

Ensayos

Adaptabilidad de *Agave potatorum* Zucc. a las condiciones ambientales y socioeconómicas de Río Azucena, San Juan Mixtepec, Oaxaca

Resumen

A pesar de que *A. potatorum* produce un mezcal de alta calidad, se desconoce su adaptabilidad a ambientes oaxaqueños. Para determinar ésta al entorno ambiental de la comunidad Río Azucena, se valoró la vegetación, el suelo, el sustrato geológico y la exposición del terreno a la luz solar. Su compatibilidad con las condiciones socioeconómicas se determinó por la información que brindaron los maestros mezcaleros. Se encontraron condiciones óptimas para el cultivo de *A. potatorum*, las cuales están caracterizadas por una altitud promedio de 1750 m, predominio de la selva baja caducifolia, suelos de la clase Leptosoles y laderas con exposición oriental. Se detectaron las siguientes fortalezas y oportunidades: tradición ancestral en la producción de mezcal; la actividad mezcalera es altamente valorada por los habitantes; recientes plantaciones de *A. angustifolia* Haw. e interés por introducir *A. potatorum*; la actividad mezcalera no compete por mano de obra con la agrícola; existe una organización que permite utilizar eficientemente los dos palenques; la población habla español, mixteco e inglés. Como debilidades y amenazas se detectaron una deficiente comercialización y el picudo del maguey, plaga importante en plantaciones de magueyes mezcaleros. Se concluyó que el potencial para cultivar *A. potatorum* en Río Azucena es alto.

Abstract

Although *Agave potatorum* produces high-quality mezcal, we do not know how adaptable it is to the Oaxacan environment. To determine this for the Río Azucena community's environment, we evaluated its vegetation, its soil, its geological substrate, and its land's exposure to solar rays. Its compatibility with social-economic conditions was determined by information provided by mezcal producers. Optimal conditions were found for the cultivation of *A. potatorum*. Among these conditions are an average altitude of 1750 m, a predominance of tropical deciduous forests, Leptosol soil, and east-facing slopes. The following strengths and opportunities were identified: an ancestral tradition of mezcal production; the high esteem with which the residents regard mezcal-related activity, recent *A. angustifolia* Haw. fields and an interest in introducing *A. potatorum* a, the fact that mezcal-related activity does not compete for labor with agriculture, an extant organization that allows for the operation of two production centers, and the fact that people speak Spanish, Mixteco and English. The following weaknesses were identified: weak marketing and the agave beetle, which is a prominent pest for agave plantations. We concluded that there is great potential for *A. potatorum* production in the Río Azucena community.

Résumé

Même si *A. potatorum* produit un mezcal de haute qualité, on ne connaît pas son adaptabilité aux environnements de Oaxaca. Pour déterminer celle-ci à l'environnement de la communauté de Río Azucena, on a pris en compte la végétation, le sol, le substrat géologique et l'exposition du terrain à la lumière du soleil. La compatibilité avec les conditions socio-économiques a été déterminée par l'information donnée par les producteurs de mezcal. On a pu ainsi déterminer les conditions optimales pour la culture de *A. potatorum*: altitude moyenne de 1750 m, prédominance de forêt basse caducifoliée, sols de type Leptosols et versants avec exposition à l'est. On a détecté les points forts et avantages suivants: tradition ancestrale de la production de mezcal, activité de production de mezcal hautement valorisée par les habitants, plantations récentes de *A. angustifolia* Haw. et intérêt pour introduire *A. potatorum*. De plus, l'activité de production de mezcal ne rivalise pas avec l'activité agricole pour ce qui est de la main d'oeuvre; il existe une organisation qui permet d'utiliser efficacement les 2 "palenques". La population parle espagnol, mixteque et anglais. En ce qui concerne les faiblesses et menaces, ont été détectées une commercialisation déficiente et une épidémie importante des plantations de maguey de mezcal: le ver du maguey. On a conclu que le potentiel pour cultiver *A. potatorum* à Río Azucena était élevé.

Saúl Martínez-Ramírez, Gilberto Bautista-Sánchez.

Palabras clave: Maguey papalomé, mezcal, interacción, palenque, selva baja caducifolia.

Universidad Tecnológica de la Mixteca. Instituto de Hidrología

Introducción

El aprovechamiento sostenible de los recursos naturales es fundamental en el desarrollo de las sociedades. Entre estos recursos, la vegetación compuesta por múltiples especies de plantas, es de los más importantes. Los magueyes, pertenecientes a la familia Asparagaceae (The Angiosperm Phylogeny Group, 2003), tienen metabolismo ácido de las crasuláceas por lo que prosperan en regiones áridas y semiáridas donde especies con metabolismo C3 o C4 tienen poco éxito (Nobel, 1988; Lüttge, 2004; Taiz y Zeiger, 2006.).

Se ha determinado que, además de los usos tradicionales como alimento, medicina, combustible, cobijo, ornato, abono, materiales para la construcción de viviendas e implementos agrícolas y bebidas espirituosas (García, 2007; Sánchez, 1997), los magueyes tienen alto potencial para la producción intensiva de combustible y para la fijación de carbono (Colunga-García *et al.*, 2007; Rendón-Salcido *et al.*, 2009; Borland *et al.*, 2009; Chambers y Holtum, 2010; García-Moya *et al.*, 2010; Núñez *et al.*, 2010), por lo que contribuirían en la solución de dos problemas importantes para la humanidad: el abastecimiento de combustible y la mitigación de los efectos del cambio climático.

El maguey papalomé (*Agave potatorum*), es una de las especies que se emplea en el estado de Oaxaca para la producción de mezcal (Sánchez, 2005) y produce un mezcal que se distingue por su alta calidad debido a la proporción de compuestos aromáticos volátiles que contiene (Vera *et al.*, 2009); se distribuye en los estados de Oaxaca y Puebla (García-Mendoza, 2010). En Oaxaca ocupa una franja territorial que se extiende de noroeste a sureste, en los distritos de Huajuapán, Coixtlahuaca, Cuicatlán, Etla, Centro, Ixtlán, Miahuatlán, Mixe, Tlacolula, Sola de Vega, Zaachila y Zimatlán (García-Mendoza, 2010). Sánchez (2005), refiere que también existe en Nochixtlán, Teposcolula y Tlaxiaco. En la cuenca alta del río Mixteco, Blanco *et al.* (2001) encontraron a *A. potatorum* formando parte de la selva baja caducifolia y la vegetación de transición entre ésta y el encinar en localidades como Guadalupe Cuauhtepic, Asunción Cuyotepeji, Santa María Yosocuno, Tejaltilán y otras.

El hecho de que *A. potatorum* forme parte de estos tipos de vegetación indica que ha evolucionado junto con otras especies las cuales conviven dentro de un ambiente caracterizado por los niveles que tienen los

factores ambientales y que interactúa con múltiples especies ya que la selva baja se caracteriza por su alta biodiversidad vegetal, según lo refieren Trejo (1995), Zepeda y Velázquez (1999), Blanco *et al.* (2001), Gallardo *et al.* (2005), Castillo *et al.* (2007), Pineda-García *et al.* (2007) y Guízar-Nolasco *et al.* (2010).

En este contexto, la investigación se hizo a solicitud de los pobladores de la comunidad de Río Azucena, San Juan Mixtepec, Juxtlahuaca, Oaxaca; los resultados lo utilizarán para decidir si intensifican o no el cultivo de *A. potatorum* en los claros de la selva baja caducifolia y en terrenos marginales con el fin último de generar materia prima para la elaboración de mezcal. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la adaptabilidad de *A. potatorum* a las condiciones ambientales y socioeconómicas que prevalecen en Río Azucena.

2. Materiales y métodos

La comunidad de Río Azucena se localiza en las coordenadas 97° 51' 32" LN y 17° 22' 56" LO y una altitud de 1720 m, pertenece al municipio de San Juan Mixtepec, distrito de Juxtlahuaca, mismo que se sitúa en el extremo occidental del estado de Oaxaca. Con base en la cartografía de vegetación de Torres (2004), en Río Azucena predomina la selva baja caducifolia y un clima semiárido-cálido, según la cartografía climática de Trejo (2004), el cual tiene un periodo de lluvias de junio a septiembre, que son los meses más lluviosos, con una precipitación media anual de 704 mm y temperatura media anual de 22.7 °C.

Para determinar la compatibilidad de *A. potatorum* con el ambiente de Río Azucena, el 15 de agosto de 2013, se hizo un recorrido de campo junto con los pobladores de la comunidad que están interesados en intensificar y mejorar la calidad en la producción de mezcal. Durante el recorrido se identificaron las especies vegetales que de forma natural o inducida existen en los terrenos que se están considerando para intensificar el cultivo del maguey.

Se identificó el tipo de suelo en el recorrido de campo y mediante mapas de suelo (García-Mendoza *et al.*, 2004). Para hacer el diagnóstico socio-económico se empleó el método de la entrevista guiada que describen Hernández *et al.* (2006). Durante el recorrido se hicieron una serie de preguntas a los pobladores de la comunidad con el fin de detectar la importancia

socioeconómica y ambiental que tiene la actividad mezcalera para los habitantes de Río Azucena y vislumbrar la mejor manera para que esta actividad contribuya a mejorar su calidad de vida.

3. Resultados y discusión

Compatibilidad de *Agave potatorum* con la vegetación

Se encontró que para los habitantes de Río Azucena la elaboración y comercialización de mezcal es una actividad económica importante. Esta aseveración se basa en que los pobladores han establecido plantaciones de *Agave angustifolia* y de *A. potatorum* en tierras marginales y en claros de la selva baja caducifolia (Figura 1). Las especies arbóreas y arbustivas con la que están conviviendo más frecuentemente estos magueyes mezcaleros son: *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth., *Juniperus flaccida* Schtdl. & Chamizo, *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., *Quercus glaucoides* M. Martens & Galeotti, *Bursera sp* Jacq. ex L., *Dodonaea*

viscosa Jacq., *Acacia farnesiana* (L.) Willd. y *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.

Las plantas de *A. angustifolia* de mayor tamaño, con diámetro de roseta de 6 m y altura de 2 m, sobrepasan en 300 y 43 %, respectivamente el tamaño de *A. angustifolia* que encontró Martínez (2006) en San Pedro Yodoyuxi, Huajuapán de León, Oaxaca. La diferencia probablemente se deba a que en San Pedro Yodoyuxi los ejemplares son nativos, mientras que en Río Azucena las plantas provienen de magueyes selectos, cultivados en Valles Centrales de Oaxaca.

Los ejemplares de *A. potatorum* de 2 años de edad (Figura 2 a) tenían entre 25 y 35 hojas, cantidad inferior a las que encontraron Martínez *et al.* (2010) en una plantación experimental con plantas de 2, 3, 4 y 5 años de edad. Las rosetas tuvieron en promedio 65 cm de diámetro y 30 cm de altura; estas variables resultaron 100 % más grandes que las encontradas por Martínez (2006) en plantas silvestres en Santiago Miltepec, Huajuapán de León, Oaxaca. Las diferencias probablemente se deban a la procedencia de la planta (Zapotitlán Lagunas, Silacayoapan, Oax.) y la

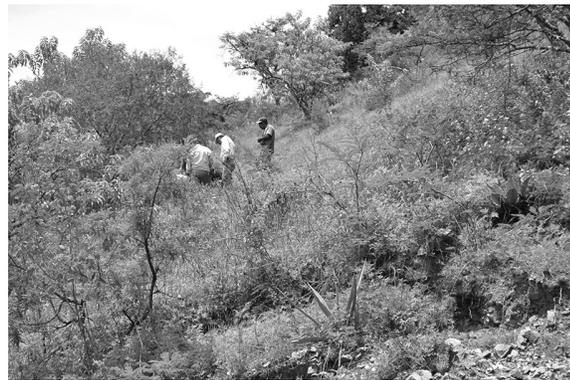


Figura 1: Recorrido de campo: a) ladera con 60 % de pendiente, *Agave angustifolia* y especies de la selva baja caducifolia. b) identificando los daños del picudo del maguey.



Figura 2. Magueyes en Río Azucena: a) *Agave potatorum* de dos años de edad de campo. b) maguey pulquero, de aproximadamente tres años de edad.

interacción de factores edafoclimáticos podría estar favoreciendo un mayor crecimiento de *A. potatorum* en Río Azucena. Según Tirado (2003), Casanova *et al.* (2007) y Soliveres *et al.* (2008), las interacciones más importantes que ocurre entre las plantas están las de competencia y facilitación; en este caso la facilitación podría ser la interacción dominante en los claros de la selva baja caducifolia donde se han plantado los magueyes mezcaleros.

En este ecosistema los árboles y arbustos toman nutrientes (Zamora *et al.*, 2004) y agua (Bleby *et al.*, 2010; Prieto *et al.*, 2010) en las profundidades del suelo y los dejan disponibles en la capa superficial para especies con raíces superficiales, lo cual es vital en los meses más secos del año.

Compatibilidad de *Agave potatorum* con el clima

El clima en Río Azucena corresponde a un semiárido cálido (BS1 (h') w), con una temperatura media de 22.7 °C y precipitación media anual de 704 mm, condiciones semejantes a sitios de la cuenca alta del río Mixteco en donde se ha encontrado a *Agave potatorum* entremezclado con especies de la selva baja caducifolia. En Rancho Dolores, Huajuapán de León, Oaxaca, las plantaciones comerciales de *A. potatorum* y *A. angustifolia* están, según Trejo (2004), en clima semiárido-cálido con lluvias de junio a septiembre, y precipitación que varía de 500 a 800 mm y temperatura media anual de 18 a 22°.

Compatibilidad de *Agave potatorum* con la altitud y exposición

A. potatorum se distribuye de manera natural en altitudes que van de 1240 y 2300 (Gentry, 1982) en laderas

con vegetación herbácea densa y remanentes de vegetación de pino y encino. García-Mendoza (2010) refiere que *A. potatorum* se distribuye en altitudes que van de 1300 a 2400, mientras que en la cuenca alta del río Mixteco se ha encontrado a *A. potatorum* en Acatlima entre los 1970 y 2000 m en laderas con 35 % de pendiente y exposición noreste en relictos de la selva baja caducifolia y en Miltepec en altitudes que van de 1900 a 1970 en laderas con pendientes del 60 al 100 % con exposición noreste en una franja de transición entre la selva baja caducifolia y el encinar (Martínez, 2006). La altitud a la que se encuentra la comunidad Río Azucena es de 1720 m, por lo que se deduce que la altitud y exposición de las laderas en esta comunidad son propicias para el cultivo intensivo de *A. potatorum*.

Compatibilidad de *Agave potatorum* con el suelo

El suelo sobre el que están las plantaciones de *A. angustifolia* y *A. potatorum* en Río Azucena, según el diagnóstico visual, corresponde a la clase Leptosoles (IUSS, 2007) que se caracteriza como un suelo somero, extremadamente pedregoso (Figura 3), cuyo uso puede estar limitado por la sequía generada por un intensivo drenaje interno y poca profundidad aun en ambiente húmedo. Blanco *et al.* (2001) encontraron a *A. potatorum* en la cuenca alta del río Mixteco desarrollándose en Leptosoles en Acatlima y Rancho Ramírez, Huajuapán de León, Oaxaca y en Regosoles en Santa María Yosocuno, cerca de San Pedro Nopala, Teposcolula, Oaxaca y en Santiago Miltepec, Huajuapán de León, Oaxaca. Según García-Mendoza (2010) *A. potatorum* se desarrolla en suelos arenosos derivados de rocas calizas, lo que concuerda con lo



Figura 3. Suelos en Río Azucena: a) Cultivo de *A. angustifolia* asociado a la vegetación de la selva baja caducifolia. b) La delgada capa de suelo es una característica de los Leptosoles.

encontrado en Río Azucena en el que predominan las rocas calizas. Con base en lo anterior es claro que el suelo de Río Azucena es propicio para el cultivo de *A. potatorum*.

Potencial socioeconómico

Se encontró en Río Azucena que la actividad mezcalera es ancestral (Starkman, 2013) y los conocimientos sobre su producción artesanal ha pasado, de forma oral, de generación en generación y actualmente es una actividad cuya importancia socio-económica es reconocida regionalmente, según lo refirieron las maestras y maestros mezcaleros. La importancia que tiene la producción y comercialización del mezcal para los pobladores de Río Azucena originaron que en 2002 se establecieran las primeras plantaciones de *A. angustifolia*.

Las plantas progenitoras las obtuvieron de plantaciones comerciales establecidas en Sola de Vega, Oaxaca, lo que indica que eran plantas mejoradas a través de selecciones sucesivas en las plantaciones comerciales. A la fecha se han aprovechado dos cortes a las plantaciones de *A. angustifolia* debido a que se plantaron en diferentes años. Los hijuelos de

A. angustifolia se han aprovechado para ampliar la plantación (Figura 4). Actualmente se puede cosechar año con año cierta cantidad de piña para la producción de mezcal.

Los habitantes de Río Azucena muestran interés por mejorar más la producción de mezcal; en 2011, plantaron alrededor de 500 ejemplares de *A. potatorum*, especie que produce un mezcal que se cotiza hasta tres veces más caro en el mercado que el mezcal que producen otras especies de maguey (Sánchez, 2005). Los magueyes son plantados en los claros de la selva baja caducifolia y en las tierras marginales (Figura 5).

Los bosques claros son áreas donde los árboles están distribuidos discontinuamente, de tal manera que sus copas no se entrelazan, pero éstas cubren cuando menos el 10 % de la superficie del terreno (Bull *et al.*, 2013), en tanto que las tierras marginales son aquellas que fueron utilizadas para cultivos agrícolas pero han quedado abandonadas debido a la pérdida de su fertilidad (Corvelle y Cresente, 2008; Teubal, 2006).

Se detectó en Río Azucena que la actividad mezcalera es importante para sus habitantes, de tal manera que participan indistintamente mujeres y hombres



Figura 4. Plantación comercial de *A. angustifolia*: a) plantas de dos y tres años de edad. b) plantación del 13 de julio de 2013 en asociación con maíz.



Figura 5. Aprovechamiento integral del suelo en Río Azucena: a) cultivo en laderas dentro de la selva baja caducifolia. b) cultivo en planicies, cerca de cultivos agrícolas.

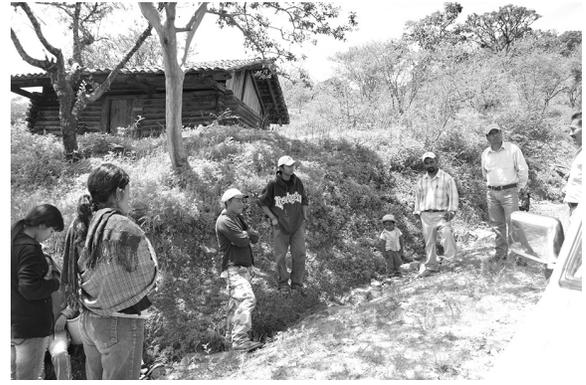


Figura 6. Importancia socioeconómica de la actividad mezcalera en Río Azucena: a) niños y jóvenes atendiendo a la explicación en lengua Mixteca del traductor. b) maestras y maestros mezcaleros en su participación durante el recorrido de campo.



Figura 7. Importancia de igualdad de género en Río Azucena: a) Maestras mezcaleras después de que explicaron el funcionamiento de las hornillas mejoradas. b) maestras y maestros mezcaleros que participaron en las entrevistas guiadas.



Figura 8. Recorrido de campo para evaluar el potencial del cultivo *A. potatozum*. a) una de las maestras mezcaleras conversando con uno de los expertos. b) el experto explica la importancia de la asociación del maguey mezcalero con cultivos agrícolas.

en todas sus edades (Figura 6). A pesar de que la producción de mezcal en condiciones artesanales es un trabajo pesado y que se ha catalogado, en el país y en Oaxaca en particular, ser una actividad sólo para hombres, en Río Azucena es una actividad que lo hacen también las mujeres, tal como lo refiere Starkman (2013) y se evidenció, en este recorrido de campo, por la activa participación de las maestras mezcaleras (Figuras 6, 7 y 8).

A pesar de que hablan y entienden bien el español, el mixteco y el inglés, emplearon al traductor (lengua mixteca) de la comunidad para preguntar y para brindar información. El hecho de que hablan los tres idiomas es que en la comunidad la educación básica es bilingüe (español y mixteco), mientras que el inglés lo han aprendido debido a sus constantes incursiones en los Estados Unidos de Norte América, información que corrobora Starkman (2013) al mencionar que la señora Natividad Sánchez tiene seis niños, cuatro viven en Río Azucena con ella y dos viven y trabajan en Carolina del Norte.

Las amigables relaciones que existen entre las familias en Río Azucena originan una buena organización para el trabajo, especialmente en la elaboración del mezcal; estas buenas relaciones constituyen también una fortaleza para tener éxito. De tal manera que las transrelaciones y modos de vida comunitaria permiten construir alternativas para mejorar las condiciones socioeconómicas de la comunidad y hacer un aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales (Bautista-Sánchez *et al.*, 2013). La comunidad cuenta



Figura 9. Sistema ancestral para la producción de mezcal en Río Azucena: a) hornillas de piedra y barro. b) olla de barro para la destilación del jugo fermentado del maguey.



Figura 10. Sistema de hornillas mejorados para la destilación del mezcal en Río Azucena: a) Hornillas de ladrillo. b) cargadores metálicos para un depósito de 200 L.

con dos palenques, uno muy rústico en el que se conserva en su totalidad el proceso artesanal (Figura 9) y otro con algunas modificaciones con las que se obtienen mejores rendimientos (Figura 10). Debido a que la producción de mezcal se hace durante el periodo de baja o nula actividad agrícola, las familias forman grupos de trabajo y ocupan alguno de los palenques, de acuerdo con su preferencia. Una vez que el primer grupo desocupa el palenque, éste queda disponible para que otro grupo entre a trabajar. Este modo de organización para el trabajo mantiene entre los habitantes un agradable ambiente, por lo que no existen conflictos.

Otros recursos naturales a los que aludieron los habitantes de Río Azucena, como apoyo a la producción de mezcal, es el agua de buena calidad que fluye en el arroyo que tiene el mismo nombre de la comunidad y la leña de *Lysiloma acapulcensis* y de *Quercus spp.*, especies que preferentemente se emplean como combustible para el horneado de las piñas de maguey y la destilación del mezcal y que efectivamente tienen en las laderas que están a uno y otro lado de Río

Azucena. Refirieron también que están interesados en plantar en años siguientes maguey papalomé y especies leñosas como tepeguaje y encino para contar con una fuente segura de leña, así como guaje rojo y verde para un aprovechamiento múltiple.

En Río Azucena, existen alrededor de 40 ha. con potencial para el cultivo de maguey papalomé. Estas áreas tienen vegetación arbórea y arbustiva, pero también tienen espacios sin vegetación en los que se puede plantar tanto el maguey como otras especies con múltiples usos (Figura 11).

Entre las debilidades y amenazas de la actividad mezcalera se detectó una deficiente comercialización del producto. El mezcal se vende a granel en la región (Mixteca Alta), obteniéndose bajos ingresos por la variabilidad de los precios y por las ventas esporádicas. Una solución factible sería registrar una marca y establecer el comercio justo del mezcal con la población oaxaqueña que reside en los Estados Unidos de Norteamérica, entendiéndose el comercio justo como: “el movimiento social integrado por productores, comerciantes y consumidores que trabajan



Figura 11. Área potencial para cultivar magüey mezcalero: a) claros en la selva baja caducifolia de Río Azucena. b) cultivos agrícolas en Pueblo Viejo, comunidad vecina de Río Azucena.

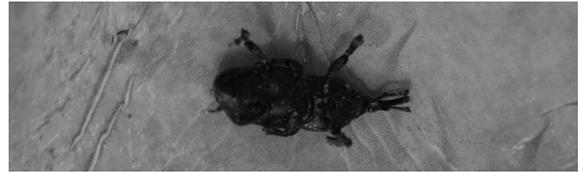


Figura 12. El picudo del magüey (*Scyphophorus acupunctatus*): a) vista dorsal. B) vista ventral.

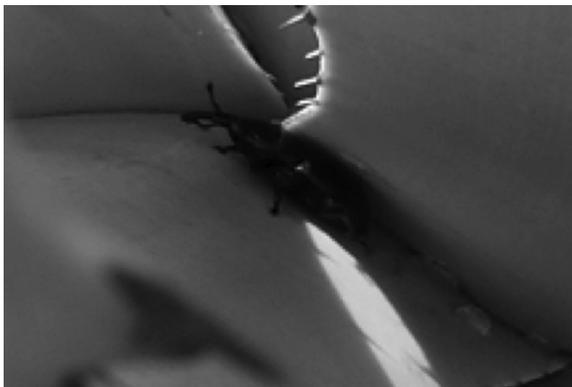


Figura 13. El picudo del magüey (*Scyphophorus acupunctatus*): a) área de invasión. b) Hoja marchita por el daño del picudo.

por un modelo más justo de intercambio comercial, posibilitando el acceso de los productores más desfavorecidos al mercado y promoviendo el desarrollo sostenible” (Torres *et al.*, 2013).

La amenaza más importante que se detectó para el cultivo, es la presencia del picudo del magüey (Figuras 12 y 13), *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), especie que se ha detectado en plantaciones de *A. tequilana* Weber en las que invade hasta el 24.5 % de las plantas (Solís-Aguilar *et al.*, 2001), la cual ocasiona la muerte de plantas jóvenes de magüey.

Esta amenaza podría controlarse mediante medidas preventivas que consisten en inspeccionar los magüeyes durante la temporada de lluvias, eliminar las plantas dañadas y con ellas los picudos, aunque

su control por este medio puede implicar otras dificultades debido a que este insecto tiene otras plantas hospederas, tal como lo refieren Servín *et al.* (2006), Maya *et al.* (2011) y Gutiérrez (2013), además de que es una especie de amplia distribución (Molina (2013). Aquino *et al.* (2006) mencionan que el control biológico con base en nematodos y hongos entomopatógenos es una alternativa viable para el control del picudo del magüey.

4. Conclusiones

Existe una alta adaptabilidad de *Agave potatorum* con el ambiente de Río Azucena, lo cual lo convierte en un cultivo alternativo con alto potencial productivo. No obstante, la producción de mezcal y sus ingresos económicos, para las familias de esta comunidad,

están limitados por la poca producción de materia prima, la baja eficiencia en el proceso de destilación y a los problemas de comercialización. La incidencia de plagas, como el picudo del maguey, podría disminuir la producción de materia prima para la obtención del mezcal. La actividad mezcalera es valorada por hombres y mujeres, tanto adultos como jóvenes y niños de Río Azucena, una actividad que contribuiría a mejorar las condiciones socioeconómicas de la comunidad. Para ello es importante fortalecer sus capacidades mediante cursos de capacitación sobre toda la cadena productiva del maguey 

5. Agradecimientos

Al señor Gonzalo Emilio Santiago Santiago por coordinar el recorrido de campo y traducir al mixteco la información. A las maestras y maestros mezcaleros Natividad Sánchez Cisneros, Sahara Pérez Aquino, Andrés Santiago Santiago, Francisco Hernández López, Isaías Santiago Santiago y Miguel Santiago Sánchez por colaborar activamente en el recorrido de campo. A todas las personas de Río Azucena, que de alguna manera contribuyeron en la realización de esta investigación.

Bibliografía

- Alfaro S. G. (2004) Suelos. In: García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez, M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. pp:55-65.
- Aquino B. T., J. Ruiz V., M. Iparraguirre C. (2006) Control biológico del picudo negro (*Scyphophorus interstitialis* Gyllenhal) con nematodos y hongos entomopatógenos en agave en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 6:92-101.
- Bautista-Sánchez G.; C. E. Pedro-Santos; G. Álvarez-Olguín (2013) Participación y acción comunitaria en el manejo de recursos naturales de uso común en la Mixteca Oaxaqueña. *Ra Ximhai* 9(2): 89-98.
- Blanco A. A., S. Martínez R., O. Sánchez P., A. Rubio S., C. Cisneros C., E. C. Pedro S., R. Morales L., F. Sustaita R. (2001) Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca alta del río Mixteco (Oaxaca). Determinación del binomio infiltración/escurrimiento con vistas a la reconstrucción de sus ecosistemas forestales. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. México. 250 p.
- Bleby T. M., A. J. Mcelrone, R. B. Jackson (2010) Water uptake and hydraulic redistribution across large woody root systems to 20 m depth. *Plant, Cell & Environment* 33:2132-2148.
- Borland A. M., H. Griffiths, J. Hartwell, J. A. C. Smith (2009) Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands. *Journal of Experimental Botany* 60:2879-2896.
- Bull G., W. Mabee, R. Scharpenberg (2013) Modelo de Suministro Mundial de Fibra. [En Línea]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/X0105S/X0105S.pdf> consultado el 26 de septiembre de 2013.
- Casanova F., L. Ramírez, F. Solorio (2007) Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en Investigación Agropecuaria* 11:41-52.
- Castillo-Campos G., P. Dávila-Miranda, J. A. Zavala-Hurtado (2007) La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: Lista florística de la flora vascular. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80:77-104.
- Corvelle R. E., R. Crecente M. (2008) Land abandonment: concept and consequences. *Revista Galega de Economía* 17:1-15.
- Chambers D., J. A. M. Holtum (2010) Feasibility of Agave as a Feedstock for Biofuel Production in Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. Australian Government. Publication No 10/104.
- Colunga-García M. P., A. Larqué S., L. E. Eguiarte, D. Zizumbo-Villarreal (2007) El futuro de lo ancestral. En Colunga-García M. P., A. Larqué S., L. E. Eguiarte, D. Zizumbo-Villarreal (editores). *En lo Ancestral hay Futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán. México. pp395-402.
- Gallardo C. J. A., J. A. Meave, E. A. Pérez G. (2005) Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro verde, Nizan-

- da (Oaxaca), México. Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana 76:19-35.
- García M. A. J. (2007) Los agaves de México. Ciencias 087:14-23.
- García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez, M. Briones-Salas (2004) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation. México.
- García-Mendoza A. J. (2010) Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. Acta Botánica Mexicana 91:71-93.
- García-Moya E., A. Romero-Manzanares, P. S. Nobel (2010) Highlights for Agave productivity. GCB Bioenergy 3:4-14.
- Gentry H. S. (1982) Agaves of continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. 670 p.
- Guízar-Nolasco E., D. Granados-Sánchez, A. Castañeda-Mendoza (2010) Flora y vegetación en la porción sur de la Mixteca poblana. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16:95-118.
- Gutiérrez O. M. (2013) Evaluación de 3 dietas artificiales para la cría en laboratorio de *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) plaga del nardo. [En línea]. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/eventos/isth2005/memoria/Miercoles/PDF/12.pdf> (revisado el 15 de octubre de 2013).
- Hernández S. R., C. Fernández C., P. Baptista L. (2006) Metodología de la investigación. 4ª. ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 850p.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007) Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 130 p.
- Lüttge U. (2004) Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). Annals of Botany 93:629-652.
- Martínez R. S. (2006) Crecimiento de magueyes mezcleros y suelos que los sustentan en la Cuenca Alta del río Mixteco. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 121 p.
- Martínez R. S. (2010). Riego, edad y fertilización nitrogenada en el crecimiento de *Agave potatorum* Zucc, en la Mixteca oaxaqueña. Tesis de doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 138 p.
- Maya Y., C. Palacios-Cardiel, Ma. L. Jiménez (2011) El cardón *Pachycereus pringlei*, nuevo hospedero para *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) en Baja California Sur, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1041-1045.
- Molina M. D. (2013) Contribución al conocimiento de la distribución actual de la especie invasora *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en la Península Ibérica. Revista Gaditana de Entomología 4:11-16.
- Nobel P. S., E. Quero y H. Linares (1988) Differential growth responses of agaves to nitrogen, phosphorus, potassium and boron applications. Journal of Plant Nutrition 11:1683-1700.
- Núñez H. M., L. F. Rodríguez, M. Khanna (2010) Agave for tequila and biofuels: an economic assessment and potential opportunities. GCB Bioenergy 3:43-57.
- Pineda-García F., L. Arredondo-Amezcuca, G. Ibarra-Manríquez (2007) Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. Revista Mexicana de Biodiversidad 78:129-139.
- Prieto I., Z. Kikvidze, F. I. Pugnaire (2010) Hydraulic lift: soil processes and transpiration in the Mediterranean leguminous shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. Plant Soil 329:447-456.
- Rendón-Salcido L. A., P. Colunga-García M., L. F. Barahona-Pérez, E. Pimienta-Barrios, A. Magdub-Méndez, A. Larqué-Saavedra (2009) Sugars and alcohol byproducts from Henequén (*Agave fourcroydes*) as influenced by plant age and climate. Revista Fitotecnia Mexicana 32:39-44.
- Sánchez L. A. (1997) El mezcal en la historia de México: de Oaxaca, su mezcal. Bebidas Mexicanas. Revista profesional para el fabricante de bebidas en México. 6:7-10.

- Sánchez L. A. (2005) Oaxaca, tierra de maguey y mezcal. 2a. Edición. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca. México. 235 p.
- Servín R., A. Tejas, M. Arce-Montoya, M. L. Robert (2006) *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Cleoptera: Curculionidae) como potencial insecto-plaga de *Yucca valida* Brandegees en Baja California Sur, México. *Folia Entomologica Mexicana* 45:1-7.
- Solís-Aguilar J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza, A. Martínez-Garza (2001) *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga de agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35:663-670.
- Soliveres C. S., P. García P., A. del P. Castillo M., A. Escudero A., F. Valladares R., F. T. Maestre G. (2008) Las interacciones planta-planta varían con el nivel de estrés abiótico: dos estudios de caso en clima semiárido. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 28:271-276.
- Starkman A. (2013) Part II: Recicado from the Mixteca Alta. [En línea]. Disponible en <http://www.oaxacadream.com/articles/mezcal4.html> (Consultado el 26 de septiembre de 2013).
- Taiz L., E. Zeiger (2006) *Plant Physiology*. Forth edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts, U.S.A. 764 p.
- Teubal M. (2006) La renta de la tierra en la economía política clásica: David Ricardo. *Revista Nera* 9:122-132.
- The Angiosperm Phylogeny Group (2003) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141:399-436.
- Tirado F. R. (2003) Interacciones positivas entre plantas: mecanismos y consecuencias. [En línea]. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/540/54012214.pdf> (febrero 2014).
- Torres C. R. (2004) Tipos de vegetación. En García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez, M. Briones-Salas (eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation. México. pp:105-117.
- Torres M. R., L. R. Sánchez A., H. Alarcón M. (2013) Comercio Justo, una alternativa de desarrollo para los pequeños productores. [En línea]. Disponible en http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2008/11/10/comercio_justo.pdf (revisado el 15 de octubre de 2013).
- Trejo I. (1995) Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín, Número Especial* 4. 16 p.
- Trejo I. (2004) Clima. En García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez, M. Briones-Salas (eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation. México. pp:67-85.
- Vera G. A. M., P. A. Santiago G., M. G. López (2009) Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Revista Fitoecnia Mexicana* 32:273-279.
- Zamora R., P. García-Fayos, L. Gómez-Aparicio (2004) Las interacciones planta-planta y planta animal en el contexto de la sucesión ecológica. En Valladares F. (2004) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A. Madrid, España. pp:371-393.
- Zepeda G. C., E. Velázquez M. (1999) El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botánica Mexicana* 46:29-55.