

**EFFECTO DEL DÉFICIT DE PRESIÓN DE VAPOR EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Agave potatorum* Zucc. BAJO AMBIENTE CONTROLADO Y EN CAMPO**  
***EFFECT OF THE STEAM PRESSURE DEFICIT IN THE GROWTH OF PLANTS OF *Agave potatorum* Zucc. LOW CONTROLLED AND FIELD ENVIRONMENT***

**Autores:** Cirenio Escamirosa Tinoco

Dora Lilia Guzmán Cruz

Lucia Armin Langlé Argüello

**Institución:** CIIDIR-IPN-Oaxaca

**Correo electrónico:** [cescamirosa@ipn.mx](mailto:cescamirosa@ipn.mx)

**RESUMEN**

El *Agave potatorum* Zucc es una especie silvestre de la que se obtiene el mezcal tobalá, que por su sabor es altamente demandado. Tradicionalmente los productores artesanales de mezcal recolectan las plantas de poblaciones silvestres, debido a que deben recorrer distancias cada vez más grandes para recolectarlas, éstos han comenzado la reproducción y cultivo de ésta especie. Aún se desconocen sus requerimientos ambientales, por esta razón el objetivo de esta investigación fue comparar el crecimiento de plantas de *A. potatorum* bajo ambiente controlado y en campo, mediante el monitoreo del microclima de los invernaderos por medio del Déficit de Presión de Vapor (DPV) medio diurno en ambos ambientes. Para el monitoreo de los parámetros de Temperatura (T) y Humedad Relativa (RH) se colocaron en el interior del invernadero y en campo cuatro sensores Hobo Pro V2 Logger y a partir de los datos obtenidos se determinó el DPV. El crecimiento de las plantas se evaluó en dos fechas, obteniendo las variables: altura de planta (cm), número de hojas y diámetro de roseta (cm). El DPV fue significativamente mayor dentro del invernadero en comparación con los valores obtenidos en campo. En el mismo periodo de tiempo, el crecimiento de las plantas de *A. potatorum* fue mayor dentro del invernadero, mientras que las plantas de campo mostraron un crecimiento lento, lo que muestra una influencia del ambiente en su

crecimiento.

**Palabras clave:** Maguey tobalá, Invernadero, Déficit de presión de vapor.

## ABSTRACT

*Agave potatorum* Zucc. It is a wild species from which the Tosalá mescal is obtained, which is highly demanded because of its taste. Traditionally artisanal mezcal producers harvested plants from wild populations; however, because they must travel increasingly larger distances to collect them, they have started the breeding and cultivation of this species. However, their environmental requirements are still unknown. For this reason, the objective of this research was to compare the growth of *A. potatorum* plants under controlled environment and field by monitoring the microclimate through daytime average Vapor Pressure Deficit (VPD) in both environments. For monitoring temperature (T) and relative humidity (RH) parameters, there were placed in the greenhouse and field four sensors Hobo Logger Pro V2 and from the data obtained VPD was determined. The overall growth of *A. potatorum* plants was higher in the greenhouse, while field plants showed slower growth in the same period, which shows an environment influence on its growth.

**Keywords:** Maguey tobalá, Greenhouse, Vapor Pressure Deficit.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del Agave mezcalero (*Agave* spp.) tiene una gran importancia cultural, económica y ambiental en México, porque desde tiempos prehispánicos se han utilizado para la obtención de bebidas, alimentos, cuerdas, forrajes, madera y medicamentos. (García-Herrera *et al.*, 2010). Debido a su metabolismo CAM, estas plantas se han adaptado a una amplia variedad de climas y ecosistemas, desde climas extremos como los desiertos, hasta bosques templados. En la actualidad, muy pocas especies son cultivadas en México, sobresaliendo las especies *Agave tequilana* Weber en Jalisco y *Agave angustifolia* Haw en Oaxaca para la elaboración de tequila y mezcal respectivamente.

En el estado de Oaxaca, la industria del mezcal es una de las más importantes, generando anualmente más de 60,000 empleos. En el año 1999 el Primer Censo de la

Industria del Mezcal reportó una superficie cultivada con plantas de especies de Agave de 15,503 ha. distribuidas en 256 comunidades dentro de un polígono donde se localizan los distritos de Yautepec, Ejutla, Zimatlán, Ocotlán, Sola de Vega, Miahuatlán y Tlacolula. En éstos distritos se localizan comunidades de alta y muy alta marginación cuyos pobladores obtienen una gran proporción de sus ingresos en el cultivo del agave y en caso de contar con un palenque, en la venta del mezcal.

En los últimos años y debido a la creciente demanda del tequila a nivel nacional e internacional, la industria tequilera del occidente de México, principalmente de Jalisco, ha recurrido a la compra de piñas de *A. angustifolia* del estado de Oaxaca sin importar la edad o el tamaño de las mismas. Esta demanda ha hecho que la materia prima para la producción de mezcal disminuya considerablemente obligando a los pequeños productores artesanales recolectar especies silvestres de agave como el papalomé o tobalá (*A. potatorum*), el mexicano (*A. rhodacantha*), el tepeztate (*A. marmorata*) entre otros, lo que puede llevar a futuro a la eventual extinción local de dichas especies silvestres (Chagoya-Méndez, 2004).

El *Agave potatorum* Zucc es una especie silvestre que se encuentra asociada a la selva baja caducifolia y del que se obtiene el mezcal tobalá, que por su sabor es altamente demandado (Martínez-Ramírez *et al.*, 2013). Hasta hace cinco años su producción dependía exclusivamente de plantas silvestres recolectadas de regiones serranas. Debido a que los productores artesanales de mezcal debían recorrer distancias cada vez más grandes para recolectar las piñas de *A. potatorum*, éstos han comenzado a reproducir y cultivar dicha especie en diversas comunidades de la Región Mixteca – Zapoteca. En el 2015 se realizó un censo en las comunidades de Infiernillo San Francisco, San Miguel Piedras, Chidoco, Río Minas y San José Río Minas de los distritos de Zaachila, Zimatlan y Nochixtlan, encontrando 29 ha cultivadas con *A. potatorum*, con una producción estimada de mezcal de 26,000 litros anuales.

Aún se desconocen aspectos elementales de manejo del cultivo, por lo que es necesario realizar investigaciones que lleven a conocer los requerimientos nutrimentales y ambientales del *A. potatorum* utilizando técnicas modernas como el cultivo sin suelo y los invernaderos, con la finalidad de cultivarlo eficientemente en campo y en su caso, intensivamente en ambientes protegidos y de esta manera aprovechar y conservar este

recurso nativo de México de una forma sustentable.

Por esta razón, el objetivo de este trabajo es comparar el crecimiento de plantas de *Agave potatorum* Zucc bajo ambiente controlado y en campo, mediante el monitoreo del microclima de los invernaderos por medio del déficit de presión de vapor (dpv) medio diurno en ambos ambientes.

Bajo el nombre de *Agave potatorum* Zucc se encuentra un número altamente variable de plantas que crecen en los estados de Oaxaca y Puebla, aunque García-Mendoza (2010) delimita a *A. potatorum* con las siguientes características principales: Plantas perennes, solitarias, rara vez con 1-3 hijuelos, con rosetas compactas de 30-50 cm de alto y 40-60 cm de diámetro. Constando de 30-60 hojas por planta de 15-35 cm de largo y 8-10 cm de ancho. Florece de fines de agosto a noviembre y fructifica de noviembre a marzo, desarrollándose en sitios planos o con poca pendiente, sobre suelos arenosos derivados de rocas calizas, en un intervalo altitudinal que va de los 1300 a 2400 msnm, en climas áridos y semiáridos. Se distribuye desde el extremo oriental de la cuenca del río Balsas, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, hasta el pie de monte de las sierras Mixtecas y montañas que rodean los Valles Centrales de Oaxaca (García-Mendoza, 2010).

El *A. potatorum* es una planta que florece una única vez y muere y hasta ahora no se ha registrado ningún tipo de reproducción asexual en ésta planta (exceptuando el cultivo in vitro), por lo que su supervivencia depende totalmente de la polinización (Scheinvar, 2008). Una planta de *A. potatorum* tarda de 6 a 8 años en alcanzar la madurez reproductiva, que es el momento en que la cantidad de azúcares almacenados en su tallo llega a su máximo punto (Illsey *et al.*, 2005).

Pérez-Negrón y Casas (2007) identificaron diferentes usos que se le da al *A. potatorum*, entre ellos: para leña, control de erosión del suelo, valla viva, alimento (flores) y principalmente para la elaboración de mezcal. Dado que varios de estos usos están relacionados con el momento de su reproducción, los autores identificaron a ésta especie como uno de los recursos con mayor riesgo para su conservación.

El Déficit de Presión del Vapor (DPV) es la diferencia (déficit) entre la cantidad de agua en el aire (en forma de vapor) y la cantidad de humedad que puede acomodar cuando está saturado de agua (vapor), por lo que es una manera útil de medir el clima de un invernadero. El DPV puede utilizarse para evaluar las necesidades ambientales de un

cultivo bajo invernadero ya que permite identificar las condiciones de humedad en el aire óptimas para el crecimiento adecuado de la planta (Escamirosa *et al*, 2014).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente experimento fue llevado a cabo en el Campo Experimental del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN-OAXACA), localizado en el Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, utilizándose una estructura de invernadero tipo multitunel, orientado Este–Oeste. Las plantas evaluadas en campo estaban ubicadas en una parcela de la comunidad Infiernillo San Francisco perteneciente al municipio San Antonio Huitepec, Oaxaca.

Para el monitoreo de los parámetros microclimáticos de Temperatura (T) y Humedad Relativa (RH) se colocaron en el interior del invernadero y en la parcela en campo, dos sensores Hobo Pro V2 Logger a una altura de 60 cm desde el suelo y alojados dentro de una caja de madera para protegerlos del sobrecalentamiento para evitar alteraciones en el registro de datos. Los sensores se programaron para registrar datos de T y RH con intervalos de medición de 5 minutos. El sensor de temperatura operó con un rango de -40° a 70° C y precisión de 0.2° C para el intervalo de 0 a 50° C y resolución de 0.02° C a 25°C. El sensor de humedad relativa operó con un rango de 0 a 100% HR, -40° a 70° C, con precisión de ±2.5% de 10 a 90% de humedad y resolución de 0.03%.

A partir de los registros de T y RH de los sensores, se obtuvieron las medias, diurnas y nocturnas de la Temperatura (° C) y Humedad Relativa (%), datos con los que se determinó el Déficit de Presión de Vapor mediante la ecuación de Rosenberg *et al*, (1983).

$$DPV = 0.61078 \exp \left[ \left( \frac{17.269 \times T}{T + 237.3} \right) \times \left( 1 + \frac{HR}{100} \right) \right]$$

Dónde:

DPV= Déficit de Presión de Vapor (kPa)

T= Temperatura Media (°C)

HR= Humedad Relativa Media (%).

Las plantas que se encontraban dentro del invernadero contaban con un año de edad y las de campo con tres años de edad al iniciar el monitoreo de los parámetros microclimáticos de temperatura y humedad, el cual se llevó a cabo durante 12 meses.

El diseño experimental quedó constituido por tres tratamientos completamente al azar con 10 repeticiones y una planta como unidad experimental. Dichos tratamientos consistieron en: a) plantas dentro del invernadero cultivadas en suelo, b) plantas dentro del invernadero cultivadas en sustrato perlita y c) plantas cultivadas en campo.

El crecimiento de las plantas se evaluó realizando mediciones de la altura de planta (cm), número de hojas y diámetro de roseta (cm) con cinta métrica flexible de 120 cm de longitud al inicio y final del monitoreo ambiental.

En base a los datos de altura de planta, se determinó la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) con la fórmula de Hunt (1978) modificada:

$$TRC = \frac{(\ln A_2) - (\ln A_1)}{T_2 - T_1}$$

Donde:

TRC= Tasa Relativa de Crecimiento (cm mes<sup>-1</sup>)

A<sub>1</sub>= Altura inicial (cm)

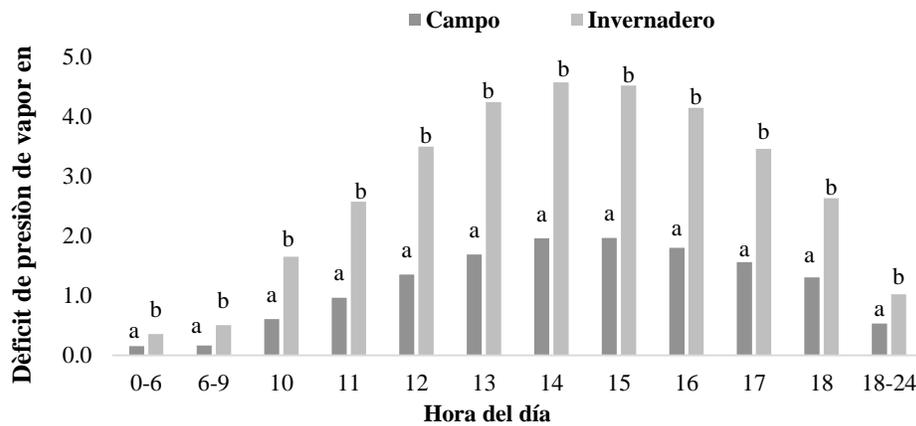
A<sub>2</sub>= Altura final (cm)

T<sub>1</sub>= Tiempo inicial (meses)

T<sub>2</sub>= Tiempo final (meses)

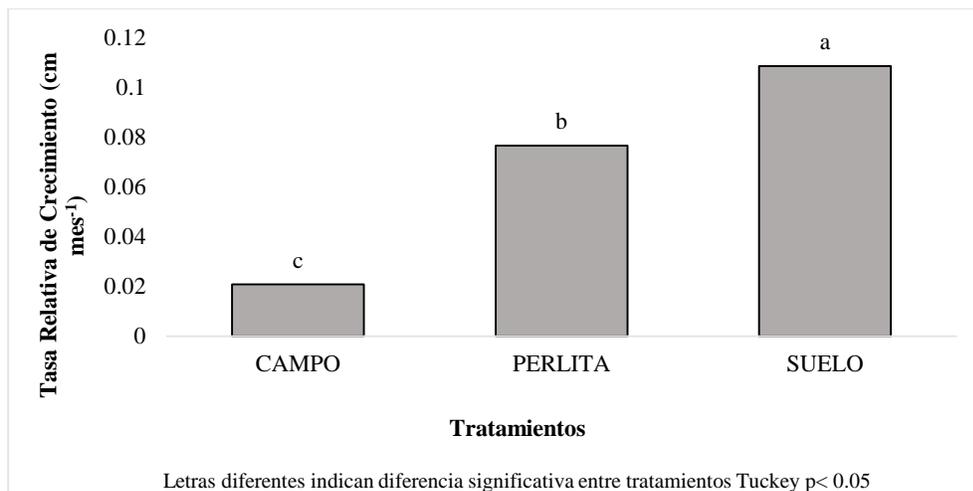
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas en el Déficit de Presión de Vapor (DPV) entre campo e invernadero (Figura 1), siendo superior a través de todo el día los valores medios encontrados dentro del invernadero.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tuckey  $p < 0.05$ )

Figura 1. Valores promedio del Déficit de Presión de Vapor obtenidos en campo y dentro de invernadero a través del día.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos Tuckey  $p < 0.05$

Figura 2. Tasa Relativa de Crecimiento (cm mes<sup>-1</sup>) de plantas de *A. potatorum* cultivadas en campo, así como dentro de invernadero en sustrato perlita y suelo.



Figura 3. Plantas de *A. potatorum* en: a) Campo, b) Invernadero en sustrato perlita, c) Invernadero en suelo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que las plantas cultivadas en los invernaderos con sustratos de perlita y suelo presentan un crecimiento superior a las cultivadas en campo lo que dejan ver que la deficiencia de presión de vapor también incide en este crecimiento todo este demostrando el valor científico pues la reproducción de estas plantas es muy difícil en condiciones normales.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

CHAGOYA MÉNDEZ, V. M.: *Diagnóstico de la cadena productiva del sistema producto maguey-mezcal*, SAGARPA, Oaxaca, 2004.

- GARCÍA-HERRERA, J. E.; MÉNDEZ GALLEGOS, S. DE J. Y TALAVERA MAGAÑA, D.: «El género *Agave* spp. en México: Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica», en *Revista Salud Pública y Nutrición*, 5: 109-129, 2010.
- GARCÍA-MENDOZA, A.J.: «Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (*Agavaceae*): nuevos taxa y neotipificación», en *Acta Botánica Mexicana*, 91: 71-93, 2010.
- ESCAMIROSA TINOCO, C.; MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, G.A.; GUZMÁN CRUZ, D. L.: «Efecto del déficit de presión de vapor en la producción de tomate de cáscara bajo invernadero» en *Innovación, Tecnología y Educación*, pp. 870-878, Ediciones Ilcsa, Tijuana, B.C., 2014. Disponible en <http://www.civitec.com.mx/documentos/civitec2014/Tomo%205.pdf>. Visitado el 01 de octubre de 2016.
- HUNT, R.: *Plant Growth Analysis*, Ed. E. Arnold, London, 96 p, 1978.
- ILLSLEY, G. C., GÓMEZ, A. T.; RIVERA, G.; MORALES, M. M DEL P.; GARCÍA, B.J.; OJEDA, S.A.; CALZADA, R.M. Y MANCILLA, N.S.: «Conservación in situ y manejo campesino de magueyes mezcaleros», Grupo de Estudios Ambientales AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V028, México D. F, 2005.
- MARTÍNEZ RAMÍREZ, S., A.; TRINIDAD SANTOS, G.; BAUTISTA-SÁNCHEZ Y PEDRO SANTOS, C.E.: «Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización», en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4): 387-393, 2013.
- PÉREZ NEGRÓN, E. Y CASAS, A.: «Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacan-Cuicatlán Valley, México: The case of Santiago Quiotepec, Oaxaca», en *Journal of Arid Environments*, 70(2): 356-379, 2007.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L. Y VERMA, S.B.: *Microclimate: The biological environment*, 2nd. ed. John Wiley and Sons, USA., pp. 495, 1983.
- SCHEINVAR G. E.: *Genética de poblaciones silvestres y cultivadas de dos especies mezcaleras: Agave cupreata y Agave potatorum*, Tesis de maestría, Instituto de Ecología UNAM, pp. 109, 2008.