

Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca

ISSN: 2594-0171



Diseño: Paulo Nava Arellanes

Editor en Jefe

Dr. Sadoth Sandoval Torres

Editores AsociadosDr. Isidro Morales García
Dr. Gabino A. Martínez Gutiérrez
Dr. Carlos Espinoza Nájera
Dr. Pastor Teodoro Matadamas Ortiz**Responsables de la Edición**M. en. C. María Yescas León
Lic. Paulo Nava Arellanes**Instituto Politécnico Nacional**Unidad Profesional Adolfo López Mateos
Zacatenco, Delegación. Gustavo A. Madero
CP 07738, Ciudad de México.**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Oaxaca**Hornos No. 1003, Col. Noche Buena,
Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230. Oaxaca.
Teléfono: (951) 517 0610 Ext. 82769.

Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca, Año 3, Vol. 3 Núm. Especial "Agave-Mezcal" 19 diciembre de 2019, es una publicación anual editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR – Unidad Oaxaca. Calle Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México, C.P. 71230. Teléfonos: 01951 51 70610, 51704 00 ext. 82769, <http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/cccto/>, Editor responsable: Dr. Sadoth Sandoval Torres. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-060817174800-203. ISSN: 2594-0171, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática del CIIDIR – UNIDAD OAXACA del IPN: L.I. Justo César Marcial Aguilera. Calle Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México, C.P. 71230, fecha de la última modificación el 20 de diciembre de 2019. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	4
TAMAÑO DE SEMILLA Y TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN LA GERMINACIÓN DE <i>AGAVE POTATORUM</i> ZUCC.	5
EFFECTO DE LUZ LED EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE AGAVES.	12
ACUMULACIÓN DE NUTRIMENTOS EN AGAVE AZUL DESARROLLADO CON FERTIGACIÓN EN TAMAULIPAS.	19
ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA EL CONTROL DEL PICUDO DE MAGUEY EN LA COMUNIDAD DE SAN LORENZO JILOTEPEQUILLO, OAXACA.	24
BAGAZO DE AGAVE <i>ANGUSTIFOLIA</i> Y TOTOMOXTLE, COMO SUPLEMENTO FORRAJERO ENRIQUECIDO CON <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	30
EFFECTO DE LOS FRUCTANOS DE AGAVE SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDA.....	37
USO DE FRUCTANOS DE AGAVE EN POLLOS PARA CONSUMO HUMANO: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ALOMÉTRICOS.	43
CARBOHIDRATOS DEL ALIMENTO DULCE "YAVI YA'O" ELABORADO CON <i>AGAVE</i> SPP. EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA.	50
APROVECHAMIENTO DE LA PULPA DE BAGAZO DE MAGUEY <i>A. ANGUSTIFOLIA</i> COMO HARINA PANIFICABLE..	55

PRESENTACIÓN

De acuerdo a la CONABIO, existen 159 especies de maguey, *Agave* spp., distribuidas en México, lo que representa el 75% de los agaves en todo el mundo. Derivado de la importancia que representan estos recursos, CCCTO dedica una edición especial para abordar propuestas de alto potencial que mejoran la conservación del agave, la cadena productiva mezcal y la diversificación de subproductos.

En el presente número especial, se exponen resultados de investigación relevantes respecto a técnicas de germinación de semillas de maguey, fertigación y nutrición vegetal, control biológico de plagas, uso de fructanos para la alimentación de aves y evaluación de subproductos de agave de consumo humano.

En el primer manuscrito se estudia la influencia del tamaño de semilla y el tiempo de inmersión en agua en la germinación de *A. potatorum*. En un segundo texto se evalúa el efecto de diferentes colores de luz led sobre el número de semillas germinadas y velocidad de germinación de los agaves silvestres, *A. potatorum* y *A. karwinskii*. El tercer artículo evalúa la acumulación nutrimental en plantas de agave azul *A. angustifolia* bajo tres condiciones de fertigación, y sus efectos en los parámetros de desarrollo vegetativo y en la concentración de nutrientes en diferentes órganos de la planta. Se publica también el cuarto documento en el cual se explican los mejores resultados de la efectividad de los tratamientos de control del insecto plaga *Scyphophorus acupunctatus*, conocido como picudo del maguey, con trampas con feromonas y con hongos entomopatógenos de la especie *Beauveria bassiana*.

Por otro lado, la producción del mezcal produce grandes cantidades de bagazo de maguey que puede ser usado como materia prima para otros procesos. Por lo cual, en la quinta colaboración se propone utilizar la mezcla de bagazo de agave y totemoxtle como suplemento forrajero, al mostrar alto contenido nutrimental cuando es expuesta a una fermentación sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*. En el sexto artículo, se demuestra que la ganancia de peso de pollos de engorda es favorecida por la presencia de fructanos de *Agave tequilana* en su alimentación. En el mismo sentido, en el séptimo trabajo publicado se analiza el efecto de este tipo de fructanos en los parámetros alométricos y pH intestinal de pollos, concluyendo que es posible utilizar este producto para reemplazar el uso excesivo de antibióticos.

La elaboración y evaluación nutricional de los subproductos de agave para consumo humano, son temas actuales muy importantes. Por lo cual, el octavo trabajo expone la sistematización del proceso de elaboración del dulce tradicional conocido como Yavi Ya 'o, elaborado actualmente en la región Mixteca de Oaxaca. Se analizan las propiedades físico-químicas del alimento, y los autores concluyen que el alto valor energético de este alimento es debido a la cantidad de carbohidratos que posee. En el noveno, y último documento, se presenta una propuesta para utilizar la pulpa de bagazo de maguey como harina panificable, ya que los autores logran obtener un pan de buena calidad considerando la textura, la emulsión y la formación de miga, al incorporar dicha pulpa.

Finalmente, reitero que la misión de CCCTO es ser una plataforma para la divulgación y comunicación de ideas de investigación, espero que, al leerlo, usted encuentre valiosa información de su interés, asimismo le extiendo una cordial invitación para que considere publicar sus trabajos en esta revista.

Dr. Sadoth Sandoval Torres.

Editor en Jefe

TAMAÑO DE SEMILLA Y TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN LA GERMINACIÓN DE *AGAVE POTATORUM* ZUCC

Carlos Fernández William[&], Morales García Isidro, Martínez Gutiérrez Gabino A., Lustre Sánchez Hermes

Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN-OAXACA). Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230, Oaxaca. Teléfono: (951)5170610 Ext. 82786.

[&]Autor para correspondencia: wzarape@gmail.com

Resumen

Agave potatorum, es una de las especies más importantes para la elaboración de mezcal artesanal en Oaxaca. Sin embargo, la sobreexplotación de los ejemplares maduros en el medio natural ha generado un declive en sus poblaciones debido a que esta especie depende totalmente de la reproducción por semilla. Pocos estudios se han enfocado al estudio sobre la germinación y manejo de esta especie. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del tamaño de la semilla y el tiempo de su inmersión en agua en la germinación de *A. potatorum* bajo condiciones controladas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial. Los factores evaluados fueron: 1) el tamaño de semilla (chicas, medianas y grandes) y 2) el tiempo de inmersión en agua (12, 24 y 36 horas). Las variables respuesta fueron: porcentaje de germinación, longitud de radícula y del hipocótilo. Los resultados indican que las semillas grandes inmersas en agua durante 12 y 24 horas, tuvieron mayor capacidad de germinación (93.3%). Las semillas chicas inmersas en agua durante 12 h presentaron un mayor crecimiento de la radícula (2.73 cm), en un periodo de 30 días, mientras que las semillas grandes inmersas durante 24 h mostraron una mayor longitud del hipocótilo (3.73 cm). La inmersión de semillas es de vital importancia para propiciar una acumulación de humedad y aumentar los índices de germinación y calidad de las plántulas.

Palabras clave: *Agave potatorum*, germinación, inmersión.

Abstract

Agave potatorum, it is a very important species for the elaboration of handmade mezcal in Oaxaca. However, overexploitation of mature specimens in the natural environment has generated a decline in their populations because this species depends completely on seed reproduction. Few studies have focused on the study on the germination and management of this species. The aim of this study was to evaluate the influence of seed size and the time of its immersion in water in the germination of *A. potatorum* under controlled conditions. A completely randomized experimental design with a factorial arrangement was used. The factors evaluated were: 1) seed size: small, medium and large and 2) water immersion time (12, 24 and 36 hours). The response variables were: germination percentage, radicle and hypocotyl length. The results indicate that large seeds immersed in water for 12 and 24 hours, had a higher germination capacity (93.3%). The small seeds immersed in water for 12 hours showed a greater growth of the radicle (2.73 cm), in a 30 day period, while the large seeds immersed for 24 h showed a greater length of the hypocotyl (3.73 cm). The immersion of

seeds is of vital importance to promote an accumulation of moisture and increase the germination rates and quality of seedlings.

Key words: *Agave potatorum*, germination, immersion.

Introducción

La subfamilia Agavaceae se distribuye exclusivamente en el continente americano y tienen gran importancia cultural y económica en México. El género *Agave* es el de mayor diversidad, en nuestro país existen 159 de las 210 registradas en el continente (García-Mendoza, 2002), de éstas, 125 son potencialmente útiles para la extracción de mezcal (Palma-López *et al.*, 2016). En Oaxaca, se han registrado 39 especies y variedades. El *Agave potatorum* Zucc es un taxón complejo debido a su alta variabilidad morfológica, es endémico de México y su distribución abarca de la Cuenca del río Balsas, el Valle de Tehuacán Cuicatlán, Sierras Mixteca, Sur y montañas que rodean los Valles Centrales de Oaxaca, a una altitud que va de los 1300 a 2400 m (García-Mendoza, 2010).

De esta especie, se obtiene el mezcal denominado "Tobalá" mismo nombre común para esta especie en el Municipio Sola de Vega, Oaxaca. Esta bebida tiene una elevada proporción de compuestos aromáticos volátiles, y propiedades organolépticas que son características inherentes a su especie (Vera-Guzmán *et al.* 2010), por lo que se considera una bebida de alta calidad. Las plantas utilizadas son en su mayoría silvestres, lo que ha ocasionado que sus poblaciones disminuyan drásticamente y se extingan localmente (Torres, 2009), debido a que

son extraídos antes de la floración, lo que no permite la producción de semilla que es su única forma de propagación, además de tardar de 6 a 8 años en alcanzar su madurez para ser aprovechados, debido a esto es difícil la conservación de poblaciones silvestres. En Oaxaca, aún hay escasos cultivos en las regiones Sierra Sur, Valles Centrales y Mixteca.

En el Municipio de Sola de Vega, a mediados de la década de 1990, varios grupos de campesinos, al darse cuenta de la disminución de la poblaciones silvestres de este agave, debido a su explotación para la elaboración del mezcal, se organizaron e iniciaron su propagación por semilla, establecieron viveros y pequeñas plantaciones (Enríquez-del Valle, 2009), pero el lento crecimiento de las plantas, y la alta demanda de esta bebida a nivel nacional e internacional, preocupa a productores, por lo que es necesario desarrollar técnicas que permitan un mejor manejo y aprovechamiento de la especie, ya que a pesar de las experiencias empíricas del cultivo de plantas en vivero, existe poca información referente a técnicas que permitan un manejo adecuado de las semillas para el éxito en su germinación y desarrollo de las plantas. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación del efecto del tamaño de semilla y el tiempo de su inmersión en agua, en los porcentajes de germinación y la calidad de las plántulas.

Materiales y métodos

Durante los meses de marzo y abril del 2018, se realizaron recorridos de campo en el Municipio de San Francisco Sola de Vega, en la región Sierra Sur del estado de Oaxaca. Se ubicaron plantas adultas que presentaban el desarrollo de quiote con frutos maduros (capsulas), éstos fueron recolectados y colocados en bolsas de papel. Para su secado, se llevaron a las instalaciones del CIIDIR-IPN Oaxaca y fueron colocados en una superficie de aluminio dentro de un invernadero. Una vez secos, se extrajeron las semillas y se seleccionaron únicamente las de color negro que son por apariencia viables y eliminaron las blancas que son vanas. Para la caracterización de las semillas, se utilizaron 600 semillas viables, de las cuales se tomó una muestra representativa de 100 semillas para la medición del ancho, largo y el grosor con un vernier digital (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización de la muestra de *A. potatorum*

	Ancho	Longitud	Grosor
Tamaño de muestra	50	50	50
Promedio (mm)	3.39	5.38	0.095
Desviación estándar (mm)	0.063	0.096	0.0018
Error estándar (mm)	0.251	0.309	0.0435
Límite de confianza	0.421	0.519	0.0731
Coefficiente de variación	1.861	1.783	1.996
Mediana (mm)	3.14	5.45	0.1
Moda (mm)	2.79	4.83	0.09
Peso de 600 semillas (g)	4.8 g		
Peso de 100 semillas (g)	0.91		

Se registró el peso de las 600 semillas con una balanza analítica. Con los datos obtenidos, las semillas fueron clasificadas en tres categorías: chicas (<4.8 mm), medianas (4.8-5.5 mm) y grandes (> 5.5 mm). Las semillas se sometieron a

distintas condiciones pregerminativas que constaron de una combinación de dos factores: 1) tamaño de semilla (chicas, medianas y grandes) y 2) tiempo de inmersión (14, 24, y 36 h). La inmersión de las semillas se realizó en recipientes plásticos con agua destilada de acuerdo al tiempo de cada tratamiento; posteriormente las semillas se colocaron en cajas Petri de 100 x 15 mm con papel filtro, previamente esterilizadas, en cada caja Petri, se establecieron dos unidades experimentales y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura constante de 30 °C.

El contenido de humedad se verificó diariamente durante 30 días y en caso necesario se agregaba 5 ml de agua destilada. Diariamente se registró el número de semillas germinadas, a las cuales se les midió la longitud de la radícula y el hipocótilo con un vernier digital a partir del tercer día de su germinación. El experimento se estableció de acuerdo a un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y la unidad experimental consistió de 10 semillas.

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) mediante el paquete estadístico SAS[®] software versión 9.0 (SAS[®] Institute, 2002).

Resultados y discusión

Los índices más altos de germinación se obtuvieron entre los ocho y diez días después de la siembra (15.3%), después de este tiempo disminuyó considerablemente (4.44%). La germinación finalizó a los 22 días después de la siembra. Las semillas inmersas en agua mostraron un pico de germinación más alto en comparación con el tratamiento testigo.

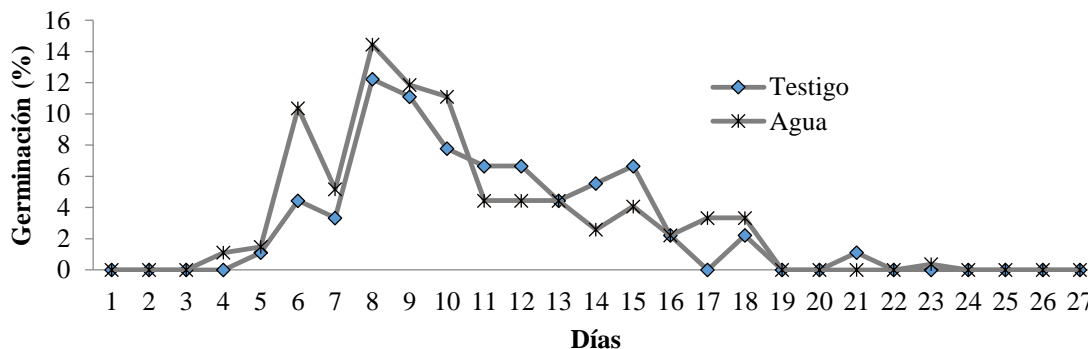


Figura 1. Porcentaje de semillas de *Agave potatorum* Zucc. germinadas por día.

El porcentaje de germinación de las semillas sometidas a inmersión en agua fue un 10% mayor respecto al tratamiento testigo. Debido a su naturaleza coloidal, las semillas secas tienen un gran poder de absorción de agua dependiendo de la naturaleza de la semilla, de la disponibilidad de agua en el medio circundante y de la temperatura (Hartmann y Kester, 1988; Bidwell, 1983). En contraste con el experimento, las semillas de *A. potatorum* mostraron afinidad a una mejor absorción de la solución empleada a 12 horas.

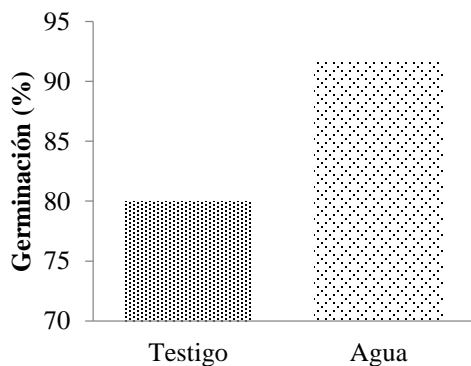


Figura 2. Porcentajes totales de la germinación de semillas de *Agave potatorum* Zucc. sometidas a imbibición en agua y testigo.

El tiempo de inmersión de las semillas en agua, no es un factor determinante que influya en un mayor crecimiento del hipocótilo como se observa en la figura 3,

sin embargo, la imbibición de la semilla por un periodo de 12 horas, mostró una mayor longitud de la radícula (21.06 mm) a diferencia de los otros tiempos. Se puede observar que las semillas no presentan problemas de permeabilidad de su cubierta al agua y al oxígeno, debido a que el agua llegó adecuadamente al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal y presentaron altos porcentajes de germinación (figura 2), pero es preciso considerar que aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, en exceso actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Doria, 2010), por lo que los tiempos aquí analizados son importantes para el manejo de germoplasma de *A. potatorum*.

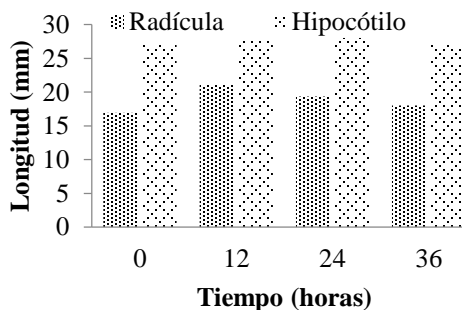


Figura 3. Longitud de radícula e hipocótilo en relación al tiempo de inmersión.

En el caso del factor tamaño de la semilla, los tratamientos de semillas grandes y pequeñas mostraron mayores porcentajes de germinación en relación con las semillas medianas (figura 4). Sin embargo, los resultados no presentan una tendencia clara del comportamiento del porcentaje de germinación en relación al tamaño de semilla. Esto muestra que el tamaño de la semilla no es un factor determinante y único para obtener altos porcentajes de germinación, ya que se complementa con el tiempo de inmersión en agua, para obtener mejores resultados.

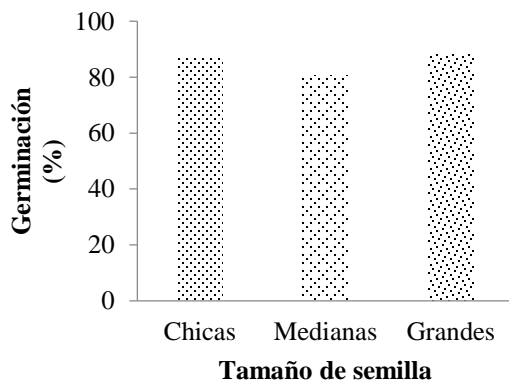


Figura 4. Porcentaje de germinación de semillas de diferentes tamaños de *Agave potatorum* Zucc.

El tamaño de la semilla no influye significativamente en el crecimiento del hipocótilo, sin embargo, en el tamaño de la radícula, las semillas chicas tuvieron el mayor valor (19.83 mm) con diferencia estadística con las semillas medianas

(figura 5). Esta variable mostró un comportamiento similar al tamaño de la semilla en el porcentaje de germinación (figura 4).

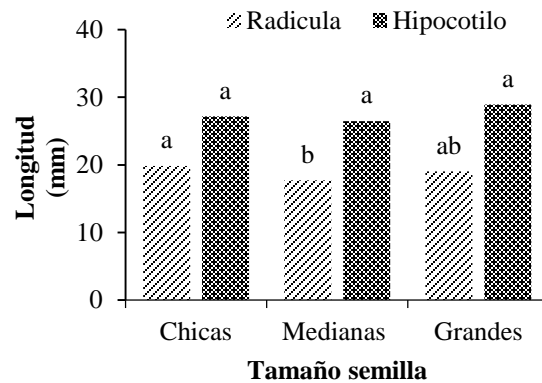


Figura 5. Longitud de radícula e hipocótilo en relación al tamaño de semilla de *Agave potatorum* Zucc.

La comparación de medias (Tukey, 0.05), mostró que las semillas chicas y un tiempo de inmersión de 12 h en agua, tuvieron los mayores valores y con diferencia estadística significativa en cuanto a longitud de raíz durante todas las mediciones realizadas (Tabla 2), esto puede deberse a que en el proceso de absorción de agua de las semillas, permite la expansión y elongación del embrión. (Hermann *et al.*, 2007). Las semillas que no fueron inmersas en agua fueron las que tuvieron menores valores de longitud de hipocótilo.

Tabla 2. Longitud del hipocótilo de plántulas de *A. potatorum* sometidas a diferentes condiciones pregerminativas.

T	TS	CP	Días después de la germinación				
			6	12	18	24	30
1	CH	SCP	15.6 ab	18.2 ab	20.5 ab	21.7 b	21.7 bc
2	M	SCP	12.0 b	14.5 b	15.3 b	17.5 c	17.8 c
3	G	SCP	13.5 b	16.8 ab	18.3 b	20.0 b	21.6 bc
4	CH	H ₂ O-12	18.3 a	22.2 a	24.5 a	26.9 a	28.0 a
5	M	H ₂ O-12	16.1 ab	19.6 ab	20.6 ab	21.7 a	22.5 bc
6	G	H ₂ O-12	16.7 ab	20.1 a	22.5 a	23.5 ab	25.0 b

Continuación de la tabla 2.							
7	CH	H ₂ O-24	15.1 ab	20.0 a	20.9 ab	22.5 ab	23.1 bc
8	M	H ₂ O-24	13.6 b	16.6 b	18.3 ab	19.1 bc	20.7 bc
9	G	H ₂ O-24	17.8 a	21.2 a	23.1 a	24.4 a	25.6 ab
10	CH	H ₂ O-36	14.4 ab	16.9b	19.0 ab	20.2 ab	20.4 bc
11	M	H ₂ O-36	15.5 ab	18.9 ab	21.2 ab	22.8 ab	24.4 ab
12	G	H ₂ O-36	13.7 b	16.4 b	17.2 b	19.3 bc	20.6 bc

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($\alpha=0.05$). T= tratamiento; TS= tamaño de la semilla; CH= TS chica; M= TS mediana; G= TS grande; CP= condición pregerminativa; SCP= sin condición pregerminativa; H₂O= agua, 12, 24, 36= horas de inmersión

Las semillas grandes sin importar el tiempo de inmersión en agua tuvieron los mayores valores de longitud de raíz durante todas las mediciones realizadas con diferencia significativa con respecto a las semillas medianas y chicas (Tabla 3). La mayor longitud de radícula durante los primeros 30 días después de la germinación de las semillas grandes probablemente se deba al mayor volumen de reservas contenidas por el tamaño de la semilla. La semilla absorbe agua, lo que resulta en expansión y elongación del embrión. (Hermann *et al.*, 2007). Después

de la cuarta medición se observa que las semillas en el tratamiento cuatro mejoraron su promedio de crecimiento, superando el tamaño de las raíces de plántulas de los tratamientos testigo, esto comparado con la investigación de Miransari y Smith (2014), quienes mencionan que el etileno y las giberelinas afectan el crecimiento de la radícula, lo que muestra que la exposición al agua mejora el crecimiento en radícula principalmente.

Tabla 3. Longitud de la radícula de plántulas de *A. potatorum* sometidas a diferentes condiciones pregerminativas.

T	TS	CP	Días después de la germinación				
			6	12	18	24	30
1	CH	SCP	17.02 ab	24.69 b	30.87 ab	33.96 ab	36.35 ab
2	M	SCP	15.42 b	25.67 b	29.81 b	33.87 ab	36.90 ab
3	G	SCP	15.68 ab	26.85 ab	32.05 ab	36.10 a	38.14 a
4	CH	H ₂ O-12	18.46 a	27.83 ab	31.52 ab	34.53 ab	36.70 ab
5	M	H ₂ O-12	16.19 b	24.77 b	28.32 b	31.63 b	32.57 b
6	G	H ₂ O-12	19.75 a	30.18 a	33.51 a	35.80 a	38.15 a
7	CH	H ₂ O-24	17.37 ab	27.88 ab	32.36 ab	34.29 ab	35.48 b
8	M	H ₂ O-24	17.13 ab	27.14 ab	29.51 b	32.13 b	34.95 b
9	G	H ₂ O-24	19.75 a	29.21 a	33.43 a	35.25 a	38.23 a
10	CH	H ₂ O-36	16.77 b	25.58 b	29.08 b	30.71 b	32.55 b
11	M	H ₂ O-36	15.10 b	25.42 b	31.62 ab	35.32 a	37.05 ab
12	G	H ₂ O-36	19.22 a	26.53 ab	32.28 ab	34.88 ab	36.95 ab

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($\alpha=0.05$). T= tratamiento; TS= tamaño de la semilla; CH= TS chica; M= TS mediana; G= TS grande; CP= condición pregerminativa; SCP= sin condición pregerminativa; H₂O= agua, 12, 24, 36= horas de inmersión.

Conclusiones

Las semillas de *A. potatorum* de reciente cosecha sin ningún tratamiento pregerminativo, tienen altos porcentajes de germinación, sin embargo, para el buen manejo y aprovechamiento del banco de germoplasma, es importante utilizar el tratamiento de inmersión en agua en un periodo de doce horas, que para cualquier productor de agave de esta especie, resultaría

Referencias

- Bidwell, R. S. (1983). Fisiología vegetal. Editorial AGT. México. pp. 455-456.
- Doria, J. (2010). Revisión bibliográfica generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31 (1), 74-85.
- Enríquez del Valle, J.R. (2009). La propagación y crecimiento de Agaves de Oaxaca. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Fundación Produce Oaxaca A.C. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. México. pp.49.
- García-Mendoza, A.J. (2010). Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. *Acta botánica mexicana*, (91), 71-93.
- García-Mendoza, A. (2002). Distribution of Agave (Agavaceae) in Mexico. *Cactus and Succulent Journal* (US) 74(4), 177-187.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1988). Propagación de Plantas. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México D.F. 760 pp.
- fácil, económica e incrementaría los índices de germinación de las semillas.
- Se comprobó que no se correlaciona un mayor tamaño de la semilla con un alto porcentaje de germinación, por lo que, al momento de realizar la selección de las semillas, no se deben eliminar las más pequeñas. Las semillas de mayor tamaño tuvieron un mayor desarrollo de la radícula, lo que puede permitir un sano desarrollo de las plántulas.
- Hermann, K., J. Meinhard, P. Dobrev, A. Linkies, B. Pesek, B. Heß, I. Machackova, U. Fischer
- Leubner-Metzger G. (2007). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid and abscisic acid during the germination of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) – A comparative study of fruits and seeds. *Journal of Experimental Botany*, 58, 3047-3060.
- Miransari, M. y D.L. Smith. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110-121. Palma F., P. Pérez y V. Meza. (2016). Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca.
- Torres, I. (2009). Dinámica poblacional de dos morfos de *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán: bases para su manejo sustentable. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, Morelia.
- Vera-Guzmán, A. M., R. I. Guzmán-Gerónimo, & M. G. López. (2010). Major and minor compounds in a Mexican spirit, young mezcal coming from two Agave species. *Czech Journal of Food Sciences*. 28,127-132.

EFFECTO DE LUZ LED EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE AGAVES

Sánchez Mendoza, Saúl^{1&}, Vásquez Altamirano Justina Patricia¹, Alavéz Cuevas Oscar Omar¹, Ruíz José Miguel Ángel¹, Alavés Jarquín Francisco¹.

¹ NovaUniversitas. Carretera a Puerto Ángel Km. 34.5, Ocotlán de Morelos, Oaxaca. México.

[&]Autor para correspondencia: saul_sm@live.com.mx

Resumen

El mezcal es una bebida alcohólica de importancia económica para el estado de Oaxaca. Ante la creciente demanda de mezcal las poblaciones naturales de agaves se ven amenazadas por la extracción intensiva, limitando con esto la producción de semilla y su propagación sexual, la cual es fundamental para incrementar la diversidad genética y mantener el equilibrio de los ecosistemas. Se ha documentado que diferentes tipos de luz led promueven efectos diversos en la germinación de semillas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes colores de luz led (azul, verde, blanca, roja) y oscuridad sobre el número de semillas germinadas y velocidad de germinación de dos especies de agaves silvestres; *Agave potatorum* Zucc. (tobalá) y *Agave karwinskii*. (barril). Se realizaron experimentos independientes por especie, se utilizó un diseño completamente al azar. Se evaluó el número de semillas germinadas (NSG) e índice de velocidad de germinación (IVG). En tobalá con luz roja y blanca, el número de semillas germinadas se incrementó en 38.6% en comparación con las semillas sometidas a oscuridad. En las dos especies de agave evaluadas la germinación inicio a los tres días después de siembra, sin embargo, en tobalá con luz led roja se aceleró el proceso de germinación (IVG=36.5) comparado con oscuridad (IVG=23.36). Para *A. karwinskii* no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con luz led y oscuridad en las variables evaluadas. Las semillas de *A. potatorum* incrementan su potencial germinativo y aceleran la velocidad de germinación con exposiciones a luz led roja.

Palabras clave: luz, propagación sexual, mezcal.

Abstract

Mezcal is an alcoholic beverage of economic importance for the state of Oaxaca. Due to the growing demand, the agave populations are threatened by intensive harvesting, thereby limiting seed production and the sexual propagation, which is essential to increase the genetic diversity and maintain a balanced ecosystems. It has been documented that different types of LED light promote various effects on seed germination. The aim of the study was to evaluate the effect of different colors of LED light (blue, green, white, red) and dark conditions on number of germinated seeds and speed of germination in two wild agave species; *Agave potatorum* Zucc. (Tobalá) and *Agave karwinskii*. (barrel). Independent experiments were performed per species, in a completely randomized design. The number of germinated seeds (NGS) and germination speed index (GSI) were evaluated. In Tobalá with red and white light, the number of germinated seeds increased by 38.6% compared to the seeds subjected to dark. In the two agave species evaluated, germination started three days after sowing, however, the germination process accelerated in Tobalá with red LED (GSI = 36.5) compared

to dark (GSI = 23.36). For *A. karwinskii* there were no significant differences between treatments with led light and dark of evaluated variables. The *A. potatorum* seeds increased their germination potential and accelerate germination rate when exposing to red led light.

Key words: Light, sexual spread, mezcal.

Introducción

Los agaves son especies vegetales económicamente importantes por la elaboración de bebidas alcohólicas producto de la fermentación de sus tallos (Ramírez-Tobías *et al.*, 2012). El estado de Oaxaca se caracteriza por poseer la mayor cantidad de especies del género agave, 37 en total (García-Mendoza *et al.*, 2007). La propagación de plantas por medio de semillas es de gran importancia debido a que interviene en gran parte en el mantenimiento de la diversidad genética de las especies y en el mantenimiento de la dinámica de poblaciones vegetales, contrario a lo que ocurre con los métodos de propagación asexual o vegetativa (Amador *et al.*, 2013). Los agaves son plantas que se reproducen sexual y asexualmente, pero comúnmente se propagan asexualmente a través de rizomas y bulbillos en las condiciones silvestres (Valenzuela *et al.*, 2003).

Los frutos producen miles de semillas, pero son escasas las que germinan y generan un individuo nuevo en el ambiente silvestre (García-Mendoza, 2007). Debido a la producción intensiva de mezcal, los agaves silvestres tienen una alta demanda, generando sobreexplotación que trae como consecuencia que las poblaciones naturales se vean seriamente amenazadas (Ortíz *et al.*, 2018), sin embargo, aun cuando estas especies representan una gran importancia económica, no se han

generado propuestas técnicas para su conservación mediante el mejoramiento de los sistemas de propagación sexual.

Recientemente se ha demostrado que la luz juega un papel importante en la germinación y crecimiento de diferentes especies vegetales (Jiménez y Flores, 2010; Paniagua *et al.*, 2015; Pritchard *et al.*, 1995). Fenner y Thompson (2005) mencionan que es complejo conocer los requerimientos de luz para la germinación de diferentes especies vegetales para poder clasificarlas como fotoblásticas positivas, negativas o neutras, ya que las especies vegetales responden de manera diferente a pequeñas variaciones en el espectro luminoso asociados a la estación del año. El conocimiento de los efectos de la luz sobre la germinación de semillas es relevante en la propagación de especies silvestres para fines de restauración (Khurana y Singh 2001) pero también para comprender mejor la ecología de la germinación (Baskin y Baskin 2014).

Los requerimientos de luz para la germinación de semillas de especies vegetales de la familia *Agavaceae* ha sido poco estudiado (Irish and Irish, 2000). Con base en lo anteriormente mencionado el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tipos de luz led (roja, azul, blanca y verde) y oscuridad nominal sobre la germinación de semillas de *Agave potatorum* Zucc. y *Agave karwinskii* en condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Ocotlán de Morelos (16°48'N, 96°40'O, a 1,523 msnm), localidad ubicada en la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, México. Semillas de *Agave potatorum* Zucc. y *Agave karwinskii* se colectaron durante los meses de agosto y septiembre del año 2018, se extrajeron de los frutos y se almacenaron a la sombra en bolsas de papel estraza. Para la germinación de las semillas se construyeron contenedores de cartón de 29 cm de alto, con una longitud de 59 cm y 39 cm de anchura. Las paredes interiores de cada contenedor se forraron de papel aluminio, con el fin de aumentar la reflexión de la luz interior.

En la parte superior del contenedor se instalaron las tiras de luz led (LED SMD 3528) a una altura de 28 cm. Se construyeron cuatro contenedores por especie de agave evaluada, cada uno con un color de luz led: azul (450-500 nm), verde (490-540 nm), rojo (600-650 nm) y blanco, un quinto contenedor fue utilizado para el tratamiento de oscuridad. Para la siembra, las semillas fueron colocadas en cajas Petri plásticas esterilizadas de 15 cm de diámetro, usando como sustrato una capa de papel filtro humedecido con 5 ml de agua destilada. Se agregaron 3 ml de agua diariamente a cada caja Petri.

La germinación dentro del contenedor, se realizó con ciclos alternados de luz (12 horas) y oscuridad (12 horas), para cumplir con el rango de luz propuesto se utilizó un temporizador marca STEREN®, en el contenedor con oscuridad las semillas recibieron luz únicamente cuando se realizó el conteo diario de semillas germinadas (10 minutos). Se realizó el conteo de las semillas germinadas cada 24 horas durante 26 días después de la siembra.

Se realizaron observaciones diarias del número de semillas germinadas por

tratamiento, con esta información se determinó el índice de velocidad de germinación (IVG), se utilizó la fórmula propuesta por Maguire (1962) (IVG = número de semillas germinadas/días a primer conteo + número de semillas germinadas/días al conteo final). Se determinó también el número de semillas germinadas (NSG). Por especie de agave se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones de 25 semillas cada uno bajo un diseño experimental completamente al azar. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico SAS®, versión 9.1 (SAS, 2004).

Resultados y discusión

En las dos especies de agave, al cuarto día después de la siembra en todos los tratamientos evaluados hubo germinación de semillas (Figura 1).

En *A. potatorum* el número promedio de semillas germinadas fue de 2, 2.5, 1, 1.5 y 2.2 para la luz azul, verde, blanca, roja y condiciones de oscuridad respectivamente. En *A. karwinskii* el promedio de semillas germinadas fue de 2, 1, 3.3, 3 y 4.2 para la luz azul, verde, blanca, roja y condiciones de oscuridad respectivamente. La germinación de semillas concluyó a los 23 y 24 días después de la siembra para tobalá y *A. karwinskii* respectivamente (Figura 1). En tobalá con luz roja y blanca el número de semillas germinadas se incrementó 38.6% en comparación con las semillas sometidas a oscuridad. En tobalá con luz led roja se aceleró el proceso de germinación (IVG=36.5) comparado con oscuridad (IVG=23.36) (Figura 2). Para *A. karwinskii* no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con luz led y oscuridad en las variables evaluadas (Figura 3).

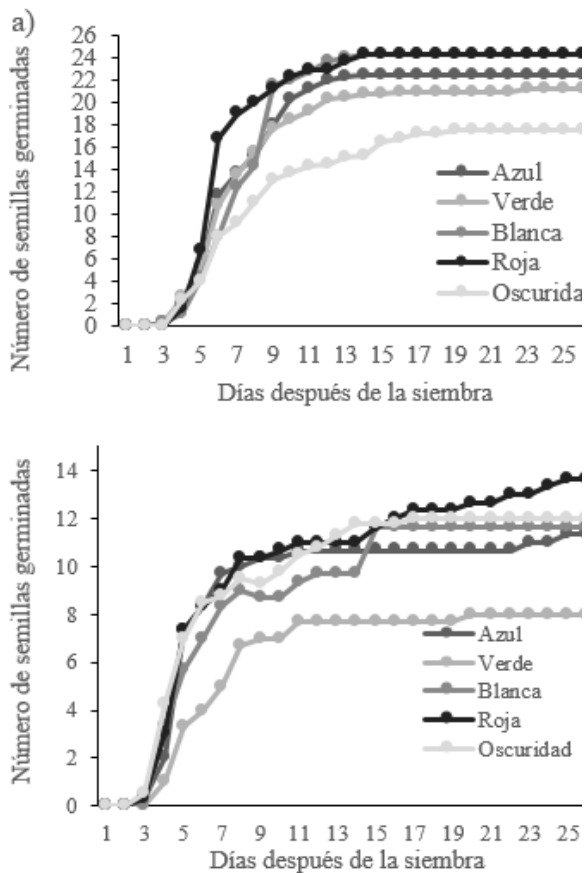


Figura 1. Efecto de diferentes tratamientos de luz led y oscuridad sobre la germinación diaria semillas de a) *Agave potatorum* Zucc y b) *Agave karwinskii*. Los trabajos de investigación sobre el efecto de diferentes colores de luz led en la germinación de agaves son escasos, sin embargo, en otros cultivos se reportan resultados similares a lo encontrado en este estudio.

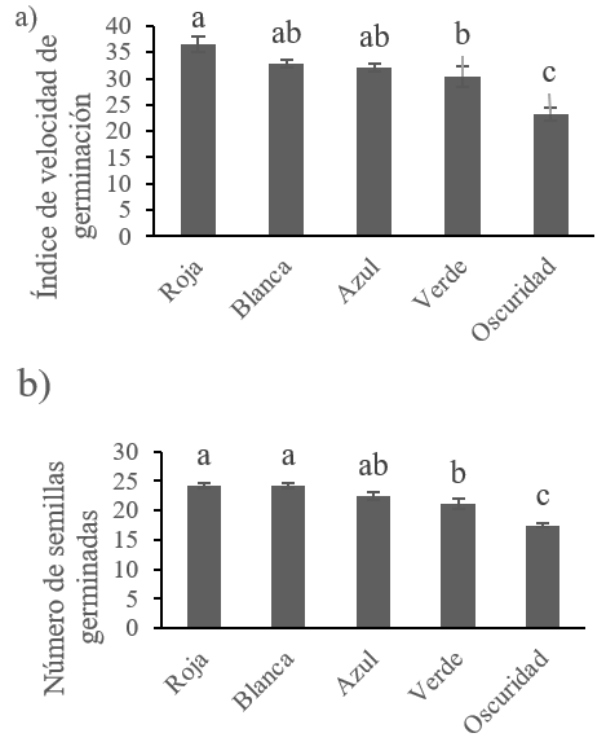


Figura 2. Efecto de diferentes tratamientos de luz led y oscuridad sobre: a) el índice de velocidad de germinación y b) el número de semillas germinadas en *Agave potatorum* Zucc. Paniagua *et al.* (2015) evaluaron la germinación de semillas de brócoli expuestas a luz led roja, azul, verde y blanca (control), y encontraron que con luz roja las semillas de brócoli germinan 25% más rápido (IVG) respecto del control, sin embargo, no encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable porcentaje de germinación. Moreno *et al.* (2017) no encontraron diferencias significativas entre tratamientos al evaluar luz led blanca, azul y roja sobre la germinación de semillas de chile serrano. Pritchard and Miller *et al.* (1995) evaluaron la exposición de semillas de *Agave americana* a luz blanca fluorescente por periodos de 12 horas, oscuridad nominal (semillas expuestas a 1 minuto de luz ($10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante el día) y condiciones de oscuridad (las semillas

estuvieron expuestas a luz verde por 5 minutos durante el día), los autores encontraron un mayor porcentaje de germinación con oscuridad nominal (78%) en comparación con luz blanca (69%) y oscuridad (40%). Ichihashi (1990) y Godo *et al.* (2011) describieron que no hubo diferencias significativas entre condiciones de oscuridad y luz azul, verde, amarilla o roja en la germinación de dos especies de orquídeas *Bletilla striata* (Thunb.) y *B. ochracea* Schltr.

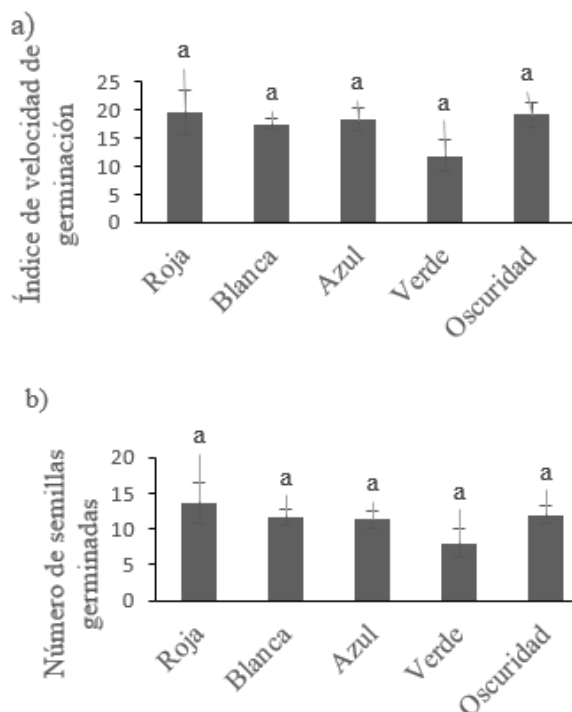


Figura 3. Efecto de diferentes tratamientos de luz led y oscuridad sobre: a) el índice de velocidad de germinación y b) el número de semillas germinadas en *Agave karwinskii*.

De acuerdo con Johkan *et al.* (2010) el desarrollo de la planta, incluyendo la germinación, está influido por la calidad de la luz, es decir, el color o longitud de onda que incide sobre ella, estas características proporcionan a las plantas señales que monitorean a través de

fotorreceptores altamente sensibles y lo traducen a señales celulares, que afectan los mecanismos endógenos de control de crecimiento y diferenciación. Como consecuencia, la luz modula una variedad de procesos en la vida de la planta, tales como germinación, etiolación de la plántula e inducción de floración, características definidas colectivamente como fotomorfogénesis (Galstyan y Martínez, 2010). En la presente investigación se logró observar que la luz LED roja tuvo un efecto destacado respecto a los otros tratamientos para NSG e IVG en *Agave potatorum* Zucc. Cabe resaltar que las condiciones de luz tienen un efecto sobre la velocidad de germinación (Wang y Folta, 2013), la luz roja, tiene un alto impacto sobre la germinación, esto se debe a que los fitocromos tienen sus picos de sensibilidad en la región roja del espectro de luz, lo que provoca respuestas fisiológicas en la planta, como la expansión de la hoja y alargamiento del tallo (Massa *et al.*, 2008; Godo *et al.*, 2011; Paniagua *et al.*, 2015). En general, semillas germinadas en ambientes con una relación alta de luz rojo/rojo lejano, llegan a tener tasas de germinación elevadas (Dechaine *et al.*, 2009).

Conclusiones

Las semillas de *A. potatorum* incrementan su potencial germinativo y aceleran la velocidad de germinación con exposiciones a luz led roja. No existe un efecto significativo de diferentes tipos de luz led sobre los parámetros evaluados en semillas en *A. karwinskii*.

Agradecimientos

Al M.C. Josué Neftalí García Matías y Lic. Martha Isabel Sánchez Mendoza por el apoyo en la instalación de luces LED utilizadas en el experimento.

Referencias

- Amador-Alfárez, K. A., Díaz-González, J., Loza-Cornejo, S., y Bivian-Castro, E. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica*, **35**, 109-131.
- Baskin, C. C., y Baskin, J. M. (2014). *Seeds ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. USA: Academic Press. DOI: [10.1023/A:1006373229971](https://doi.org/10.1023/A:1006373229971).
- Dechaine, J. M., Gardner, G., y Weinig, C. (2009). Phytochromes differentially regulate seed germination responses to light quality and temperature cues during seed maturation. *Plant, Cell and Environment*, **32**, 1297-1309.
- Fenner, M., y Thompson, K. (2005). Germination. In M. Fenner, y Thompson, K., *The Ecology of Seeds* (pp. 110-135). Cambridge: Cambridge University Press.
- Galstyan, A., y Martínez, G. J. F. (2010). *Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives*. Berlin: Springer-Verlag.
- García, M. A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, **087**, 14-23.
- Godo, T., Fujiwara, K., Guan K., Miyoshi, K. (2011). Effects of wavelength of LED-light on *in vitro* asymbiotic germination and seedling growth of *Bletilla ochracea* Schltr. (Orchidaceae). *Plant Biotechnology*, **28**(4), 397-400.
- Paniagua-Pardo, G., Hernández, A. C., Rico, M. F., Domínguez, P. F. A., Martínez, O. E., y Martínez, G. C. L. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, **40**, 199-212.
- Ichihashi, S. (1990). Effects of light on root formation of *Bletilla striata* seedlings. *Lindleyana*, **5**(2), 140-143.
- Irish, G., y Irish, M. F. (2000). *Agaves, Yuccas, and Related Plants: A Gardener's Guide*. Timber Press, Inc.
- Jiménez, A. A., Flores, J. (2010). Effect of light on seed germination of succulent species from the southern Chihuahuan Desert: comparing germinability and relative light germination. *J. PACD*, **12**, 12-19.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., y Yoshihara, T. (2010) Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, **45**(12), 1809-1814.
- Khurana, E., y Singh, J. S. (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*, **28**, 39-52.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Science*, **2**, 176-177.
- Moreno, J. A. M., Loza, C. S., y Ortiz, M. M. (2017). Efecto de luz LED sobre semillas de *Capsicum annuum* L. var. serrano. *Biología Vegetal*, **3**, 145-151.

- Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M., y Mitchell, C.A. (2008). Plant productivity in response to LED lighting. *Hortscience*, 43(7), 1951-1956.
- Ortíz-Hernández, Y.D., Gutierrez-Hernandez, G.F., Corzo-Ríos, L.J., García-Ramírez, E., y Martínez-Tomás, S.H. (2018). Varietal and germinative characterization of *Agave potatorum* (Asparagaceae) seeds with different origins. *Botanical Sciences*, 96 (4), 628-639.
- Pritchard, W. H., Miller, P.A. (1995). The effects of constant temperatures, light and seed quality on the germination characteristics of *Agave americana*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 57, 11-14.
- Ramírez-Tobías, H. M., Peña-Valdivia, C. B., Aguirre, J. R., Reyes, J. A., Sánchez, A. B., y Guadarrama, S. V. (2012). Seed germination temperatures of eight Mexican Agave species with an extensive history of human use. *Plant Species Biology*, 27, 124–137.
- SAS Institute. (2004). SAS® 9.1 SQL Procedure User's Guide. Cary, NC, USA.
- Valenzuela-Zapata, A. G., y Nabhan, G. P. (2003). *Tequila: A Natural and Cultural History*. Tucson, Arizona: The University of Arizona Press.
- Wang, Y., y Folta, K.M. (2013). Contributions of green light to plant growth and development. *American Journal of Botany*, 100(1), 70-78.

ACUMULACIÓN DE NUTRIMENTOS EN AGAVE AZUL DESARROLLADO CON FERTIGACIÓN EN TAMAULIPAS

Zúñiga Estrada Lamberto^{1&}, Rosales Robles Enrique¹, María de Jesús Yáñez Morales²
Cuauhtémoc Jackes Hernández³

¹Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ²Colegio de Postgraduados, ³IPN-Centro de Biotecnología Genómica- Reynosa

& Autor para correspondencia. zuniga.lamberto@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de cuantificar la demanda nutricional de la planta de agave desarrollada en el sur de Tamaulipas, se estableció el cultivo en tres condiciones: a) en temporal y sin fertilizante (TA); b) Fertigación, además de la precipitación, recibieron agua y nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, y micronutrientes) mediante un sistema de riego por goteo; y c) FB+Fertigación, adicional a lo anterior, éstas plantas recibieron fertilización de base (FB), con N, P, K y micronutrientes, cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Durante el desarrollo del estudio se evaluó, altura de planta, número de hojas, peso seco de hojas, piña y raíces, determinándose la concentración de nutrientes en la MS de los órganos. Los valores de las variables se analizaron en un diseño completamente al azar, comparándose los promedios con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las plantas desarrolladas con Fertigación y FB+Fertigación, presentaron mayor altura, número de hojas y peso de órganos con respecto a las plantas desarrolladas en el TA. A 4 meses después de plantadas (MDP), la concentración de N, P, K, Ca y Mg en la MS de la planta desarrollada en las tres condiciones fue en promedio 0.98, 0.14, 3.0, 4.15 y 0.30 %, respectivamente; valores que disminuyeron con la edad de la planta. La extracción total de nutrientes registrados en la MS de las plantas que recibieron FB+Fertigación fue de 208.9, 65.0, 180.5, 801.1 y 55 g planta⁻¹, de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente; mientras que la extracción en la MS de la planta del TA fue 33.1, 12.2, 46.7, 159.5 y 10.3 g planta⁻¹.

Palabras clave: *Agave tequilana*, fertilizantes, materia ceca, riego por goteo.

Abstract

In order to quantify the nutritional demand of the agave plant developed in southern Tamaulipas, the crop was studied under three conditions: (a) temporarily and without fertilizer (TA); b) Fertigation, in addition to precipitation, received water and nutrients (N, P, K, Ca, Mg, and micronutrients) through a drip irrigation system; and c) FB+Fertigation, in addition to the above, these plants received base fertilization (FB), with N, P, K and micronutrients, each treatment had three repetitions. During the development of the study, plant height, number of leaves, dry weight of leaves, pineapple and roots were evaluated, determining the concentration of nutrients in the MS of the organs. The values of the variables were analyzed in a completely random design, comparing the averages with the Tukey test (-0.05). Plants developed with Fertigation and FB+Fertigation, showed higher height, number of leaves and weight of organs compared to plants developed in TA. At 4 months after plantings (MDP), the concentration of N, P, K, Ca and Mg in the MS of the

plant was on average 0.98, 0.14, 3.0, 4.15 and 0.30 %, respectively; values that decreased with the age of the plant. The total extraction of nutrients recorded in the MS of plants receiving FB+Fertigation was 208.9, 65.0, 180.5, 801.1 and 55 g plant⁻¹, N, P, K, Ca and Mg, respectively; while the extraction at the MS of the TA plant was 33.1, 12.2, 46.7, 159.5 and 10.3 g plant⁻¹.

Key words: *Agave tequilana*, fertilizers, dry matter, drip irrigation

Introducción

En México, las especies de agave de importancia económica son *A. tequilana*, cultivado para la producción de tequila; *A. angustifolia*, *A. salmiana* y *A. americana* entre otras, usadas en la elaboración del mezcal; *A. fourcroydes* y *A. lechuguilla* en la obtención de fibra (Escamilla-Treviño, 2012).

En la industria del tequila sólo se utiliza la piña del agave, que representa el 54% del peso húmedo de la planta; en este proceso se desecha la fibra de la piña, la cual puede ser aprovechada para fabricar papel (Idarraga *et al.*, 1999), plásticos biodegradables (Alva y Riley, 2008), y producir etanol carburante, mediante procesos en los que participan bacterias etanológicas (Caro-Bermúdez, 2010).

La tecnología generada en *A. tequilana* var. Azul se ha enfocado en la producción de hijuelos sanos utilizando la vía sexual, asexual ó micro propagación (Vicente y Del Real, 2007); identificándose las plagas y enfermedades que originan daño económico, generándose su manejo y control, (Fucikovsky, 1999; Rubio y Pérez, 2011.). Además de los estudios relacionados con la preparación del suelo, fertilización y manejo del cultivo, (Uvalle y De la Torre, 2011).

Con respecto a la fertilización, actualmente se utiliza una gran variación en dosis, fuentes y época de aplicación de fertilizantes en la zona con Denominación de Origen Tequila (DOT). Algunos estudios proponen fertilizar solo durante los primeros 3 ó 4 años de su desarrollo,

sugiriendo para el primer año fertilizar manteniendo una relación de 1:3:1 de N, P y K respectivamente, en el segundo 1:2:2 y 1.5:1:2 en el tercer año; mientras que en el cuarto la relación sugerida fue 2:0:2 (Uvalle y De la Torre, 2011).

Los estudios anteriores, se han realizado en condiciones de temporal y solo en una parte del ciclo de cultivo. Por tal razón, el objetivo del presente estudio fue estudiar la acumulación de nutrimentos en la materia seca (MS) de la planta de agave durante todo su ciclo de desarrollo, contribuyendo a un mejor conocimiento de la planta de agave

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental "Las Huastecas" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las plantas se desarrollaron en un suelo vértisol con alta concentración de arcilla (50.1%) y capacidad de intercambio catiónico (52.53), predominando el calcio en el 82 % de los sitios de intercambio, 8.7 de pH y 1.1 % de materia orgánica.

En mayo de 2004 se establecieron hijuelos de agave en tres condiciones: a) En temporal y sin fertilizante, Testigo Absoluto (TA); b) Fertigación, además de la precipitación, dos veces por semana recibieron agua y nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, y micronutrientes) mediante un sistema de riego por goteo; y c) Fertilización de base (FB)+Fertigación, adicional a lo recibido en el tratamiento

anterior, se aplicó como FB, 162-150-250 kg ha⁻¹ de N, P y K respectivamente, además de 5 kg ha⁻¹ de sulfato de magnesio, fierro y zinc. La dosis de fertilizante que recibieron las plantas desarrolladas en los tratamientos con Fertigación, se fue ajustando anualmente, con base en la cantidad de nutrimentos extraídos por la Materia seca.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental (UE) consistió en 6 hileras de plantas con 3 m de separación entre hileras y de 1.50 m de separación entre plantas, estableciéndose 16 plantas por hilera y un total de 96 plantas, distribuidas en 405 m².

Se realizaron ocho evaluaciones destructivas utilizando una planta por UE, septiembre 2004, febrero del 2005, octubre del 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010. En cada evaluación se determinó la altura de planta, número de hojas, peso húmedo y seco de hojas, piña, y raíces, determinándose la concentración de N, P, K, Ca y Mg, en la MS de cada órgano. El análisis de varianza se realizó para los valores de cada característica y evaluación, comparándose los valores medios mediante la prueba de Tukey al 0.05 %

Resultados y Discusión

En 77 meses del estudio, se registró una precipitación de 6,141 mm de lluvia; esta agua fue recibida en las plantas de todos los tratamientos estudiados. Las plantas desarrolladas con Fertigación y Fb+Fertigación, adicionalmente en 350 eventos de riego, recibieron 3 960.8 L de agua por planta y un aporte de 318.7 g de N; 76 g de P; 293.3 g de K; 81 g de Ca y 54.1 g de Mg.

El agua y fertilizante que recibieron las plantas en el sistema de riego (Fertigación y FB+Fertigación), estimuló desde las etapas iniciales de su establecimiento, el

desarrollo de la planta de agave; el peso húmedo de planta y piña fueron similares ($P \geq 0.05$), sus valores promedio de altura (155 cm) y número de hojas (130) fueron superiores a los registrados en plantas desarrolladas en el TA, las cuales presentaron una altura de 129.0 cm y 42.7 hojas en la planta. Con respecto al peso de la piña, en plantas desarrolladas con Fertigación se registró 66.7 kg y 76.4 kg en las piñas de plantas que recibieron FB+Fertigación; estimándose un rendimiento de 252.1 t ha⁻¹ con las piñas de mayor peso y una densidad de 3,300 plantas ha⁻¹. Rendimiento 5.4 veces superior al estimado en plantas del TA.

La MS producida se incrementó al avanzar la edad de la planta. En piña a los 4 MDP las plantas asignaron el 30 % de la MS a este órgano. Mientras que al final del ciclo (77 MDP) la MS determinada en la piña fue el 52 %, por lo que el restante 48 % fue conformado por la MS de hojas y raíz.

Con respecto a los nutrimentos, se determinó que el Ca fue el elemento de mayor concentración en la MS de la planta de agave y en orden descendente le siguió el K>N>Mg>P. Los valores más altos en la concentración se registraron en etapas iniciales de desarrollo del cultivo, valores que fueron similares ($P \geq 0.05$) independientemente del manejo del fertilizante en que se desarrolló la planta y que disminuyeron con la edad de la planta (Figura 1).

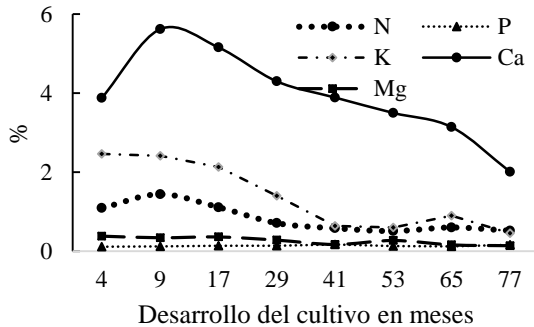


Figura 1. Concentración de Nutrientos en la materia seca de la planta de agave desarrollada con FB+Fertigación en diferentes etapas de su ciclo.

Al final del ciclo (77 MDP) en la planta desarrollada con FB+Fertigación, la mayor cantidad de nutrientes en la MS se registró en el follaje y en orden descendente le siguió la piña y raíz. Mientras que en la MS de la planta desarrollada con Fertigación la cantidad de N y Ca fue mayor en la piña; y en la MS de la planta del TA la piña acumuló la mayor cantidad de N, mostrando respuestas diferenciadas de la planta al manejo del fertilizante (Tabla 1).

Tabla 1. Extracción de nutrientes de la planta de *Agave tequilana* Weber a los 77 meses de desarrollo en diferentes condiciones de fertilización.

Tratamiento	Nutrientos				
	g				
	N	P	K	Ca	Mg
-----Hojas ⁻¹ -----					
Testigo Absoluto	13.8 b	6.2 b	33.8 c	80.2 b	5.9 b
Fertigación	73.9 a	33.2 a	89.4 b	394.4 a	26.5 a
FB+Fertigación	104.3 c	42.4 a	128.0 a	449.6 a	33.9 a
-----Piña ⁻¹ -----					
Testigo Absoluto	17.6 b	5.4 b	11.1 b	76.7 b	3.9 a
Fertigación	88.4 a	21.2 a	54.3 a	431.3 a	25.2 a
FB+Fertigación	102.8 a	22.3 a	50.6 a	348.9 a	20.7 a
-----Raíz ⁻¹ -----					
Testigo Absoluto	1.7 a	0.6 ab	1.80 a	2.6 a	0.5 a
Fertigación	3.2 a	0.8 a	5.9 a	2.6 a	0.6 a
FB+Fertigación	1.8 a	0.3 a	1.9 a	2.6 a	0.5 a

*Valores con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Importante es mencionar que la planta del TA que se desarrolló solo en condiciones de temporal, acumuló en la MS del follaje el 72 % del K total de la planta, la mayor proporción de K, mientras que en la MS de

raíz de esta misma planta en términos relativos superó la proporción de nutrientes determinada en la Ms de raíz de las plantas con FB+Fertigación y Fertigación.

Conclusiones

La planta de agave desarrollada con la técnica de fertigración estimuló la altura, número de hojas, biomasa y el rendimiento de piña. Independientemente del manejo del fertilizante, la planta acumuló mayor cantidad de nutrimentos en el follaje, piña y raíz. En orden descendente la planta de agave extrajo en la materia seca $Ca > K > N > Mg > P$.

Referencias

- Alva, L. E. & Riley, M. R. (2008). Utilization of cellulosic waste from tequila bagasse and production of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics by *Saccharophagus degradans*. *Biotechnology and Bioengineering*. 100(2): 882-8.
- Caro, M. A. (2010). Evaluación del bagazo de agave como fuente de azúcares para la producción de etanol. Tesis de Licenciatura. UAEM.
- Escamilla, L. L. (2012). Potential of Plants from the Genus *Agave* as *Bioenergy Crops*. *Bioenerg. Res.* 5:1-9.
- Fucikovsky, Z. L. (1999). La tristeza y muerte del agave (TMA), importante enfermedad del *Agave tequilana* Weber var. Azul. Avances de investigación. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo de México.
- Idarraga, G., Ramos, J., Zúñiga, V., Sahin, T. & Young, R. A. (1999). Pulp and paper from blue agave waste from tequila production. *J. Agric. Food Chem.* 47, 4450-4455.
- Rubio, C. R. & Pérez, J. F. (2011). Manejo de Insectos. En Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave azul. Libro Técnico No 1 (127). Consejo Regulador del Tequila. Guadalajara, Jalisco. Prometeo Editores.
- Uvalle, J. X. & y De la Torre, C. O. (2011). Nutrición. En Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave azul. Libro Técnico No 1. Consejo Regulador del Tequila. (127). Guadalajara, Jalisco. Prometeo Editores.
- Vicente, R. I. & Del Real J. I. (2007). Métodos de propagación del *Agave tequilana* Weber var. Azul. En Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila (195). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Tepatlán de Morelos Jalisco. Prometeo Editores

**ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA EL CONTROL DEL PICUDO DE MAGUEY
EN LA COMUNIDAD DE SAN LORENZO JILOTEPEQUILLO, OAXACA**Ruiz-Hernández Juan Abraham¹, Enríquez-Del Valle José Raymundo¹, Clemente-Herrera Oscar^{1&}, P. Morales-Guerra Mariano²¹Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. ²INIFAP-Campo Agrícola Experimental Valles Centrales. Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca.

& Autor de correspondencia: cleherreraoscar@hotmail.com

Resumen

El estudio evalúa el control de picudo de maguey (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) en una plantación de *Agave angustifolia* Haw en la comunidad de San Lorenzo Jilotepequillo, Yautepec, Oaxaca, en dos experimentos: 1) Uso de feromonas para el control del picudo del maguey, en que se usaron trampas con feromonas y se tomaron como tratamientos los meses en los que se colocaron las trampas (de abril a septiembre), contabilizando los insectos atrapados y renovando en las trampas, los jugos, trozos de agave y paquete con feromona cada 25 días durante seis meses. Quince trampas se distribuyeron en seis parcelas tomando como datos a los insectos atrapados; los resultados muestran que las trampas fueron más eficientes durante los meses de mayor precipitación, que fue agosto y septiembre. Experimento 2) Control del picudo de maguey mediante aplicación de hongo entomopatógeno o insecticida. Se realizó en una parcela de 1.5 ha con plantas de 3 y 4 años de edad en una densidad de 5000 plantas/ha, en la que se realizaron aplicaciones de un pesticida a base de carbofuran con una dosis de 1ml/litro de agua, y en otro grupo de plantas se aplicó control biológico con *Beauveria bassiana* a una dosis de 6.5 x 10⁹ esporas por litro de agua; además se tuvo un grupo de plantas en que no se aplicó control (testigo). El pesticida químico provocó la mortalidad del 100% de individuos de *S. acupunctatus* en menos de una semana, mientras que el hongo entomopatógeno causó una mortalidad de 70%, pero en al menos dos semanas.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, hongos entomopatógenos, *Scyphophorus interstitialis*, trampas con feromonas**Abstract**

This study evaluates the control of maguey weevil (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) in a plantation of *Agave angustifolia* Haw in the territory of San Lorenzo Jilotepequillo, Yautepec, Oaxaca, by performing two experiments: 1) Use of pheromones for the control of maguey weevil, in which pheromone traps were used and the months in which the traps were placed (from April to September) were taken as treatments, counting the trapped insects and renewing the traps, juices, pieces of agave and pheromone package each 25 days for six months. Fifteen traps were distributed in six plots taking data from the trapped *S. acupunctatus* insects; the results show that the traps were more efficient during the months of August and September, when higher rainfall occurred. Experiment 2) Control of maguey weevil by application of entomopathogenic fungus or insecticide. It was carried out on a 1.5 ha plot with three and four year old plants at a density of 5000 plants / ha, in which

applications of a carbofuran-based pesticide with a dose of 1ml / liter were made, and in another group of plants was applied biological control with *Beauveria bassiana* at a dose of 6.5×10^9 spores per liter of water; In addition, there was a group of plants in which no control (control) was applied. The chemical pesticide caused the mortality of 100% of individuals of *S. acupunctatus* in less than a week, while the entomopathogenic fungus caused a mortality of 70%, but in at least two weeks.

Key words: *Beauveria bassiana*, entomopathogen fungus, *Scyphophorus interstitialis*, traps with pheromone.

Introducción

En México existen 251 especies de Agaves, las cuales se aprovechan en múltiples actividades económicas como, obtención de fibras, azúcares, producción de mezcal, tequila y pulque. En el Estado de Oaxaca la importancia recae en las especies mezcaleras: espadín (*Agave angustifolia* Haw.), tobalá (*A. potatorum* Zucc), cuishe (*A. karwinskii*) y tepextate (*A. marmorata*), de las que hay gran demanda para usarlas de materia prima en la industria de bebidas destiladas. El precio pagado al agricultor puede llegar hasta \$12.00 kg⁻¹ de agave, por lo cual esta actividad tiene un gran realce; sin embargo, el cultivo enfrenta muchos problemas, tales como las plagas, principalmente el picudo del maguey (*Scyphophorus acupunctatus*). En la localidad participaron 23 productores de maguey, de los que el 70% producen tanto maguey como mezcal, el 30% restante solo producen maguey. Existen aproximadamente 34.5 ha sembradas de maguey, sin embargo, se presentan dos problemáticas; la plaga del picudo de maguey (*Scyphophorus interstitialis*) o *S. acupunctatus* (Curculionidae) (Ramírez, 1993), que causa daños físicos en hojas y tallo, que lleva a un decremento del rendimiento y la calidad de la piña y la segunda es el desabasto de plántula para siembra. En esta localidad un 70% de las plantaciones presentan afectaciones de grado 2 y 3% de mortandad de plantas.

En una planta se encuentran poblaciones del insecto en todas las fases de su desarrollo; y además de los agaves, otras especies vegetales son hospederos de este insecto (Bravo, 2007). El ciclo de vida de este insecto es de un año aproximadamente, y se divide en cuatro fases. Siendo en la temporada de lluvia donde existe mayor presencia de adultos y donde se han obtenido muy buenos resultados para el uso de trampas con atrayentes (Solís, 2001; Bravo, 2007; Martínez-Tenorio y Enríquez-del Valle, 2014). Se tienen datos que los daños en el rendimiento alcanzan un 40%, sin embargo, las plantas que mueren no sobrepasa el 3% (Bravo et al., 2003). El ataque es más agresivo ocurre en plantas de más de cuatro años de edad, con cantidades altas de azúcares, aunque también pueden atacar plantas jóvenes de 1 a 3 años e incluso hijuelos.

Las feromonas son sustancias que secretan los insectos para regular distintas funciones. Algunas feromonas de agregación sintéticas se usan en trampas para control del picudo de maguey. Esta innovación sirve de dos formas: 1) para el monitoreo de la plaga utilizando una trampa por hectárea y, 2) para control y reducción de la población del insecto utilizando de tres a cuatro trampas por ha (Terán, 2011). Para el caso de picudo de maguey en el estado de Oaxaca, los insecticidas carbofuran, paration metílico y acephate, han mostrado mayor efectividad en provocar mortalidad y su

acción es muy notoria en las épocas de lluvia (Bravo, 2007). Terán et al. (2012) evaluaron el control del adulto del picudo en cultivo de agave mediante la aplicación de agroquímicos que causaron 90 a 100 % de mortandad de insectos, siendo estos métodos aprobados por el SENASICA (2016).

Otra opción es el uso de organismos entomopatógenos. El género *Beauveria* es un entomopatógeno de la clase Deuteromycetes, y familia Monilaceae

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la comunidad de San Lorenzo Jilotepequillo, municipio de Santa María Ecatepec, en la sierra sur de Oaxaca, que se ubica a una altitud de 1,712 msnm, donde la precipitación anual es de 800 mm en promedio y la temperatura promedio es de 18 a 22°C (INEGI, 2015). Para cumplir con los objetivos propuestos la investigación se dividió en dos etapas con sus respectivos experimentos: Uso de feromonas para el control del picudo de maguey: en que se colocaron 15 trampas en seis parcelas, para evaluar los individuos de *S. acupunctatus* atrapados. Las trampas se elaboraron siguiendo la descripción de Bravo (2007) y consistieron de recipientes de plástico, de 5 dm³, en que se hicieron dos grandes aberturas de 15x15 cm en dos de sus paredes. En la parte inferior de la trampa se vertieron 500 ml de jugo de agave cocido y pedacería de agave, en donde se agregaron 3 ml de insecticida carbofuran. En la pared superior de la trampa se sujetó un hilo del que pendía un sobre con feromona de agregación, hasta 5 cm sobre el jugo de agave. La trampa se colocó a la sombra de las plantas de agave para evitar la evaporación de los líquidos. De las seis parcelas tres tienen un tamaño aproximado de 3 ha y las otras tres son de 2 ha, con una densidad de plantación de 5000 plantas ha.

(Berlanga y Hernández, 1999). Debido a la necesidad de generar más información sobre la efectividad de métodos de control químico y biológico, en el presente trabajo se plantearon dos objetivos: a) Evaluar en diferentes fechas la efectividad de trampas con feromona para el control del picudo de maguey; b) Evaluar el control del picudo de maguey mediante un hongo entomopatógeno y un insecticida.

1. La distancia mínima entre trampas fue de al menos 50 m, se acudió cada 25 días para contabilizar los insectos atrapados, y también para renovar los componentes de las mismas. La evaluación fue durante los meses de abril a septiembre del año 2018. En cada fecha y trampa se contabilizaron los insectos de *S. acupunctatus*, y los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias con el paquete estadístico SAS.

Control de picudo del maguey mediante aplicación de hongo entomopatógeno, insecticida (carbofuran) y el testigo. Este experimento se realizó en el paraje conocido como "El Llano", con coordenadas 16°15'06"N y 95°50'10"O, con una altitud de 1455 msnm, en una parcela de 1.5 ha en donde se tenían plantas de 3 y 4 años de edad. Antes de aplicar los tratamientos se realizó un muestreo de insectos para conocer el índice de agregación de la plaga, donde se dividieron las parcelas en 9 bloques tomando de cada bloque 9 unidades experimentales para contabilizar el número de insectos. Los tratamientos para control del insecto fueron: 1) aplicación de insecticida de nombre comercial Carbofuradan, con ingrediente activo carbofuran, 1 ml L-1, aplicados por aspersión, en tres fechas con intervalos cada 30 días; 2) aspersión de suspensión de esporas del hongo *Beauveria basiana*, en concentración de 6.5 x 10⁹ esporas cm⁻³.

Las esporas de hongo provienen del producto comercial de nombre Bauved®. La aplicación se realizó en horario de 7 a 8 de la mañana, en intervalos de cada 30 días. En los casos anteriores las dosis de cada producto se realizaron conforme a las instrucciones de su etiqueta. El grupo 3 fueron las plantas testigo, que no recibieron condición para control de insectos. El experimento se estableció de acuerdo a un diseño en bloques completamente al azar, en el cual las variables independientes fueron el método

de control y la edad de planta. La unidad experimental fue una parcela de nueve plantas y se tuvieron cuatro repeticiones. Una vez que se realizó el muestreo, el día 21 de junio se inició la aplicación de los productos y realizó la toma de datos tres días después de la aplicación de los productos y posteriormente a los 10 y 15 días de establecer el experimento. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias con el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Tabla 1. Cantidad de individuos de *S. acupunctatus* en las trampas con feromonas en la comunidad de San Lorenzo Jilotepequillo.

	Meses					
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept
Insectos en trampas^z	1.5 c	4.6 c	9.9 b	11.0 b	29.1 a	27.3 a

z = los datos mensuales son el promedio de 15 trampas. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

El análisis de varianza (Tabla 2) muestra que las temporadas del año (tratamientos) tuvieron efectos diferentes significativos ($P \leq 0.05$) en la cantidad de insectos de *S. acupunctatus* atrapados.

Tabla 2. Análisis de varianza a los tratamientos del efecto de trampas con feromonas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT ($\alpha=0.05$)
Tratamiento	5	6650.05	1330.01	143.79	2.32
Error	84	776.93	9.24		
Total	89	7426.98			

GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; FC: f calculada; FT: f de tablas.

De manera previa se obtuvo al resultado de que existe un índice de población agregado contando con un promedio de insectos de 3 por planta. Los datos obtenidos muestran

que el uso de trampas con feromona tiene diferente efectividad en relación con las

contrastantes condiciones de temperatura y precipitación pluvial, que ocurren en las diversas temporadas del año; la aplicación de hongo entomopatógeno muestra efectividad aceptable para causar la muerte de 70% de insectos, pero su uso se restringe a la temporada de alta humedad relativa, mientras que el uso de insecticida

carbofuran provoca la muerte de mayor cantidad de individuos de *S. acupunctatus* con respecto al método biológico.

Uso de feromonas para el control del picudo de maguey. Una vez colocadas las trampas en los sitios descritos anteriormente, los datos mostraron que en los meses de agosto a septiembre se capturaron más insectos. Los análisis de varianza muestran que las temporadas del año (tratamientos) tuvieron efectos diferentes significativos ($P \leq 0.05$) en la cantidad de insectos de *S. acupunctatus* atrapados. Durante los meses de agosto y septiembre se contabilizaron en promedio 29.1 y 27.3 ejemplares de *S. acupunctatus* en cada trampa, cantidades que fueron significativamente mayores (Tukey, 0.05) a los 1.5 a 11.0 insectos atrapados durante los meses de abril a julio.

La efectividad de la feromona tiene mucha relación en cuanto a índice de población de la plaga, que a su vez se relaciona con la temporada de lluvias, pues al inicio de esta temporada se detectó el aumento de la población de *S. acupunctatus*.

Se cuantificó la población del picudo del maguey, y las poblaciones de *S. acupunctatus* están presentes durante todo el año en túneles y cavidades que los insectos realizan al alimentarse de tejidos de tallo y hojas de una planta de agave. Al incrementar la población de insectos en la planta, ésta muestra deterioro progresivo, siendo la temporada de lluvias y temperaturas ambientales altas cuando los individuos adultos salen en grandes cantidades para colonizar otras plantas.

Control de picudo del maguey mediante aplicación de hongo entomopatógeno, insecticida (carbofuran) y el testigo. Después de la aplicación de los productos se iniciaron las colectas de insectos muertos; los cuales se colocaron en una

cámara húmeda para determinar posible causa de muerte.

El análisis de varianza para mortalidad mostró que los niveles del factor método de control tuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) de efecto en la mortandad de insectos. Así también, los niveles del factor edad de las plantas de agave mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) de efecto en la cantidad de insectos muertos. También la interacción de edad de las plantas por método de control, tuvo efecto significativo ($p \leq 0.05$), en la cantidad de insectos muertos. En las plantas que no se aplicó algún método de control, no se contabilizaron insectos muertos, mientras que en plantas de tres años a las que se aplicó el insecticida carbofuran se contabilizaron 14 insectos muertos, cantidad significativamente mayor (Tukey, 0.05).

Conclusiones

El uso de trampas con feromonas de atracción fue más eficiente para atrapar insectos de *S. acupunctatus* durante los meses de agosto y septiembre, en que las condiciones ambientales son de temperaturas altas (25 y 23 °C respectivamente) y lluvias (165 y 164 mm, respectivamente). La aplicación del insecticida químico con carbofuran provocó mortalidad rápida del 100%, de insectos; el método de control biológico con *Beauveria bassiana* provocó la muerte del 70% de insectos y de forma más lenta; mientras que en las plantas testigo no ocurrió muerte de insectos. Para el control del picudo de maguey se recomienda la utilización de trampas con feromonas de atracción durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

Referencias

- Berlanga M. y Hernández M. (1999). Uso de *Beauveria bassiana* como insecticida microbial. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Ficha Técnica.
- Bravo, E. et al. (2007). Tecnología para la producción de maguey mezcalero en Oaxaca. Libro técnico n° 7. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur.
- INEGI. (2015). Catálogo de localidades, cruzada nacional contra el hambre. Secretaria de Desarrollo Social. Mexico.
- Ramírez, C. (1993). Max del Henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh, biotecnología y control. Serie libro técnico INIFAP. Centro de Investigación Regional del Sureste México.
- SENASICA-DGSV. (2016). Picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal 1838) (Coleoptera: Dryophthoridae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México 13 p.
- Tenorio-Martínez, S. y J.R. Enríquez del Valle. (2014). Validación de diferentes controles de plagas y enfermedades en plantaciones comerciales de maguey. Oaxaca. Fundación Produce Oaxaca A.C., Universidad Autónoma Chapingo, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 22 p.
- Terán A. (2011). Trampas y feromonas de agregación para el cultivo de maguey. Fundación produce Tamaulipas A.C. Tamaulipas, México. Terán A. y Azuara A. 2013. El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (Agave tequilana f.a.c. weber) variedad azul. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico No. MX-0-310304-52-03-14-09-35. México D.F. 49 p.
- Terán-Vargas, A.P., Azuara-Domínguez, A., Vega-Aquino, P., Zambrano-Gutiérrez, J. and Blanco-Montero, C. (2012). Biological Effectivity of Insecticides to Control the Agave Weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. Southwestern entomologist. 37(1):47-53.

BAGAZO DE *AGAVE ANGUSTIFOLIA* Y TOTOMOXTLE, COMO SUPLEMENTO FORRAJERO ENRIQUECIDO CON *PLEUROTUS OSTREATUS*.

López Sánchez Claudia^{1&}, Reyes Rodríguez Emilene², Palma Cruz Felipe de Jesús²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, Esquina Calzada Tecnológico. C.P. 68030. Oaxaca, Oaxaca.

& Autor para correspondencia: claudina1963@gmail.com

Resumen

En Oaxaca, el *Agave angustifolia* se emplea predominantemente para la elaboración de mezcal, en donde se producen grandes cantidades de bagazo de maguey como residuo, generando un serio problema de contaminación en las fábricas o palenques. El objetivo fue elaborar mezclas utilizando bagazo de *Agave angustifolia* y totomoxtle, subproducto agrícola proveniente del maíz; evaluando en el incremento del contenido nutrimental mediante fermentación sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*. El micelio primario se obtuvo en agar de papa y dextrosa (PDA), así como en caldo de papa blanca (*Solanum tuberosum*) adicionado con agar (CPA); la mayor velocidad de crecimiento radial se observó al noveno día en PDA. Respecto del micelio secundario, se promovió su crecimiento en trigo y sorgo, utilizando tres diferentes concentraciones de micelio primario (1, 3 y 5%); la mayor velocidad de crecimiento se obtuvo en el sorgo con un 3%. Para la fermentación sólida, se prepararon combinaciones de bagazo de agave-totomoxtle de 100-0, 75-25, 50-50, 25-75 y 0-100 respectivamente. En 100% bagazo de agave y 0% totomoxtle, el contenido de proteína aumentó de 4.465 g/100g a 15.18 g/100g; para 0% bagazo de agave y 100% totomoxtle, el contenido de proteína aumentó de 4.42 g/100g a 13.64 g/100g. Dichos resultados demuestran que la proteína aportada por el hongo, está relacionada directamente con el contenido de celulosa del sustrato, lo cual se traduce en un incremento del contenido nutrimental, y su potencial uso como suplemento forrajero.

Palabras clave: bagazo de *Agave*, totomoxtle, *Pleurotus*, proteína.

Abstract

In Oaxaca, the *Agave angustifolia* is predominantly used for the elaboration of mezcal, where large amounts of maguey bagasse are produced as waste, generating a serious problem of contamination in factories or palenques. The aim of this work was to prepare mixtures using bagasse of *Agave angustifolia* and totomoxtle, which is another agricultural by-product from corn; testing the increase in nutritional content by solid fermentation with the fungus *Pleurotus ostreatus*. The primary mycelium was obtained in potato and dextrose agar (PDA), as well as in white potato broth (*Solanum tuberosum*) added with agar (CPA); the highest radial growth rate was observed on the ninth day in PDA. Regarding the secondary mycelium, its growth in wheat and sorghum was promoted, using three different

concentrations of primary mycelium (1, 3 and 5%); the highest growth rate was obtained in sorghum with 3%. For solid fermentation, *Agave-Totomoxtle* bagasse combinations of 100-0, 75-25, 50-50, 25-75 and 0-100 respectively were prepared. In 100% *Agave* bagasse and 0% totomoxtle, the protein content increased from 4.465 g / 100g to 15.18 g / 100g; for 0% *Agave* bagasse and 100% totomoxtle, the protein content increased from 4.42 g / 100g to 13.64 g / 100g. These results show that the protein provided by the fungus is directly related to the cellulose content of the substrate, which allows an increase in nutritional content, and its potential use as a forage supplement.

Key words: *Agave* bagasse, totomoxtle, *Pleurotus*, protein.

Introducción

La producción de mezcal, es una de las principales actividades económicas del estado de Oaxaca. El bagazo de maguey obtenido después de la destilación de los mostos producidos durante la fermentación, representa el subproducto más impactante al ambiente, por el gran volumen que de él se genera. La acumulación de estos residuos, causa serios problemas de contaminación en el suelo, el agua y el aire de las comunidades dedicadas a su producción. En Oaxaca, se producen anualmente, un poco más de 5 millones de toneladas de bagazo de *Agave angustifolia* o maguey espadín, como se le conoce comúnmente (Palma *et al.*, 2016). Por su parte, el totomoxtle de maíz (conjunto de gluma, lemas y paleas de la mazorca), registra una producción anual, en Oaxaca, de 2.2 mil toneladas, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2017). Ambos residuos agropecuarios, son ricos en fibra y carbohidratos, lo cual los hace excelentes candidatos para ser aprovechados como forraje.

Pleurotus ostreatus, es un hongo con un alto contenido de minerales (calcio, fósforo y hierro), carbohidratos y fibra, además de un bajo contenido de lípidos; contiene, además, vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina) y una abundante cantidad de aminoácidos esenciales. Su contenido energético se encuentra entre 250 y 350 cal/kg de hongo fresco (Heredia-Solís *et al.*, 2014). Además, es importante reconocer que la fermentación en estado sólido (FES) es la alternativa más favorable para la producción del micelio de *Pleurotus ostreatus*, debido a la eficiencia lograda en la conversión de desechos agrícolas en alimentos con alto valor nutrimental (Pineda-Insuasti *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo, consistió en incrementar el contenido nutrimental y energético de mezclas del bagazo de *A. angustifolia* con totomoxtle por fermentación sólida empleando *P. ostreatus*.

Materiales y métodos

Micelio primario.

La activación de la cepa de *Pleurotus ostreatus* se realizó empleando dos medios de cultivo: agar papa dextrosa (PDA) y caldo de papa blanca (*Solanum tuberosum*) adicionado con agar (CPA). En seguida, se procedió a realizar una cinética de crecimiento radial con mediciones cada 24 h. Cada lote experimental, contó con 10 repeticiones.

Micelio secundario.

Se lavaron y desinfectaron granos de trigo y sorgo; después se cocieron en agua por ebullición durante 15 minutos. Posteriormente, se llenaron frascos de vidrio de 500 mL a $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad, y se esterilizaron a 15 lb de presión por 15 min. A partir del micelio primario se realizó la siembra con tres porcentajes (1, 3 y 5%) con 5 repeticiones.

Fermentación sólida

El bagazo de *Agave angustifolia*, se lavó tres veces con agua caliente hasta la eliminación completa de los azúcares residuales; en seguida se secó y cortó en trozos más pequeños. El totomoxtle también fue lavado, secado y cortado en trozos pequeños. Las combinaciones en porcentaje de bagazo de agave-totomoxtle, fueron 100-0, 75-25, 50-50, 25-75 y 0-100, respectivamente; una vez pesadas las combinaciones se humedecieron hasta un 70% de humedad y se colocaron en bolsas de poli-papel hasta completar 500 g. Se pasteurizaron a 80°C durante 2 horas; después, cada bolsa se inoculó con 50 g del micelio secundario (10 % p/p) y se incubó en completa oscuridad a 26°C. Se realizaron revisiones periódicas cada 48 horas, hasta que el hongo cubrió completamente con micelio la mezcla, el diseño se detuvo una vez que las primeras bolsas mostraran colonización completa.

Análisis bromatológico

El contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra, carbohidratos y proteínas se determinaron siguiendo las técnicas de la Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2002; Tabla 1).

Tabla 1. Técnicas utilizadas en el análisis bromatológico de las mezclas enriquecidas.

Análisis (%)	Método
Humedad	AOAC 925.45
Cenizas	AOAC 923.03
Extracto etéreo	AOAC 920.39
Fibra	AOAC 962.09
Proteína	AOAC 988.05

El contenido de carbohidratos se determinó mediante la diferencia entre humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra y proteína. Así mismo el contenido energético se realizó en base al factor de Atwater a partir de proteína, extracto etéreo y carbohidratos. Se realizó previamente análisis bromatológico al bagazo de *Agave angustifolia* y totomoxtle, una vez logrado se procedió a la fermentación en estado sólido.

Análisis de datos

El análisis de varianza de dos factores (inóculo y tipo de semilla) se realizó con el programa Minitab v. 16.1.

Resultados y discusión

Se observó que *Pleurotus ostreatus* creció más rápidamente en PDA que en CPA; posiblemente debido a que el medio comercial PDA (Bioxon) posee dos fuentes de carbono: el almidón y dextrosa, en tanto que el CPA únicamente contiene almidón como fuente de carbono. La

cinética de crecimiento radial (figura 1) mostró que los diámetros (cm) fueron mayores en PDA que en CPA.

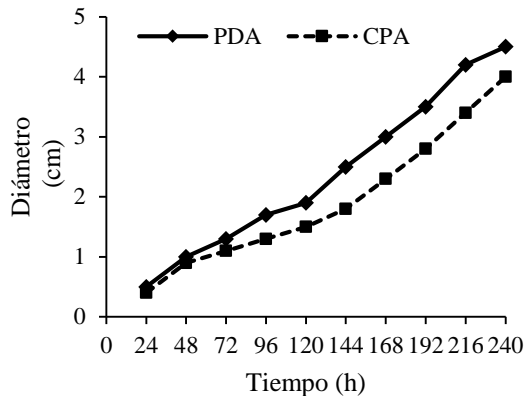


Figura 1. Cinética de crecimiento del micelio de *P. ostreatus* en los medios de cultivo PDA y CPA.

Como resultado de la producción del inóculo secundario en PDA con tres niveles de inóculo (1, 3 y 5%), se encontró que el mejor tiempo de colonización se logró con el micelio secundario en granos de sorgo en un tiempo de 8 a 9 días; para el micelio secundario en granos de trigo, el mejor tiempo de colonización se logró con el inóculo al 5% (Tabla 2).

De acuerdo al ANOVA de dos factores, se obtuvieron los siguientes resultados: Factor A (inóculo) un valor de $P=0.198$ lo que indica que no existe diferencia significativa entre la cantidad de inóculo a emplear, lo cual permitiría que en una producción a gran escala se redujeran los costos.

Tabla 2. Tiempo de colonización (días) en frascos (F).

F	Inóculo					
	1%		3%		5%	
	Sorgo	Trigo	Sorgo	Trigo	Sorgo	Trigo
1	9	11.25	8	12	10	11
2	9	12	8	12	8	10
3	9	12	8	11	8	12
4	9	11	8	11	8	11
5	9	10	8	10	8	11
\bar{x}	9	11.3	8	11.2	8.4	11
σ	0	0.83	0	0.84	0.89	0.71

\bar{x} - Promedio; σ - Desviación estándar.

En el caso del Factor B (tipo de semilla) se obtuvo un valor de $P= 0.000$ lo que demuestra que sí existe diferencia significativa en el tipo de semilla con respecto al tiempo de colonización. Por su parte el análisis de medias, mostró que los menores tiempos de colonización se presentan en la semilla de sorgo, por lo cual debe considerarse como el mejor inóculo secundario para la producción de semilla (del hongo), posiblemente debido al contenido de proteína del 11% (Chuck-Hernández *et al.*, 2011) superior al del trigo del 9.9 % (Chaquilla-Quilca *et al.*, 2018).

Así mismo, es importante identificar los valores resultantes del análisis bromatológico de los sustratos empleados antes de la fermentación sólida (Tabla 3), sobre todo porque el valor en el contenido de proteína del tomomoxtle es menor a lo ya reportado por Anrique *et al.* (2014), y Estrada (2016). Aunque los valores para del contenido proteico de *Agave angustifolia* aquí reportados, son mejores que los obtenidos por Delgadillo *et al.* (2015) con *A. salmiana* y *A. weberi*; así como los de Estrada (2016), también con *A. angustifolia*.

Tabla 3. Análisis bromatológico de los sustratos sin inóculo fúngico.

Análisis (%)	Bagazo de <i>Agave angustifolia</i>	Totomoxtle
Humedad	7.78	8.65
Cenizas	4.19	2.20
Proteínas	4.47	4.42
Extracto etéreo	0.15	1.32
Fibra cruda	2.81	3.90
Carbohidratos	88.38	88.15
Contenido energético (Kcal)	378.35	390.10

Los sustratos fermentados en sólido con *Pleurotus ostreatus* a las 840 horas, (5 semanas) según el contenido de proteína resultante del análisis bromatológico (Tabla 4), están en el rango superior a lo recomendado en las dietas para vacas lecheras (12 % de proteína) (Anrique *et al.*, 2014), y para novillos (10.25 % de proteína) (Estrada, 2016).

Los mejores resultados se observaron en los extremos de los experimentos agave-totomoxtle (100-0 y 0-100) respectivamente. En la combinación 100-0 el contenido de proteína aumentó de 4.46% a 15.18%; este valor es mayor a lo reportado por Heredia-Solís *et al.* (2014) quienes emplearon *Agave salmiana* y *Agave weberi* con una concentración de proteínas de 3.7% y 3.17% respectivamente (Tabla 4).

En la combinación agave-totomoxtle 0-100, el contenido de proteína se incrementó de 4.41 a 13.64%; lo cual resulta mayor a lo reportado por Romero-Arenas *et al.*, (2018), quienes analizaron forrajes elaborados a base de rastrojo de maíz suplementando con alfalfa deshidratada, alcanzando una concentración de proteína de 4.9 % (sin suplemento) y de 8.93% (con suplemento). El crecimiento en sustrato, requirió del 10% de inóculo primario para que el sustrato 100% agave (con tratamiento) resultara con porcentajes de proteína significativos de entre 14.68-15.68%.

Tabla 4. Análisis bromatológico de los sustratos combinados, con inóculo fúngico.

Análisis (%)	Combinación Bagazo de <i>Agave angustifolia</i> -totomoxtle				
	100-0	75-25	50-50	25-75	0-100
Humedad	68.15	71.68	71.22	68.43	73.19
Cenizas	1.19	1.62	1.19	2.24	4.19
Proteínas	15.18	11.92	10.72	11.80	13.64
Extracto etéreo	0.10	0.57	0.69	0.43	1.03
Fibra cruda	1.42	1.10	2.24	1.32	6.25
Carbohidratos	82.11	83.88	85.15	84.23	74.95
Contenido energético (Kcal)	392.90	392.35	394.20	390.60	376.0

Por su parte, el sustrato 100% totomoxtle (con tratamiento), casi igualó a los valores antes mencionados, con 13.48 a 13.80 %. Todo esto significa que después de la

fermentación sólida con *P. ostreatus*, los tratamientos sí tienen un incremento en el contenido proteico que casi triplica a los valores iniciales sin tratamiento.

Conclusiones

La activación primaria de la cepa *Pleurotus ostreatus*, tuvo sus mejores resultados en PDA; mismo que fue utilizado como inóculo para la propagación en frascos con granos de trigo y sorgo; en tanto que el inóculo secundario, resultó tener mejor propagación en granos de sorgo que en granos de trigo; dicha propagación tuvo un tiempo promedio de colonización de 8 días. Estos datos demuestran que al emplear *Pleurotus ostreatus* en la fermentación sólida de *Agave angustifolia* y totomoxtle, sí se incrementa la concentración de los componentes nutrimentales, y de esta manera son factibles de emplearse como suplementos forrajeros.

Referencias

- Anrique, G. R., Molina, S. X., Alfaro, M. & Saldaña, P. R. (2014). Composición de alimentos para el ganado bovino. Cuarta edición. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. 91 p.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). Official Methods of Analysis. 17th Edition, *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, MD, Official Methods 920.39; 923.03; 925.45; 962.09; 988.05.
- Chaquilla-Quilca, G., Balandrán-Quintana, R.R., Mendoza-Wilson, A.M. & Mercado-Ruiz, J.N. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 12 (2), 137-147.
- Chuck-Hernández, E., Pérez-Carrillo, E., Heredia-Olea, E. & Serna-Saldívar S.O. (2011). Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10 (3), 529-549.
- Delgadillo Ruíz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., & Muro Reyes, A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11, 2099-2103.
- Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) (2017). Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/>
- Estrada Calvo, M. I. (2016). Bromatología y digestibilidad del bagazo de agave (*Agave angustifolia*), para su uso en la nutrición animal. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. División de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 74 p.
- Heredia-Solís, A., Esparza-Ibarra, E., Romero-Bautista, L., Cabral-Arellano, F., & Bañuelos-Valenzuela, R. (2014). Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de Ciencia*, 1(5), 103-110.
- Olivera, A. A., Caballero Caballero, M., Alavéz Ramírez, R., Chiñas Castillo, F., Montes Bernabé, J. L., & Silva Rivera, M. E. (2018). Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de *Agave angustifolia* Haw. como mortero ligero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21, 4406-4415.
- Palma, F., Pérez, P., y Meza, V. (2016). Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca. COPLADE. Oaxaca, México. 83 p. <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/6.%20CV%20MEZCAL.pdf>

- Pineda-Insuasti, J. A., Ramos-Sánchez, L. B., & Soto-Arroyave, C. P. (2014). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión. *ICIDCA. Revista Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(2), 13-23.
- Romero-Arenas, O., Valencia-Delta, M. A., Rivera-Tapia, A., Tello-Salgado, I., Espino-Barros, V., & Damián-Huanto, M. M. A. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15 (2), 145-160.

EFFECTO DE LOS FRUCTANOS DE AGAVE SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDA

Arredondo Robles, Josué Antonio Hernández Granados, María José, Mendoza Carrillo José Mario y Franco Robles Elena[&]

¹Universidad de Guanajuato. Departamento de Veterinaria y Zootecnia. Campus Irapuato-Salamanca. División de Ciencias de la Vida. Ex Hacienda El Copal, Km. 9. Carretera Irapuato-Silao A.P. 311. C.P. 36500. Irapuato, Guanajuato.

[&]Autor para correspondencia: e.francorobles@ugto.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo es demostrar los efectos de los fructanos en la alimentación de pollo de engorda como alternativa posible a los antibióticos promotores de crecimiento (APC), sobre las variables zootécnicas ingesta de alimento, ganancia de peso y la conversión alimenticia. Se realizó un estudio experimental comparativo con 72 pollos machos de la estirpe Ross 308. Se formaron 3 grupos: un grupo control (SPC), un grupo con tratamiento de fructanos de *Agave tequilana* al 1g/kg (PRE) y un grupo con antibiótico promotor de crecimiento (Bacitracina de Zinc) (APC) durante 49 días. Se monitoreó el consumo de alimento y cada semana se pesó a los animales para obtener la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Los resultados muestran una mejor ganancia de peso del grupo PRE (3219.22 g) en comparación al grupo control SPC (2837.55 g) y al grupo APC (3028.77 g), el consumo de alimento fue menor en el grupo APC (6740.02 g), seguido del grupo PRE (6795.57 g) y con un mayor consumo el grupo SPC (7064.61 g). El índice de conversión fue mejor para el grupo PRE siendo de 2.1, es decir, son necesarios 2.1 kg de alimento para generar un kg de carne, mientras que para el grupo APC fue de 2.2 y para el grupo SPC fue de 2.4. Con estos resultados demostramos que los fructanos al 1g/kg mejoran la conversión alimenticia y son buen sustituto de los APC en pollos de engorda.

Palabras clave: APC, conversión alimenticia, peso, tequilana.

Abstract

The aim of this work is to demonstrate the effects of fructans on broiler feed as a possible alternative to growth promoting antibiotics, on zootechnical variables like the food intake, the weight gain and the food conversion. An experimental comparative study was performed with seventy -two male chickens of the Ross 308 line. Three groups were established a group with 1% *A. tequilana* agave fructans from Mieles Campos Azules (PRE) and a group with antibiotic promoter of growth (Zinc Bacitacin) (APC) for 49 days. Feed consumption was monitored, and animals were weighed every week in order to determined the weight gain, feed intakes and feed conversion. The results show a better weight gain in the PRE group (3219.22 g) compared to the SPC control group (2837.55 g) and the APC group (3028.77 g),

food consumption was lower in the APC group (6740.02 ± 55.31 g), followed by the PRE group (6795.57 g) and with higher consumption the SPC group (7064.61 g). The conversion rate was better for the PRE group being 2.1, which means that 2.1 kg of food are needed to generate a kg of meat, while for the APC group it was 2.2 and for the SPC group it was 2.4. The result show that 1% fructans improve the food conversion, then they are a good substitute for growth-promoting antibiotics in broilers.

Key words: APC, feed conversion, weight, *tequilana*.

Introducción

La avicultura mexicana en 2017 aportó el 0.737% en el PIB total, el 23.18% en el PIB agropecuario y el 37.22% en el PIB pecuario. Para el cierre de 2018, se proyectó una generación de 1 millón 277 mil empleos por esta actividad, mientras que en 2017 generó 1 millón 258 mil empleos, siendo 1 millón 64 mil directos y más 212 mil indirectos. Cabe mencionar que el 60 % de los empleos los genera la rama avícola de pollo, el 38% la de huevo y solo un 2% la de pavo (UNA, 2018). De acuerdo con las perspectivas de la FAO, se proyecta que la producción de carne crezca a una tasa promedio anual de 2.9% entre 2016 y 2025. Así, al final del período se ubicaría en 3.9 millones de toneladas. En tanto, el consumo se incrementará a una tasa media anual de 2.2% en el periodo de referencia, de manera que presentará niveles de 4.7 millones de toneladas en 2025. Así, la producción y el consumo nacional continuarán con una tendencia ascendente; durante la última década (OCDE-FAO, 2016).

Para favorecer la producción de carne y alcanzar estos números, en los últimos años se han empleado en la alimentación animal, antibióticos como promotores de

crecimiento (APC) en dosis sub-terapéuticas; los cuales no sólo influyen en las poblaciones microbianas intestinales y sus actividades, sino, además, afectan el metabolismo de los animales y alteran específicamente la función intestinal (Roa *et al.*, 2018). En la actualidad, la preocupación mundial sobre el desarrollo de la resistencia a los antimicrobianos y la transferencia de genes de resistencia a los antibióticos de los animales a la microbiota humana, condujo a la prohibición total del uso de APC en la Unión Europea desde el 1 de enero 2006 (Neeraj, 2016). Según Buclaw (2017), en la inulina o fructanos, subyace el hecho de que no es digerido por las enzimas digestivas del huésped, concluyendo que pueden ser beneficiosos para la producción de carne en aves, mejorando el consumo de alimento y la conversión alimenticia. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los fructanos de agave como alternativa para sustituir a los APC sobre los parámetros productivos: ingesta de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, en pollos de engorda de la estirpe Ross 308.

Materiales y métodos

Localización. El estudio *in vivo* se llevó a cabo en el Laboratorio de Diagnóstico clínico y bioterio del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato, ubicado en la comunidad El copal, carretera Irapuato-Silao km 9 perteneciente al municipio de Irapuato, Guanajuato. Animales experimentales. Se realizó un estudio experimental comparativo con 72 pollos machos de la estirpe Ross 308, de un día de nacidos, no vacunados y con un peso promedio de 42g. El periodo experimental tuvo una duración de 49 días. Instalación. Los pollos fueron confinados con condiciones de ventilación, temperatura e iluminación controladas como lo indica el Manual de Manejo del Pollo de Engorde Ross. Manejo Sanitario. Para la recepción de los pollos, se realizó lavado, limpieza y desinfección de la nave, cortinas, comederos y bebederos; además, se hizo el control de roedores e insectos con productos obtenidos en casas comerciales. Diseño experimental. A los pollos se les proporcionó una dieta comercial. La alimentación de todos los pollos se dividió en dos etapas, del día 1 al 21 se administró alimento de iniciación y del día 22 al 49 el de finalización. La distribución de los pollos en los grupos de tratamiento se realizó completamente al azar considerando un tamaño de muestra de 24 animales por grupo (3 repeticiones de n=8), los tratamientos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución y tratamientos usados durante el experimento.

Grupo	Tratamientos
SPC	Dieta comercial <i>ad libitum</i> Agua <i>ad libitum</i>
APC	Dieta comercial <i>ad libitum</i> + 0.25g/kg de Bacitracina de Zinc Agua <i>ad libitum</i>
PRE	Dieta comercial <i>ad libitum</i> + 1g/kg de Fructanos de Agave de Mielles Campos Azules SA de CV Agua <i>ad libitum</i>

SPC: grupo sin promotor de crecimiento;
APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico.

Desarrollo del experimento. Se determinó la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia según lo indicado por Quintana (2011), con las siguientes formulas:

Consumo de alimento= alimento ofrecido–
alimento rechazado.

Ganancia media de peso= (peso final–peso
inicial) / tiempo.

Índice de conversión= (consumo de
alimento) / (ganancia media de peso).

Análisis estadístico. Los datos se evaluaron mediante la prueba de ANOVA para verificar si existe diferencia significativa entre los grupos. Se utilizó una prueba post hoc de Tukey para encontrar cuales grupos fueron diferentes. Los datos se presentaron como media \pm error estándar. Se considera una $p < 0.05$ como significativa, se corrieron las pruebas con el programa estadístico Statistica 8.0.

3028.77 g. En la tabla 2 se muestra la ganancia semanal.

Resultados y Discusión

Consumo de alimento

Existen diferencias significativas entre tratamientos durante las primeras 3 semanas. Sin embargo, a partir de la semana 4, el grupo con mayor consumo de alimento acumulado fue SPC (7064.61±49.06 g), mientras que los de menor consumo fueron PRE (6795.57±69.82 g) APC (6740.02±55.31 g) (figura 1).

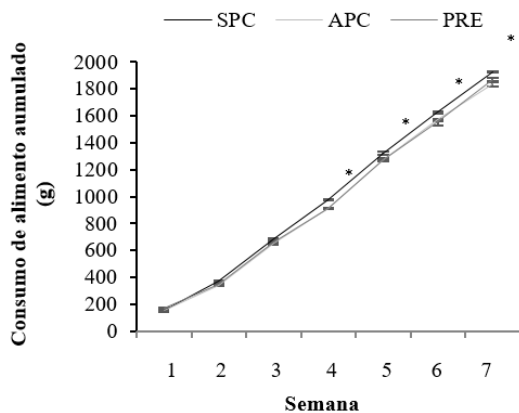


Figura 1. Consumo de alimento acumulado durante las 7 semanas de tratamiento. SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico; * $p < 0.05$. Es así como el grupo APC disminuyó 4.5% el consumo de alimento, mientras que el grupo PRE solamente lo disminuyó 3.8%, con respecto al grupo control.

Ganancia media de peso

En esta variable productiva no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero si tendencia a una mayor ganancia de peso para el grupo PRE con 3219.22±149.2 g como ganancia total, siendo el SPC el de menor ganancia de peso total (2837.55 g), mientras que el grupo APC obtuvo

Tabla 2. Ganancia de peso durante las 7 semanas de tratamiento.

Semana	SPC	APC	PRE
	g		
1	142.9±5.7	136.7±2.7	145.7±2.8
2	242.2±2.9	249.4±0.3	248.8±9.1
3	376.3±7.7	379.2±10.5	371.8±2.9
4	479.9±10.8	493.6±15.5	490.3±4.7
5	599.1±43.4	636.8±47.7	659.4±28.1
6	559.1±61.9	624.59±31.1	642.6±67.1
7	437.7±21.8	508.11±10.3	659.6±14.2

SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico. Con lo anterior evidenciamos que el tratamiento con fructanos mejoró un 13.4% la ganancia media de peso, mientras que el tratamiento con APC solamente un 6.7%, con respecto al control.

Índice de conversión

Como se muestra en la figura 2, el grupo PRE fue el que obtuvo la mejor conversión con 2.11, seguido de APC con 2.22 (5.2% mejor que SPC) y por último SPC con 2.48 (17.5% mejor que SPC).

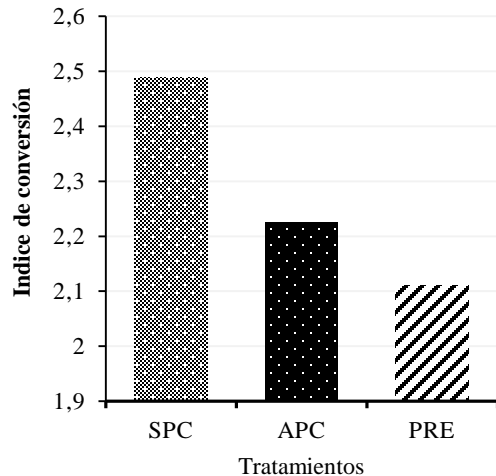


Figura 2. Conversión alimenticia de los diferentes tratamientos. SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico.

Según Aviagen (2014), el consumo de alimento se puede ver influenciado sustancialmente por diversos factores incluyendo el manejo de la parvada, la calidad del alimento, el estado de salud y las condiciones climáticas, a pesar de esto los resultados muestran un mayor consumo para los grupos con tratamientos (APC y PRE) lo que indica que los APC actuaron de manera adecuada a pesar de los factores que pudieron influir en el consumo. Hashemi y Davoodi (2010) mencionan que el efecto antibacteriano de los prebióticos está estrechamente relacionado al ecosistema microbiano intestinal al controlar las bacterias patógenas y sus toxinas y en consecuencia, mejorando la digestibilidad de los nutrientes. En el presente estudio demostramos que existe tendencia a la mejoría en los parámetros productivos del grupo tratado con prebióticos derivados de fructanos de Agave. Al respecto García y López (2016) en su estudio *in vitro* indica que esto se puede deber a una eubiosis del ecosistema microbiano intestinal,

incrementando su actividad fermentativa y brindando un mejor aprovechamiento de los nutrientes alimenticios brindados en la dieta suministrada, y con ello un consumo menor de alimento con mejora en la conversión alimenticia obteniendo un mayor pesaje final.

Los prebióticos tienen una función directa sobre la microbiota la cual ha sido asociada a mejoras en el peso y desarrollo del intestino (Franz *et al.*, 2011); esto debido a que favorecen el crecimiento de las vellosidades intestinales, y a su vez, aumentan la actividad enzimática, el transporte y la absorción de nutrientes en el epitelio intestinal (Giang *et al.*, 2010). Lo anterior fundamenta los resultados demostrados en los pollos de engorda tratados con fructanos de agave, los cuales mejoran la conversión alimenticia.

Conclusiones

Se demostró que los fructanos de Agave al 1g/kg mejoran los parámetros productivos en pollos de engorda, por lo que se considera un mejor aditivo en comparación a los antibióticos promotores de crecimiento. Se recomienda realizar más estudios para evaluar los posibles beneficios de los fructanos de Agave a nivel microbiota y de salud en pollos de engorda para consumo humano.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad y el apoyo para poder llevar a cabo esta investigación en el área avícola, y en especial a la Dra. Elena Franco Robles, al Dr. José Mario Mendoza Carrillo y a la Lic. MVZ María José Hernández Granados que contribuyeron al desarrollo del proyecto y a la revisión y redacción de este extenso. Por su donación e interés en la investigación, a la empresa Mielles Campos Azules S.A. de C.V.

Referencias

- Aviagen. (2014). Manuel de manejo del pollo de engorda. Rps; 134 pag. Disponible en: eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilertHambook2014-Es.pdf Consultado: Julio 20 del 2019.
- Franz, C.M., Huch, M., Abriouel, H., Holzapfel, W. & Gálvez, A. (2011). Enterococci as probiotics and their implications in food safety. *Int J Food Microbiol*, 151: 125-140.
- García, C.Y. & Lopez, P.M.J. (2016). Fructanos de Agave: aditivos prebióticos con potencialidades de uso en la nutrición y salud animal. Departamento de Fisiología y Bioquímica, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba. Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigaciones y Estudios de Avanzadas del IPN-Unidad Irapuato (CINVESTAV), México; 9 pág.
- Giang, H.H., Viet, T.Q., Ogle, B. & Lindberg, J.E. (2010). Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria. *Livest Sci*, 129: 95-103.
- Hashemi SR, & Davoodi. (2010). Phytogenics as new class of feed additive in poultry industry. *J Anim Vet Adv*, 9: 2295-2304.
- Musa, H.H., Wu, S.L., Zhu, C.H., Seri, H.I. & Zhu, G.Q. (2009). The potential benefits of probiotics in animal production and health. *J Anim Vet Adv*, 8: 313-321.
- Neeraj K.S. (2016). Revisión sobre promotores de crecimiento natural disponibles para mejorar la salud intestinal de las aves de corral: una alternativa a los promotores de crecimiento antibiótico. *Asian Journal of Poultry Science*, 10, 1-29.
- OCDE-FAO. (2016). Perspectivas Agrícolas 2016-2025 [online]. Enfoque especial África subsahariana. Disponible en la web: <http://www.fao.org/3/a-i5778s.pdf>
- Quintana, J.A. (2011). Avitecnia manejo de las aves domésticas más comunes. Ed. Trillas.
- Roa., M.L., Guzmán, Y.E. & Navarro, C.A. (2018). Efecto del uso de probióticos en la morfometría intestinal de pollos de engorde. *Archivos de zootecnia*, 57 (260), 486-492.
- Tsirtsikos, P., Fegeros, K., Balaskas, C., Kominakis, A. & Mountzouris, K.C. (2012). Dietary probiotic inclusion level modulates intestinal mucin composition and mucosal morphology in broilers. *Poult Sci*, 91: 1860-1868.
- UNA. (2018). Situación de la avicultura mexicana [online]. Disponible en la web: <http://www.una.org.mx/index.php/p-anorama/situacion-de-la-avicultura-mexicana>

USO DE FRUCTANOS DE AGAVE EN POLLOS PARA CONSUMO HUMANO: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ALOMÉTRICOS

Vázquez Vázquez Ángeles Fernanda, Hernández Granados María José, García Munguía Carlos Alberto y Franco Robles Elena[&].

Departamento de Veterinaria y Zootecnia. Campus Irapuato-Salamanca. División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. Ex Hacienda El Copal, Km. 9. Carretera Irapuato-Silao A.P. 311. C.P. 36500. Irapuato, Guanajuato.

[&]Autor para correspondencia: e.francorobles@ugto.mx

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los fructanos de agave sobre parámetros alométricos y pH intestinal, como alternativa para reemplazar el uso indiscriminado de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la dieta de pollos de engorda. Se utilizaron 72 pollos machos de la estirpe Ross 308. Se formaron 3 grupos: un grupo control (SPC), un grupo con tratamiento de fructanos de *Agave tequilana* al 1% (PRE) y un grupo con APC (Bacitracina de Zinc) (APC) durante 49 días. Los resultados muestran un mayor crecimiento, estadísticamente significativo, en el tracto gastrointestinal (TGI) y en el hígado de los pollos del grupo PRE (190.36 y 62.72 g) respecto al grupo APC (165.84 y 47.88 g). En la longitud del TGI también se encontró diferencia estadísticamente significativa del grupo PRE respecto al grupo APC (216.2 y 186.8 cm). El pH muestra una acidez estadísticamente significativa en el ciego derecho del grupo PRE respecto al grupo APC (7.38 y 8.1) y al grupo SPC (7.96). Con esto se ha demostrado que el uso de APC retarda el desarrollo del sistema digestivo, limitando la capacidad para utilizar nutrientes dietarios, efecto contrario al uso de fructanos, los cuales aparte de mejorar el desarrollo del sistema digestivo, modifican el pH cecal al estimular a la microbiota. Por lo anterior, los fructanos de *Agave tequilana* al 1g/kg, pueden ser considerados como buena alternativa para sustituir a los antibióticos como promotores de crecimiento en la dieta de pollos para consumo humano.

Palabras clave: aditivo, antibiótico promotor de crecimiento, microbiota, tracto gastrointestinal.

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of Agave fructans on allometric parameters and intestinal pH, as an alternative to replace the indiscriminate use of growth promoting antibiotics (APC). Seventy-two male chickens from the Ross 308 line were used. Three groups were formed: a control group (SPC), a group with 1% Agave fructans from Campos Azules (PRE) and a group with GPA (Zinc Bacitracin) (APC) for 49 days. The results indicated a statistically significant greater growth in the gastrointestinal tract (TGI) and in the liver of chickens of the PRE group (190.36 y 62.72 g) with respect to the APC group (62.72 y 47.88 g). In the length of the TGI there are also statistically significant differences of the PRE group with respect to the APC group (216.2 y 186.8 cm). The pH shows a statistically significant acidity in the cecum right cecal content of the PRE group with respect

to the APC group (7.38 y 8.1) and the SPC group (7.96). It was shown that the use of *Agave tequilana* fructans at 1g / kg improves the development of the digestive system, modifying the cecal pH by modify microbiota, Agave fructans are considered as a good alternative to replace (APC) in the chicken diet for human consumption.

Key words: additive, antibiotic growth promoter, microbiota, gastrointestinal tract.

Introducción

Desde hace años, la industria avícola ha utilizado los antibióticos promotores de crecimiento (APC) como aditivos en pollos de engorda para consumo humano, con el propósito de mejorar la producción de carne a través de una mayor conversión alimenticia, promoción de la tasa de crecimiento y la prevención de enfermedades en los animales (Chattopadhyay, 2014 y Vuong *et al.*, 2016). Sin embargo, la evidencia científica sugiere que el uso masivo de estos compuestos ha provocado un mayor problema de resistencia microbiana y la presencia de residuos de antibióticos en los piensos y el medio ambiente (González-Ronquillo *et al.*, 2017), comprometiendo la salud humana y animal, razones por las cuales fueron prohibidos completamente en las dietas para animales en la Unión Europea (Nawab *et al.*, 2019). Así se ha investigado el uso de prebióticos, particularmente los fructanos de agave, como una alternativa de reemplazo a los APC en la alimentación aviar (Diarra y Malouin, 2014).

Los fructanos de agave al ser consumidos, son fermentados por la microbiota

benéfica del tracto gastrointestinal, generando ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el colon e íleon, obteniéndose como productos del metabolismo anaerobio: el propionato, acetato, butirato y lactato (Franco-Robles y López-Pérez, 2015). Este incremento en los AGCC produce una disminución del pH que da lugar a una reducción de bacterias proteolíticas pertenecientes a los géneros *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* y *Escherichia coli*. Al mismo tiempo, se aprecia un aumento de bacterias intestinales sacarolíticas pertenecientes a los géneros *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, es decir, modificándose la microbiota hacia una composición más saludable (Park *et al.*, 2016). Además, diversas investigaciones sustentan la idea de que el uso de prebióticos puede producir un incremento de la longitud de las vellosidades intestinales, así como de la propia longitud del intestino (Abudabos *et al.*, 2015; Al-Baadani *et al.*, 2016). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los fructanos de Agave sobre parámetros alométricos y pH intestinal en pollos de engorda.

Materiales y Métodos

Localización. El estudio *in vivo* se llevó a cabo en el Laboratorio de Diagnóstico clínico y bioterio del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato. Animales experimentales. Se realizó un estudio experimental comparativo con 72 pollos machos de la estirpe Ross, de un día de nacidos, no vacunados y con un peso promedio de 42 g. El periodo experimental tuvo una duración de 49 días. Diseño experimental. A las aves se les proporcionó una dieta comercial, la cual se dividió en dos etapas; del día 1 al 21 se administró un alimento de iniciación (23% proteína; 5% grasa; 4% fibra) y del día 22 al 49 se administró un alimento de finalización (21% proteína; 5% grasa; 4% fibra). Las aves se dividieron completamente al azar en tres grupos considerando un tamaño de muestra de 24 animales por grupo (3 repeticiones de 8). Se conformaron los siguientes tratamientos:

1. GRUPO SPC: aves control con dieta estándar, agua *ad libitum*, sin aditivos.
2. GRUPO APC: tratamiento con Bacitracina de Zn como aditivo a una dosis de 0.25g/kg en la dieta estándar y agua *ad libitum*.
3. GRUPO PRE: tratamiento con fructanos de agave a una dosis de 1g/kg de la empresa Mieles Campos Azules S.A. de C.V como aditivo en la dieta estándar y agua *ad libitum*.

Al finalizar el estudio se realizó la eutanasia con base a lo establecido a la NOM-033-SAG/ZOO-2014, para la posteriormente colección del TGI y el hígado para los estudios a realizar.

VARIABLES DE ESTUDIO

Determinación del pH en contenido gastrointestinal. Se colocaron 0.2 g de cada muestra de contenido intestinal (intestino delgado, ciego izquierdo y ciego derecho) en 2.4 mL de agua desionizada. Posteriormente se colocó el electrodo del potenciómetro y se determinó el pH (Vásquez *et al.*, 2012). Alometría: Peso y longitud de órganos. Inmediatamente después de la recolección del TGI y del hígado, se pesaron y se midió todo el tracto, expresándolo en gramos y centímetros, respectivamente. Análisis estadístico. Los datos fueron evaluados mediante la prueba de ANOVA para estimar si existe diferencia significativa entre los grupos. Se utilizó una prueba post hoc de Tukey para encontrar cuales grupos son diferentes. Los datos se presentan como media \pm error estándar. Se consideró una $p < 0.05$ como significativa.

Resultados y discusión

Efecto de los fructanos de agave sobre la disminución de pH intestinal. En el intestino delgado no se encontró diferencia estadística en los niveles de pH en los diferentes tratamientos; mientras que, con el grupo con PRE en el ciego izquierdo (7.5 ± 0.08) y ciego derecho (7.38 ± 0.1) se muestra una disminución estadísticamente significativa ($p < 0.05$), con respecto al grupo APC ciego izquierdo: 8.02 ± 0.1 ; ciego derecho: 8.1 ± 0.1 y al grupo SPC ciego izquierdo: 8.1 ± 0.1 ; ciego derecho: 7.96 ± 0.1 (figura 1).

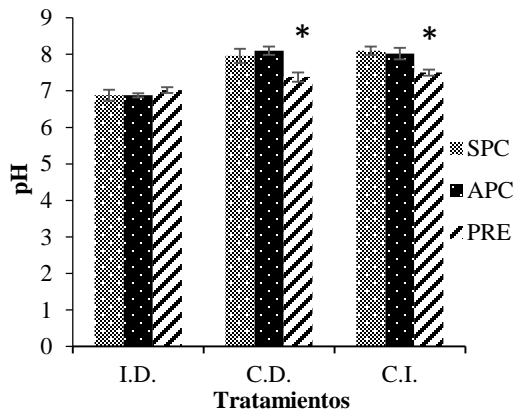


Figura 1. Determinación de pH intestinal. SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico; I.D.: Intestino delgado; C.D.: ciego derecho; C.I.: ciego izquierdo. * significancia $p < 0.05$.

Parámetros alométricos

Peso de órganos.

Hígado: El peso final del hígado mostró diferencias significativas ($p < 0,01$) en el grupo con PRE, respecto al grupo con APC (tabla 1). Tracto gastrointestinal (TGI). El peso final de todo el TGI presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el grupo con PRE, respecto al grupo con APC y al grupo SPC (Tabla 1).

Tabla 1. Peso de hígado y tracto gastrointestinal (TGI) al día 49.

Grupo	Hígado (g)	T.G.I. (g)
SPC	53.41±2.7	166.88±6.1
APC	47.88±3.4	165.84±4.3
PRE	62.72±1.7*	190.36±6.8*

SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico. * significancia $p < 0.05$.

Longitud intestinal.

Como se muestra en la figura 2, se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el crecimiento longitudinal en el intestino con el grupo PRE (216.2 ± 6.3 cm) con respecto al grupo APC (186.8 ± 5.6 cm), no se encontraron diferencias respecto al grupo SPC (207 ± 2.4 cm).

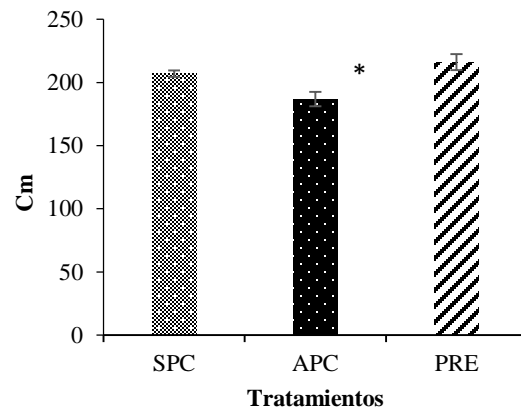


Figura 2. Longitud final del TGI. SPC: grupo sin promotor de crecimiento; APC: grupo con antibiótico promotor de crecimiento; PRE: grupo con prebiótico. * significancia $p < 0.05$. En este estudio encontramos mayores pesos de órganos en los pollos alimentados con fructanos de agave en comparación con la dieta que contenía antibiótico, constatando que con la utilización de este tipo de prebióticos se incrementa el desarrollo de órganos del animal. Según Chávez et al. (2016), las líneas genéticas de pollos utilizadas actualmente tienen un crecimiento más rápido, por lo que necesitan que sus órganos tengan un desarrollo acelerado, lo que se obtuvo en los animales que consumieron fructanos de agave. La inclusión de prebióticos en la dieta de pollos de engorda permite el rápido desarrollo de las bacterias benéficas en el tracto digestivo, mejorando su rendimiento, como consecuencia, hay una mejora en el ambiente intestinal,

aumentando la eficiencia de los procesos de digestión y absorción de nutrientes, los cuales se ven reflejados en las ganancias de peso y por consiguiente en el desarrollo de los órganos. Diversas investigaciones sustentan la idea de que el uso de prebióticos puede producir un incremento de la longitud de las vellosidades intestinales, así como de la propia longitud del intestino (Abadabus *et al.*, 2015; Al-Baadani *et al.*, 2016). En el caso concreto de los fructanos, Yusrizal y Chen (2003) evaluaron los efectos de la inclusión de FOS e inulina en el pienso (1g/kg) sobre las características intestinales de los pollos (42 días de edad), y evidenciaron que la oligofructosa aumenta la longitud y peso absoluto tanto del intestino delgado como del grueso y que ambos prebióticos incrementan la densidad de las vellosidades en el yeyuno. Así también, Jaramillo (2011) encontró diferencias significativas en el peso absoluto del hígado al día 22 en pollos de engorda, teniendo menos pesos en el grupo control y el antibiótico, obteniéndose mayor peso el grupo orgánico, seguido por el grupo con prebióticos. Dichos estudios podrían sustentar que la adición de prebióticos tiene un efecto sobre el crecimiento intestinal y hepático, que puede estar correlacionado con un mayor crecimiento de la mucosa intestinal especialmente en el número y tamaño de vellosidades intestinales y una mayor tasa metabólica. Según Samal y Behura (2015), los prebióticos aumentan la producción de ácidos grasos de cadena corta (SCFA) que disminuyen el pH de la luz intestinal y su contenido, lo que coincide con los resultados mostrados donde concluimos que la mayor actividad prebiótico-microbiota se da en los ciegos, el derecho principalmente, y que el tratamiento con prebióticos es el más apropiado ya que llega a esta zona del tracto gastrointestinal y estimula la microbiota encontrada ahí.

Los resultados obtenidos del pH del ciego derecho e izquierdo intestinal mostraron que la inclusión de fructanos de agave cambia significativamente ($p < 0,05$) con respecto al grupo APC y el grupo SPC, dada a su potencia para estimular a la microbiota. Desde los años 80, Roediger (1980) demostró que dichas variaciones de pH encontradas en el ciego pueden estar relacionadas con el tipo de (AGCC) que produce la microbiota (acético, propiónico y butírico), la oxidación de estos ácidos suple el 60-70% de las necesidades energéticas de los enterocitos, desempeñando una función importante en la homeostasis del lumen intestinal, favoreciendo el crecimiento de bacterias benéficas y reduciendo el crecimiento de bacterias patógenas, la cual incide en un deterioro de los enterocitos. Jaramillo (2012) encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la variación de pH en íleon y ciego en el tratamiento con prebiótico (7.34) con respecto al grupo control (7.40) y el antibiótico (Bacitracina de Zinc) (7.36), así también García *et al.* (2012) observaron la capacidad de crecimiento y fermentación de *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp. en presencia del extracto seco de *Agave fourcroydes* (henequén) en condiciones *in vitro*.

Conclusiones

Se demostró que los fructanos de agave mejoran el desarrollo del sistema digestivo y modifican el pH cecal al estimular la microbiota, por lo que se considera una buena alternativa para suplir a los antibióticos promotores de crecimiento. Los fructanos actuaron sobre el pH de los ciegos, por lo cual se recomienda evaluar los diferentes AGCC con el fin de determinar el efecto directo del prebiótico de agave sobre los ciegos y su microbiota, así como su efecto sobre los enterocitos, el tamaño de estos y del órgano en general.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad y el apoyo para poder llevar a cabo esta investigación en el área avícola, en especial a la Dra. Elena Franco Robles, al Dr. Carlos Alberto García Munguía y a la Lic. MVZ María José Hernández Granados que contribuyeron al desarrollo experimental, a la revisión y redacción de este extenso. Por su donación e interés en la investigación, a la empresa Mieles Campos Azules S.A. de C.V.

Referencias

- Abudabus, A.M., Al-Batshan, H.A. & Murshed, M.A. (2015). Effects of prebiotics and probiotics on the performance and bacterial colonization of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 45 (4).
- Al-Baadani, H.H., Abudabos, A.M., Al-Mufarrej, S.I. & Alzawqari, M. (2016). Effects of dietary inclusion of probiotics, prebiotics and synbiotics on intestinal histological changes in challenged broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 46 (2).
- Chattopadhyay, M.K. (2014). Use of antibiotics as feed additives: a burning question. *Front Microbiol*, 5:334.
- Chávez, L.A., López, A. & Parra, J.A. (2016). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. *Archivos zootécnicos*, 65(249): 51-58.
- Diarra MS & Malouin F. (2014). Antibiotics in canadian poultry productions and anticipated alternatives. *Front Microbiol*, 5:282.
- Franco-Robles, E. & M.G López. (2015). Implication of Fructans in Health: Immunomodulatory and Antioxidant Mechanisms. *The Scientific World Journal*.
- García, Y., López G.M., R. Bocourt, R., Rodríguez, Z., Urias-Silvas, J. & Herrera, M. (2012). Fermentación *in vitro* del extracto de Agave fourcroydes (henequén) por bacterias ácido lácticas. *Rev Cub Ciencia Agrícola*, 46 (2).
- González-Ronquillo M & Ángeles-Hernández JC. (2017). Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Contr* 72:255-67. Part B.
- Jaramillo, Á.H. (2012) Evaluación de la mezcla de un ácido orgánico y un prebiótico en los parámetros productivos y alométricos de pollos de engorde con alimentación controlada. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5 (1).
- Nawab, A., Liu, W., Li, G., Ibtisham, F., Fox, D., Zhao, Y., Wo, J., Xiao, M., Nawab, Y. & An, A. (2019). The Potential Role of Probiotics (nutraceuticals) in Gut Health of Domestic Animals; an Alternative to Antibiotic Growth Promoters. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 69(4), 1169-1188.
- Park, S.H., Lee, S.I. & Ricke, S.C. (2016). Microbial populations in naked neck chicken ceca raised on pasture flock fed with commercial yeast cell wall prebiotics via an illumina miseq platform. *PLoS One*, 11.
- Roediger, W. (1980). The place of short-chain fatty acids in colonocyte metabolism in health and ulcerative colitis: The impaired colonocyte barrier. In: Cummings, J. H., Rombeau, J.L., Sakata, T., editors. *Physiological and Clinical Aspects of Fia* UK: Cambridge University Press; S.F. pp. 337-51.

- Samal, L. & Behura, N.C. (2015). Prebiotics: An Emerging Nutritional Approach for Improving Gut. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(11): 724-739.
- Yong, C.N., Chou, W-K., Harguis, B.M. & Bielke, L.R. (2016). Role of probiotics on immune function and their relationship to antibiotic growth promoters in poultry, a brief review. *International Journal of Probiotics & Prebiotics*, 11, 1.
- Yusrizal, Y. & Chen, T.C. (2003). Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *International Journal Poultry Science*, 2, 214-219.

CARBOHIDRATOS DEL ALIMENTO DULCE "YAVI YA'O" ELABORADO CON AGAVE SPP. EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA

Elizabeth García López¹, Claudia López Sánchez^{2&}, Jorge Miguel Martínez Canseco²,
Felipe de Jesús Palma Cruz¹

¹ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. ² Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.

& Autor de correspondencia: claudina1963@gmail.com

Resumen.

El alimento dulce tradicional Yavi Ya 'o, a base de yavi o maguey (*Agave* spp.) y ntuja o coyul (*Oxalis lasiandra*), se sigue elaborando en la región Mixteca. El objetivo fue sistematizar el proceso de elaboración del alimento y analizar físico-químicamente el producto final, para la determinación de azúcares reductores, sólidos solubles totales, pH, contenido de fructosa, y la determinación de glucosa por el método enzimático. Los resultados obtenidos muestran que, para la preparación del alimento, se utiliza la parte basal de tres especies de *Agave*: *A. potatorum*, *A. nussaviorum* y *A. seemanniana*; junto con tallos y hojas de *Oxalis lasiandra* y agua. El tiempo de cocción varió entre 3 y 5 horas. Por su parte, *Agave nussaviorum* presentó el valor más alto en grados brix, con 32.5%; así como 34.48% de azúcares reductores totales; estos últimos son hidrolizados con la ayuda de la temperatura de la cocción y la acidez de *Oxalis*, que mostró una variación que inició con un pH de 2.84 a 3.42 y se redujo finalmente a valores de 2.52 a 2.9; lográndose con ello, la ruptura de los fructooligosacáridos hasta la formación de oligosacáridos. También se encontró que *Agave nussaviorum* posee los valores más altos de fructosa con 8.91 % y de glucosa con 1.05 %; sin embargo, en lo referente a los azúcares reductores totales y directos, existe una diferencia de porcentajes que indican que los azúcares no se hidrolizaron completamente. La cantidad encontrada de carbohidratos ubican a este alimento con un valor energético alto.

Palabras clave: *Agave*, alimento tradicional, carbohidratos, *Oxalis*

Abstract.

The traditional sweet food Yavi Ya 'or, based on yavi or maguey (*Agave* spp.) and ntuja or coyul (*Oxalis lasiandra*), is still elaborated in the Mixteca region. The objective was to systematize the food preparation process and analyze the final product physically and chemically, for the determination of reducing sugars, total soluble solids pH, fructose content, and the determination of glucose by the enzymatic method. The results obtained show that for the preparation of the food, the basal part of three species of *Agave* is used: *A.*

potatorum, *A. nussaviorum* and *A. seemanniana*; along with stems and leaves of *Oxalis lasiandra* and water. The cooking time varied between 3 and 5 hours. On the other hand, *Agave nussaviorum* presented the highest value of brix degrees, with 32.5%; as well as 34.48% of total reducing sugars; the latter are hydrolysed with the help of the cooking temperature and the acidity of *Oxalis*, which showed a variation that started with a pH from 2.84 to 3.42 and was finally reduced to values of 2.52 to 2.9; achieving this, the breakdown of fructooligosaccharides until the formation of oligosaccharides. It was also found that *Agave nussaviorum* has the highest values of fructose with 8.91% and glucose with 1.05%; however, in relation to total and direct reducing sugars, we found a difference in percentages that indicate that the sugars were not completely hydrolyzed. This food has a high energy content due to the amount of carbohydrates.

Key words: *Agave*, traditional food, carbohydrates, *Oxalis*.

Introducción

El alimento dulce tradicional Yavi Ya'ó, elaborado a base de yavi o maguey (*Agave* spp.) y ntuja o coyul (*Oxalis lasiandra*), se sigue produciendo en algunas comunidades de la Región Mixteca, como parte complementaria de su dieta. Es importante reconocer que los agaves tienen como reserva polímeros de fructosa (fructooligosacáridos), en lugar de glucosa, tales como la inulina, que constituye entre el 85 y 90% del total de los carbohidratos referidos (Bautista *et al.*, 2001). La hidrólisis de la inulina depende de factores como la temperatura, pH y el tiempo de cocción, por lo que es importante controlar estos parámetros ya

Materiales y métodos

Para la estandarización del proceso de elaboración del alimento dulce tradicional, se utilizaron los datos del muestreo en campo. Por lo cual, se emplearon trozos de la parte basal de las hojas de tres especies silvestres de agave:

que, a temperaturas altas, los azúcares reductores pueden ser degradados por la reacción de Maillard o bien pueden caramelizarse (Cedeño, 1995; López y Urías-Silva, 2007). Por lo mencionado el alimento dulce tradicional es producido por la hidrólisis ácida y térmica de los fructanos durante la cocción; la hidrólisis ácida se atribuye a las plantas de *Oxalis*, las cuales contienen un ácido débil que les confiere propiedades hidrolizantes, mismas que actúan sobre el polisacárido de reserva del *Agave*. Este trabajo, tuvo como objetivo: estandarizar el proceso de elaboración del alimento dulce tradicional elaborado a base de agave, así como la determinación de sus propiedades a partir de análisis fisicoquímico.

A. potatorum, *A. seemanniana*, y *A. nussaviorum*, así como tallos y hojas de *Oxalis lasiandra* (Figura 1); y agua en cantidades suficientes. Para la elaboración del alimento dulce, se requirieron proporciones de *Agave Oxalis* de 2:1; enseguida se sometieron a una temperatura de 85 a 98 °C, para su cocción

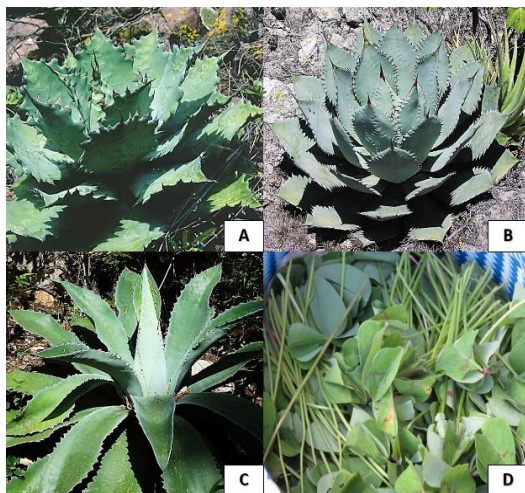


Figura 1. Materias primas para la elaboración del dulce tradicional: A. *nussaviorum* (A); *A. potatorum* (B); *A. seemanniana* (C); y *Oxalis lasiandra* (D).

Las técnicas físico-químicas empleadas para analizar el alimento elaborado conforme lo referido anteriormente, fueron: a) azúcares reductores totales (ART) y azúcares reductores disponibles (ARD) (AOAC, 2002); b) SST (AOAC, 2002); c) pH; d) contenido de fructosa por el método de Hessler, basado en la reacción de la p-anisidina en ácido fosfórico; e) determinación de glucosa por el método enzimático oxidasa/peroxidasa

(GOP/POD), y por último se realizó una cinética de hidrólisis y de grados Brix tomando muestras del alimento elaborado, cada hora durante el tiempo que duró la cocción. Para determinar el comportamiento ácido de *Oxalis lasiandra*, se puso a ebullir por un lapso de 3 horas, utilizando tres diferentes concentraciones de la planta: 3, 5 y 10%, realizando mediciones del pH resultante al inicio del proceso y al final del mismo.

Resultados y discusión

El tiempo promedio de cocción del alimento dulce fue de 3 h 16 min (cuadro 1), lo cual es menor a lo que convencionalmente sucede en las comunidades, posiblemente debido a la cantidad de materia prima utilizada. En el caso de la diferencia entre los ART y los ARD (Tabla 1), se puede asumir que la hidrólisis de los azúcares es incompleta, es decir que en el dulce pudieran encontrarse fructanos presentes. Con respecto al contenido de glucosa y fructosa, los mejores valores se presentaron en el alimento preparado con *Agave nussaviorum*; y de acuerdo con su porcentaje de carbohidratos, ubican a dicho alimento con un alto valor energético.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos de los alimentos dulces estandarizados.

Especie de Agave	Tempo de cocción(h)	pH	SST °Brix	ARD %	ART %	Glucosa %	Fructosa %
<i>A. nussaviorum</i>	3.0	3.3	15	9.2	10.8	1.05	8.91
<i>A. potatorum</i>	3.30	3.6	11	6.5	7.9	1.32	6.05
<i>A. seemanniana</i>	3.20	3.5	7	2.7	3.4	0.02	2.03

Solidos solubles totales (SST), azúcares reductores directos (ARD), azúcares reductores totales (ART).

Durante la determinación del comportamiento ácido de *Oxalis*, se observó que el pH producido, disminuye aún más hacia el final de la cocción (Tabla 2), lo cual también se ve reflejado en las características del alimento final, como se verá posteriormente.

Tabla 2. Variación de pH en diferentes concentraciones de *Oxalis*.

Concentración de <i>Oxalis</i> fresco (%)	pH	
	Inicial	Final
3	3.42	2.90
5	3.03	2.88
10	2.84	2.52

Por otra parte, de las tres especies de agave utilizadas para la preparación del alimento dulce, *A. nussaviorum* presentó el mayor porcentaje de ART y SST con 32.5 y 34.48% respectivamente. También se observó una ligera variación entre los SST y los azúcares reductores entre *A. nussaviorum* y *A. potatorum*, y ambos tienen casi el doble de ART y SST que *A. seemanniana* (figura 2). A este respecto, Bautista-Justo et al. (2001), encontraron que existe una correlación directa entre SST y ART, y que los agaves que se encuentran en un intervalo de 25 a 30% de ART se clasifican como de buena calidad; con lo cual, inferimos que el sabor dulce del alimento preparado con *A. potatorum* o con *A. nussaviorum*, se debe a esa condición referida (figura 2).

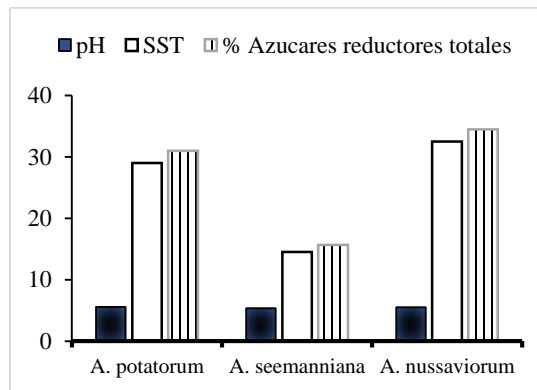


Figura 2. Valores de pH, SST y ART de los agaves estudiados.

La ruptura de los oligosacáridos mediante la hidrólisis para su conversión en el alimento tradicional, ocurre bajo las condiciones de pH ácido producidas por *Oxalis* (Tabla 2). Ello se observó porque durante la cinética para la cocción del alimento se tomaron muestras cada hora, con un pH inicial de 4.04, el cual se redujo a 3.91 en el final del proceso (figura 3). Sin embargo, los SST se duplicaron como producto de la cocción (figura 4), lo que nos hace suponer que la hidrólisis ácida catalizada por *Oxalis* es la responsable del rompimiento de los fructooligosacáridos.

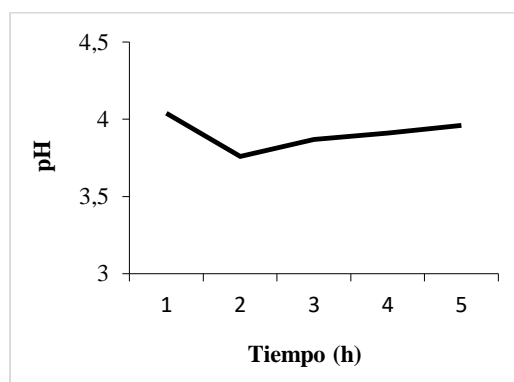


Figura 3. Cinética de la hidrólisis del alimento dulce tradicional.

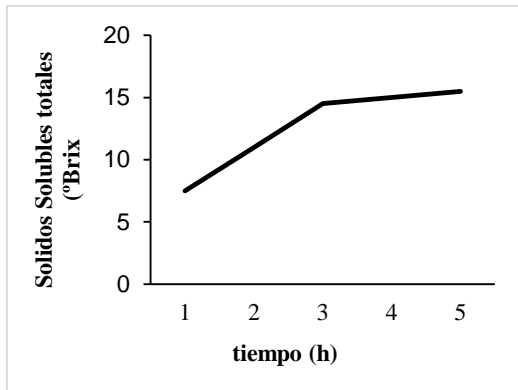


Figura 4. Comportamiento de los sólidos solubles totales durante la cinética de cocción del alimento dulce tradicional.

Conclusiones

La sistematización del proceso de elaboración del alimento dulce tradicional elaborado a base de *Agave-Oxalis*, así como el análisis del producto final, nos permitieron confirmar que la proporción de la materia prima es de 2:1, la temperatura de cocción que produce los mejores resultados debe variar entre 80 y 95°C con un lapso promedio de tiempo de 3 h 16 min.

Se concluye que los valores de SST y azúcares reductores entre *A. nussaviorum* y *A. potatorum* son muy cercanos, sin embargo, ambos tienen casi el doble de ART y SST que *A. seemanniana*. En lo que respecta a los SST y su duplicación durante la cocción, se reconoce que dicho resultado es el producto de dicho proceso y que la hidrólisis ácida catalizada por

Oxalis es la responsable del rompimiento de los fructooligosacáridos del agave y de su incorporación al alimento final. De acuerdo con el porcentaje de carbohidratos reportados por los análisis practicados, ubican al alimento dulce tradicional de la Mixteca con un alto valor energético.

Referencias

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). Official Methods of Analysis. 17th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Bautista Justo, M., García Oropeza, L., Salcedo Hernández, R., & Parra Negrete, L. A. (2001). Azúcares en agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria*, 11(1), 33-38.
- Cedeño, M. (1995). Tequila production. *Critical Review in Biotechnology*, 15, 1-11.
- Hessler, L. E. (1995). Sensitive colorimetric method for determination of fructose. *Analytical Chemistry*, 31 (7), 1234-1236.
- López, M. G. & Urías-Silva, J. E. (2007). Agave fructans as prebiotics. *Recent Advances in Fructooligosaccharides Research*, 37, 1-14.
- Trinder, P. (1969). Determination of glucose in Blood using glucose oxidase with an alternative oxygen. *Annals of Clinical Biochemistry*, 6, 24-27.

APROVECHAMIENTO DE LA PULPA DE BAGAZO DE MAGUEY A. ANGUSTIFOLIA COMO HARINA PANIFICABLE

Laura Victoria Aquino González¹, María del Carmen Avendaño Rito^{1&}, Isaac Rogelio Hernández Herrera², Cecilia Santiago Mateo²

¹Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN-OAXACA). Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán CP. 71230, Oaxaca. ²Escuela de Ciencias Económico-Administrativas Universidad La Salle Oaxaca. Camino a San Agustín 407, Santa Cruz Xoxocotlán, CP.71230, Oaxaca.

& Autor para correspondencia: mavri75@hotmail.com

Resumen

El objetivo principal de este estudio fue determinar las condiciones en las cuales se debe procesar la pulpa de las fibras de bagazo de *Agave angustifolia* para obtener un pan de buena calidad en cuanto a textura, emulsión y formación de miga. Para la obtención de los residuos finos de la pulpa de bagazo se empleó una técnica de secado solar de 10 kilogramos de bagazo, una vez secas la fibras se procedió a la obtención de residuos mediante fricción de las mismas obteniendo 30% de harina. En este estudio se establecieron diferentes proporciones harina de agave en recetas de pan, los factores a considerar en cada receta fueron: concentración de finos, humedad y tiempo de fermentación, los cuales influyeron en las propiedades idóneas organolépticas del pan como son color, sabor y textura. Se comprobó que los residuos finos obtenidos del proceso de secado solar y fricción de la pulpa de bagazo de agave presentan una alta capacidad de absorción de agua, por tanto esta propiedad favorece la hidratación de productos panificables previo a la incorporación de la harina. Se concluye que estos residuos en una concentración menor al combinarse con harina pueden ser utilizados para la elaboración de productos panificables.

Palabras clave: *Agave angustifolia*, harina panificable, residuos de bagazo.

Abstract

The main objective of this study was to determine the conditions under which the pulp of the bagasse fibers of agave *angustifolia* should be processed to obtain a good quality bread in terms of texture, emulsion and crumb formation. To obtain the fine residues of the bagasse pulp, a solar drying technique of 10 kilograms of bagasse was used, once the fibers were dried, waste was obtained by friction of them obtaining 30% flour. In this study different proportions of agave flour were established in bread recipes, the factors to be considered in each recipe were: concentration of fines, humidity and fermentation time, which influenced the ideal organoleptic properties of bread such as color, flavor and texture. It was found that the fine residues obtained from the solar drying and friction process of the agave bagasse pulp have a high water absorption capacity, therefore this property favors the hydration of bakery products prior to the incorporation of the flour. It is concluded that these residues in

a lower concentration when combined with flour can be used for the production of bakery products.

Key words: *Agave angustifolia*, baking flour, bagasse waste.

Introducción

En esta última década la contaminación ambiental por procesos originados de las actividades de las empresas ha generado una alerta mundial, Cury *et al.*, (2017) señalan que las agroindustrias actualmente no son valoradas únicamente por su productividad y desempeño económico también son valoradas por su impacto al medio ambiente, el cual puede ser un factor que influya en su permanencia en el mercado, ya que los consumidores están cada día más pendientes de los daños que pueda ocasionar una empresa al ecosistema, así que este mismo factor puede representar una ventaja para la misma si dentro de su planeación cuenta con programas de protección ambiental en todos sus procesos y dentro de estos está incluido la disposición de residuos.

México genera una gran cantidad de residuos agroindustriales provenientes de tres sectores económicos, los principales son el sector pecuario, la industria alimentaria y la industria de bebidas dentro de esta última se encuentra la industria del mezcal, la cual a pesar de que sus procesos son de carácter artesanal no se encuentra alejada de este problema, para cumplir las demandas del mercado los palenques mezcaleros han aumentado su producción; tan solo en 2018 el aumento de la producción en Oaxaca se estima que fue de 30% (Morales, 2018) lo cual se traduce en un aumento de residuos de agave que tienen un impacto negativo en el ecosistema y en la salud pública; Rioja-Scott (2018), señala que "todos los procesos de destilado de alcohol producen una cantidad relevante de subproducto residual en el proceso. En el caso del

mezcal, por cada botella de 750 ml, la cantidad de residuo es de 10 a 12 litros de vinaza y de 15 a 20 kg de bagazo", debido al aumento anual de la demanda de esta bebida incrementa el daño ambiental por el aumento en la generación de residuos.

Algunas alternativas para reducir el impacto ambiental y el daño a la salud pública, se han orientado al aprovechamiento del bagazo de agave hacia el sector agrícola, ganadero y de materiales para la construcción (Heredia *et al.*, 2014; Payá *et al.*, 2002).

Munasinghe (2009), menciona que la función ambiental comprende la relación simétrica entre la agricultura y las condiciones biofísicas del medio ambiente para mantener la viabilidad y la salud global de los ecosistemas, así como el conocimiento sobre el aprovechamiento racional de los recursos naturales en la obtención de materias primas alimentarias de origen agrícola. Los residuos de algunos productos alimenticios contienen compuestos con valor nutrimental (Gondim *et al.*, 2005). El procesamiento de estos residuos en harina lo convierte en un producto seguro con capacidad nutritiva ya que, al reducir el contenido de humedad, reducen las reacciones químicas y microbiológicas, incrementa su valor nutrimental, es fuente de fibra y minerales (Izidoro *et al.*, 2008).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar las condiciones en las cuales se debe procesar la pulpa de las fibras de bagazo de agave *Angustifolia* para obtener la formulación de una harina fortificada con agave que permita elaborar un pan de buena calidad en cuanto a textura, emulsión y formación de miga.

Materiales y métodos

Selección y preparación de materia prima

Se recolectaron 10 kg bagazo de agave (*A. angustifolia*) del palenque El Cortijo ubicado en Santiago Matatlán Oaxaca. El bagazo seleccionado presentó mayor cantidad de pulpa adherida a la fibra. La pulpa se secó en un secador solar híbrido sin marca durante 7 días para garantizar su completo secado. La pulpa residual se separó de la fibra por medio de una fricción manual y posteriormente se molió con un molino Pulvex marca Carejoy UYIO para reducción de tamaño y se tamizó en una malla 100 para obtener un tamaño de partícula de 149 μm aproximadamente lo cual le confiere una granulometría semejante a la harina de trigo cuyo rango se encuentra entre 125-250 μm . Se determinó el rendimiento de la harina de pulpa residual de agave: peso de harina de agave obtenida en relación al peso de bagazo usado.

Capacidad de absorción de agua subjetiva de la harina de agave

La capacidad de absorción de agua subjetiva es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa de consistencia apropiada; se utilizó la metodología descrita por Flores-Farias *et al.* (2002). Se pesaron 10 g de harina, adicionándose agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia. La cantidad de agua adicionada se registró como la capacidad de absorción de agua de la harina en mL de agua/100 g de harina.

Formulación de harina fortificada con pulpa residual de agave

La harina fortificada de agave se formuló usando como base 1 kg harina de trigo de fuerza con harina de pulpa residual de agave las concentraciones usadas fueron: 10, 20 y 30 % (% de harina de agave/kg de harina de trigo).

Panificación de pan tipo concha

Se realizaron pruebas de panificación con las harinas formuladas, en este proceso se elaboró pan dulce tipo concha cuyos materiales fueron harina fortificada, azúcar, agua, aceite, piloncillo, miel de agave, mantequilla y huevo. La costra de la concha se elaboró con harina, azúcar glass, mantequilla y vainilla. El procesado de la masa consistió en pesar los ingredientes líquidos y sólidos en una báscula marca Just Home con capacidad de 10 kg. Los ingredientes sólidos se mezclaron gradualmente incorporando los ingredientes líquidos, se amasó hasta obtener una masa elástica y manejable, se dejó en reposo a temperatura ambiente. Se aplicó posteriormente un segundo amasado con reposo a temperatura ambiente para lograr una primera fermentación. La masa se seccionó para bolear y se reposó para una segunda fermentación. Transcurrida la segunda fermentación se colocó en la parte superior del bollo la costra de la concha. Las conchas se hornearon en un horno de gas tipo convectivo marca San-Son durante 15 min cuidando su rotación para garantizar una buena cocción. Se evaluó la absorción de agua en la harina durante del amasado, el efecto de la concentración sobre el tiempo de fermentación y las propiedades visuales del producto final.

Resultados

Rendimiento de harina de agave

De los 10 kg de bagazo de agave deshidratado se obtuvieron 3 kg de pulpa residual deshidratada, por lo tanto, el rendimiento de harina de agave (figura 1) por kg de bagazo de agave corresponde al 30 % (w/w). El rendimiento de harina de agave es suficiente para la fortificación de harina de trigo ya que el aprovechamiento de este residuo disminuye el impacto ambiental y de acuerdo con Almaraz et al., (2017) bajo las condiciones adecuadas puede ser un excelente soporte o sustrato para la fermentación en estado sólido.

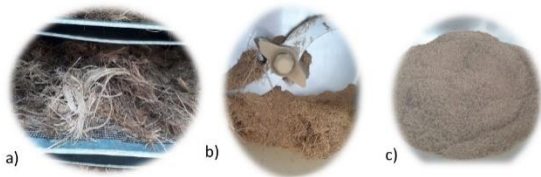


Figura 1. Procesamiento de la harina de pulpa residual de agave. a) bagazo deshidratado, b) pulpa molida, c) harina de agave. Elaboración propia

Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua obtenida por la harina de agave fue 2.5 (25 ml de agua/ 10 g de harina) lo cual indica que se encuentra por arriba de la capacidad de absorción de agua de la harina de trigo que tiene una capacidad de 1.92 y muy cercana a la harina de quinoa con una capacidad de 2.31 según lo reportado por Rodríguez et al., (2010), que considera que la capacidad de absorción de agua es un parámetro que muestra la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas que se

afectan por la relación amilosa/amilopectina en términos de peso/distribución, grado, longitud y conformación de la cadena y por lo tanto, a capacidad de absorción de agua es un índice de calidad de una harina para panificable.

Panificación de pan tipo concha

En la tabla 1 se presenta el porcentaje de agua requerida para la hidratación de la harina fortificada con pulpa residual de agave. Se observa que al incrementar el porcentaje de harina de pulpa residual de agave se requiere de un mayor % de agua. En el caso de 30% de harina se requiere una relación del 100% de agua por peso de harina, es decir por cada 100 g de harina se requieren de 100 g de agua. La harina de agave proporciona una mayor capacidad de absorción de agua a la harina de trigo y por lo tanto facilita su amasado.

Tabla 1. Porcentaje de agua requerida para la hidratación de harina fortificada con pulpa residual de agave. Elaboración propia.

Harina de trigo	Harina de pulpa residual de agave	Agua para hidratación
90	10	80
80	20	90
70	30	100

Durante la primera fermentación se observó que la masas que contienen 20 y 30 % de harina de agave requirieron de un tiempo de fermentación de 35 min, para la masa con 10 % de harina de agave el tiempo de fermentación fue de 25 min, todas las masas presentaron buena humectación, en esta primera fermentación la eleudación de la masa fue

mínima. La coloración de la masa es ligeramente amarillenta. En la segunda fermentación se observó un cambio de color a color café de la masa siendo evidente en masas con mayor concentración de harina de agave, sin embargo, la humectabilidad se perdió ya que presentaron agrietamientos, baja eleudación y un tiempo de fermentación de 25 min. En la masa con 10 % el tiempo de fermentación fue de 15 min, buena humectación y duplicó la eleudación. El tiempo de horneado para el pan fue de 15 minutos a 180°C (figura 2).



Figura 2. Pan tipo concha antes y después del horneado.

El pan concho obtenido presentó las siguientes características físicas a 30% de harina de agave mayor coloración café, sin embargo, no hay una buena formación de miga con apelmazamiento de material, con 20% de harina el pan presenta mejor formación de miga un café menos intenso, mayor suavidad y menor apelmazamiento, con 10% de harina no hay apelmazamiento, presenta una coloración ligeramente a caramelo hay mayor

formación de miga y el pan es muy suave. En los panes obtenidos se detectó un ligero aroma de agave cocido y se observó una tendencia de color al café de acuerdo con la concentración de harina de agave utilizada (figura 3).



Figura 3. Formación de miga en pan tipo concha de acuerdo a concentración de harina de agave a) 10%, b) 20% y c) 30%.

Conclusiones

La separación de pulpa residual del bagazo de agave es posible mediante el uso de procesos mecánicos simples, además de que su aprovechamiento tiene un impacto económico, social y ambiental para la población dedicada a la producción de mezcal reduciendo el impacto ambiental y el riesgo de salud pública. La harina obtenida de la pulpa residual de bagazo de agave es un producto que puede ser combinada con harina de trigo para su fortificación, tiene una alta capacidad de absorción de agua que favorece a las harinas usadas para la panificación. La concentración de 10 % de harina de agave es óptima para la fortificación de harina fuerza de trigo ya que facilita el amasado, la humectación de la masa, hay mejor formación de miga, genera un producto panificado de mejor calidad.

Referencias

Almaraz Peralta, I., Robledo Olivo, A., Cruz Hernández, A., & Vázquez Martínez. (2017). Producción de enzimas ligninocelulósicas a partir del uso de

- residuos de *Agave salmiana* como soporte-sustrato. Coahuila, México.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 122-132.
- D.R. Izidoro, A.D.P. Scheer, M.F.D.O. N egre, C.W.I. Haminiuk, M.R. Sierakowski (2008), Avaliação físico-química, colorimétrica e aceitação sensorial de emulsão estabilizada com polpa de banana verde. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 67 (3) pp. 167-176
- Flores Farías, Rivelino; Martínez Bustos, Fernando; Salinas Moreno, Yolanda; Ríos, Elvira (2002) Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, vol. 36, núm. 5, septiembre-octubre, 2002, pp. 557-567
- Heredia S. A, Esparza I. E, Romero B. L, Cabral A. F. Bañuelos V. R. (2014) Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de ciencias*. 103-110.
- J.A.M. Gondim, M.D.F.V. Moura, A.S. Dantas, R.L.S. Medeiros, K.M. Santos (2005), Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25 (4). pp. 825-827.
- Morales J. 2018 "Aumenta en 30% la producción en Mezcal en Oaxaca", recuperado en: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/mezcal-oaxaca-aumenta-en-30-por-ciento-produccion/>
- Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V., Serna, P., Velázquez, S., Ordóñez, L.M., 2002. El factor de eficacia cementante de puzolanas silíceas y silicoaluminosas muy reactivas. VIII Congreso Nacional de Propiedades Mecánicas de Sólidos, Gandía, Valencia, España, 2002. Pp. 591-600.
- Rioja-Scott I. "Informe especial de Mezcal" recuperado en: <https://www.industriaalimenticia.com/articulos/89556-informe-especial-de-mezcal>.

CIIDIR IPN UNIDAD OAXACA

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Oaxaca.

Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230.
Oaxaca.

Teléfono: (951) 517 0610 Ext. 82720, 82769.

<https://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/>