. Daily Light Integral: A Useful Tool for the U.S. Floriculture Industry. (Consultado 27/03/2017), Disponible en <<http://www.specmeters.com/assets/1/7/A051.pdf>>
- Garate, A. y E. I. Bonilla. 2008. Nutrición mineral y producción vegetal. pp. 143-164. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ª. ed. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.*
- García-Mendoza, A. 2002. Distribution of agave (*Agavaceae*) in México. *Cactus and Succulent Journal* 74(4): 177-187.
- García-Mendoza, A. J. 2012. México, país de magueyes y mezcales. *Tecno Agave* 2(17): 22-24.
- Granados, S. D. 1999. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 252 p.
- Hernández, R. and C. Kubota. 2014. Growth and morphological response of cucumber seedlings to supplemental red and blue photon flux ratios under varied solar daily light. *Scientia Horticulturae* 173: 92-99.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). 2016. (Consultado: 20/05/2017), disponible en: <<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx?tema=T/#>>.
- Martínez, P. M. y R. L. Tico. 1974. *Agricultura Práctica*. Editorial Ramón Sopena S. A., España. 680 p.
- Martínez-Ramírez, S., A. Trinidad-Santos, G. Bautista-Sánchez y E. C. Pedro-Santos. 2013. Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(4): 387-393.
- Mendoza, G. 1999. AGROSEM. Plantaciones modernas. Transferencia de Tecnología en el Cultivo del Agave. Oct-Dic. 1999. Año 4. No. 4 Guadalajara, Jalisco, México. p: 23-32.
- Molina-Guerrero, J.A., J. E. Botello-Álvarez, A. Estrada-Baltazar, J. L. Navarrete-Bolaños, H. Jiménez-Islas, M. Cárdenas-Manríquez y R. Rico-Martínez. 2007. Compuestos volátiles en el Mezcal. *Revista Mexicana Ingeniería Química* 6: 41-50.



- Nóbel, P. S., E. Quero and H. Linares. 1988. Differential growth responses of agaves to nitrogen, phosphorus, potassium, and boron applications. *Journal of Plant Nutrition* 11(12): 1683-1700.
- Nóbel, P. S. and E. G. Bobich. 2002. Initial net CO uptake responses and root growth for a CAM communities placed in a closed environment. *Annals of Botany* 90(5): 593- 598.
- Palma, C. F. de J. 1991. El género *Agave L.* y su distribución en el estado de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UNAM, México, DF. 161 p.
- Palma F., P. Pérez y V. Meza. 2016. Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca.
- Sánchez, L. A. 2005. Oaxaca, Tierra de Maguey y Mezcal. 2^a ed. Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. México. pp. 235-312.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp. 633-650.
- Uvalle, B. y C. G. Vélez. 2007. Nutrición del agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul). pp. 69-88. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Libro Técnico Núm. 4.
- Valenzuela, Z. A. y D. R. E. González. 1995. Fertilización de agave tequilero (*A. tequiliana* Weber) en la región de Tequila, Jalisco, México. Ensayo de una metodología para analizar crecimiento en cultivos multianuales mediante una técnica no destructiva. *Terra* 13(1): 81- 95.
- Vera-Guzmán A. M., R. I. Guzmán-Gerónimo and M. G. López. 2010. Major and Minor Compounds in a Mexican Spirit, Young Mezcal Coming from Two *Agave* Species. *Czech Journal of Food Science* 28(2): 127-132.