



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE
***Jatropha neopauciflora* Pax.**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

HUGO ADALBERTO VON THADEN UGALDE



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
ORIGINA DE EXAMENES PROFESIONALES

NOVIEMBRE DE 2014

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE
Jatropha neopauciflora Pax.

Tesis escrita por Hugo Adalberto Von Thaden Ugalde bajo la dirección del comité revisor indicado, aprobado y aceptado como requerimiento parcial para obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



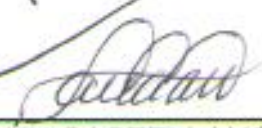
DR. J. AXAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

ASESOR



PH.D. BALDOMERO ALARCÓN ZÚNIGA

ASESOR



DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

ASESOR



DR. MARÍA DE JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. JOSÉ FRANCISCO SANTIAGUILLO HERNÁNDEZ

DEDICATORIA

A mi Familia:

A mi Mamá, Abuelo, Abuelo y Hermano

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jesús Axayácatl Cuevas Sánchez, por ser mi director de tesis, quien me brindo todo su apoyo, tiempo y paciencia.

Al Ph.D. Baldomero Alarcón Zúñiga, por su interés y apoyo en el desarrollo de esta investigación y por el compromiso con mi formación académica.

Al Ph.D. Jaime Sahagún Castellanos, por brindarme su apoyo en la revisión de este trabajo.

A la Dra. Ma. De Jesús Juárez Hernández, por brindarme su tiempo y su ayuda desinteresada en la elaboración de esta tesis.

Al Dr. José Francisco Santiaguillo Hernández, por estar siempre al pendiente de este trabajo y por su ayuda tan indispensable en este trabajo.

A la M.C. Itzel Villegas, por su infinita paciencia en el laboratorio, por brindarme su amistad y consejos, ya que, sin su apoyo gran parte de este trabajo no se hubiera logrado, gracias.

Al bio. Hector H. Cervantes Maya y Martín López Carrera, por su ayuda en campo y por compartir desinteresadamente sus conocimientos.

A mis compañeros de Laboratorio Jefferson Pérez, Daniel Barrera, Othmara Ramírez, Emmanuel Baños y José Luis Zepeda, a quienes les agradezco su amistad y sus consejos tan peculiares.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haber permitido llevar mis estudios de posgrado y la realización de esta investigación.

También hago una mención muy importante, las autoridades Municipales de San José Tilapa, Coxcatlán, por el apoyo brindado al permitir el acceso de nuestro equipo de trabajo a las áreas de bosque de niebla, donde fue posible establecer nuestros sitios de estudio.

Y finalmente agradezco el apoyo económico brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) durante mi estancia en el posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Hugo Adalberto Von Thaden Ugalde

Lugar de nacimiento: Oaxaca de Juárez, Oax.

Profesión: Licenciado en Biología

Correo electrónico: hugovon_2@hotmail.com



Desarrollo académico

2013-2014	Maestro en ciencias en Horticultura Departamento de Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo
-----------	--

2007-2012	Licenciado en Biología Universidad de la Sierra Juárez
-----------	---

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE *Jatropha neopauciflora*

Pax.

Contribution to ethnobotanical study of *Jatropha neopauciflora* Pax.

Hugo Adalberto Von Thaden Ugalde¹ y Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez²

RESUMEN GENERAL

Jatropha spp. tiene un valor antropocéntrico importante en distintas regiones de México, tanto medicinal, nutricional y bioenergético, como es el caso de *J. neopauciflora*, endémica de la reserva de la biósfera Tehuacán – Cuicatlán, Puebla, México. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1. Mensurar la diversidad genética contenida en individuos de una población natural como base para el establecimiento de una colección núcleo pertinente a la conservación *in situ* de la especie, 2. Registrar el uso antropocéntrico de la misma por habitantes de la comunidad Coxcatlán, Pue. Y 3. Determinar el estado actual de conservación de la población vegetal estudiada. A partir de la distribución espacial (n=21 individuos por cuadrante de 50x50m) y estructura vertical (n=82 individuos), de la población vegetal estudiada, se encontró que ésta presenta una distribución agregada ($k=0.5$, $\alpha=0.05$), con una mayor frecuencia de individuos jóvenes (27 %), siendo estable poblacionalmente. La diversidad genética fue determinada en 75 accesiones por medio de 8 combinaciones de oligonucleótidos tipo AFLP, que generaron 145 amplicones polimórficos. El índice de Nei fue 0.3 en tanto que el índice de Shannon fue 0.6, lo que indica que los individuos muestreados son altamente heterocigóticos y no ocurre deriva génica (coeficiente de variación genética = 0.15). El dendrograma generado por el método de agrupación FLEXY dividió la población en tres grupos (1000 interacciones), lo cual fue corroborado con el Análisis de Coordenadas Principales. Adicionalmente, se evaluó el valor antropocéntrico de *J. neopauciflora* con respecto a 4 especies vegetales (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, *Juliania adstringens* y *Lippia graveolens*) que comparten el mismo hábitat, implementando el Índice de Valor de Uso e Índice de Valor Etnobotánico de Conservación-Uso. Se encontró que *J. neopauciflora* presentó el tercer lugar de uso con respecto a la importancia cultural para la comunidad. Se concluye que *J. neopauciflora* presenta una alta diversidad genética heterocigótica y estable, y que tiene un uso potencial como planta medicinal en la región de estudio.

Palabras clave: Colección núcleo, ecología, diversidad genética, análisis de coordenadas principales, valor de uso.

GENERAL ABSTRACT

Jatropha spp. is an important medicinal, nutritional and bioenergetic source for humans in southern Mexico. Such is the case of *J. neopauciflora*, an endemic plant from biosphere reserve Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, Mexico. The aims of this research were: 1. to estimate genetic diversity contained in a natural population of *J. neopauciflora*, as a base line for establishing a *in situ* conservation collection. 2. to reveal anthropocentric uses of *J. neopauciflora* in the town of Coxcatlán, Puebla. and 3. to determine the current conservation status of the *J. neopauciflora*'s population in the town of Coxcatlán, Puebla. The conservation status of the population was determined from its spatial distribution (n = 21 individuals per quadrant 50x50m) and vertical structure (n = 82 individuals). We founded a stable population of *J. neopauciflora* with an aggregated distribution ($k = 0.5$, $\alpha = 0.05$), but with a higher frequency of young individuals (27 %) We determined genetic diversity in 75 samples with the aid of eight combinations of AFLP's oligonucleotides, we got 145 polymorphic amplification's. Nei index was 0.3 and Shannon index was 0.6. This implied that the core collection was highly heterozygotic and there was no genetic drift occurring at the time (coefficient = 0.15 genetic variation). The dendrogram generated by FLEXY clustering method partitioned the pop into three groups (1000 replications). This result was corroborated with Principal Coordinates Analysis. We also evaluated the anthropocentric value of *J. neopauciflora* in relation with four vegetables species (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, *Lippia graveolens* and *Juliania adstringens*). All species shared the same habitat. In order to do that we implemented the Use Value Index and Value Index of Ethnobotanical Conservation-Use. We conclude that *J. neopauciflora* was third in use in terms of its cultural significance for the village. We conclude that *J. neopauciflora* had a high heterozygotic genetic diversity, and a high potential use as a medicinal plant in the reserve of Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, Mexico.

Keywords: Core collection, ecology, genetic diversity, principal coordinates analysis, use value.

1. Tesista
2. Director

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	4
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	5
II. ANTECEDENTES	7
2.1 Tendencias de la producción de petróleo.....	7
2.2 Alternativas para la generación de biocombustibles	8
2.3 Perdida de los recursos vegetales	10
2.4 Diversidad genética de <i>J. neopauciflora</i>	12
2.5 Etnobotánica de <i>J. neopauciflora</i>	14
IV. OBJETIVO GENERAL	15
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
III. HIPOTESIS	15
VI. LITERATURA CONSULTADA	16
CAPITULO II. CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS DE <i>Jatropha neopauciflora</i> Pax. EN COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO.	22
RESUMEN	23
I. INTRODUCCIÓN.	24
II. MATERIALES Y MÉTODOS	26
III. RESULTADOS	28
IV. DISCUSIÓN	30
V. CONCLUSIÓN	32
VI. LITERATURA CONSULTADA	33
VII. ANEXOS	36
CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN DE <i>Jatropha neopauciflora</i> Pax. USANDO AFLP	46
RESUMEN	47
I. INTRODUCCIÓN.	48
II. MATERIAL Y MÉTODOS	49

2.1 Colecta del material vegetal	49
2.2 Extracción de ADN	50
2.3 Análisis molecular	50
2.4 Análisis estadístico	51
III. RESULTADOS	52
IV. DISCUSIÓN	55
V. CONCLUSIÓN	58
VI. LITERATURA CONSULTADA	59
CAPITULO IV. ETNOBOTÁNICA CUANTITATIVA DE <i>Jatropha neopauciflora</i> Pax. CON RESPECTO A OTRAS ESPECIES VEGETALES DE SU HÁBITAT NATURAL, EN COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO.....	
62	
RESUMEN	63
I. INTRODUCCIÓN	64
II.MATERIALES Y MÉTODOS	65
III. RESULTADOS	68
IV. DICUSIÓN	71
IV. CONCLUSIÓN	73
VI. LITERATURA CONSULTADA	74
CAPITULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL.....	
77	
I. DISCUSIÓN GENERAL	78
II. CONCLUSIÓN GENERAL	79
III. LITERATURA CONSULTADA.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación del sitio de estudio mediante un modelo de elevación.	26
Figura 2. Estructura vertical de la población de <i>J. neopauciflora</i> .	29
Figura 3. Mapa de agregación, en zonas rojas existe una mayor densidad de individuos.	30
Figura 4. Especies que se localizan cerca de <i>J. neopauciflora</i>	45
Figura 5. Dendrograma generado por el método FLEXI de una colección núcleo basado en el coeficiente de similitud de Jaccard, con un bootstrap de 1,000 repeticiones.	54
Figura 6. Coordenadas principales 1 y 2 muestran las relaciones de 75 accesiones de la colección núcleo de <i>J. neopauciflora</i> .	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies que se localizan cerca de <i>J. neopauciflora</i> .	28
Cuadro 2. Análisis de varianza molecular (AMOVA) de 75 individuos de <i>J. neopauciflora</i> .	56
Cuadro 3. Cálculo del promedio y desviación estándar, con respecto al conocimiento de 5 especies vegetales de cada informante.	70
Cuadro 4. Índices de aprecio antropocéntrico IVU y VECU para cada una de las especies vegetales.	71
Cuadro 5. Descripción del uso de plantas silvestres utilizadas en la comunidad San Rafael Coxcatlán, Puebla, México.	72

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

México es un país de gran biodiversidad, ocupa el tercer lugar en el mundo como país megadiverso y, se estima que existen entre 26 y 30 mil especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2004). Muchas de las especies vegetales silvestres no se aprovechan actualmente por falta de estudios sistemáticos que proporcionen bases científicas del manejo y utilización de las mismas (Cano y Hernández, 1984), entre ellas se encuentran especies del género *Jatropha* (Euphorbiaceae).

Jatropha es nativo de América con más de 199 especies (The Plant List, 2014), ampliamente distribuidas entre las zonas tropicales (Ganesh *et al.*, 2008). Una de las especies más estudiadas en este género, es *Jatropha curcas* L, esto se debe a que el aceite extraído de sus semillas, se usa para la generación de biodiesel por un proceso llamado transesterificación (Suárez *et al.*, 2011). Muchos estudios han expuesto que esta especie crece en zonas semiáridas y áridas y posee la capacidad de regenerar el suelo (Jongschaap *et al.*, 2007; Achthen *et al.*, 2008; Toral, *et al.*, 2008; Achthen *et al.*, 2010;), también tolera zonas tropicales con precipitaciones mayores a los 3,000 mm (Jongschaap *et al.*, 2007; Achten *et al.*, 2008), esto indica que muestra un amplio rango de adaptación a la elevación que va de los 1,200 msnm hasta por arriba de los 1,800 msnm (Achten *et al.*, 2008; Toral, *et al.*, 2008) y temperaturas de 18 a 28 °C; aunque se planta también en sitios con temperaturas de hasta 34 °C y no requiere de un tipo de suelo especial (Toral *et al.*, 2008). En Chiapas como un medio para frenar la crisis energética, el gobierno del estado optó por establecer plantaciones de *J. curcas*, para la producción de biodiesel, sin embargo, por la falta de soporte a la investigación

científica y la información incompleta ofrecida a los agricultores sobre requerimientos técnicos y de mercado de las plantaciones, los productores descapitalizados no pudieron subsanar estas deficiencias y, en su mayoría abandonaron el proyecto (Valero *et al.*, 2011). Por ello es de suma importancia cambiar las reformas estructurales que permitan una exitosa producción de biocombustibles, así como, generar investigación de esta y otras especies con potencial en la producción de biodiesel.

Una de las especies alternativas con posible uso potencial en la producción de biodiesel es *Jatropha neopauciflora* Pax, endémica del valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2009), además del uso potencial en la producción de biodiesel, también tiene usos medicinales, conocimiento generado por las comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Canales *et al.*, 2006).

J. neopauciflora es un recurso fitogenético poco estudiado, por lo que analizar la estructura poblacional y diversidad genética del taxón, así como los usos que las comunidades indígenas le han dado, es indispensable para generar estrategias de aprovechamiento para esta especie. Por tal motivo los objetivos de la presente investigación fueron: 1. Mensurar la diversidad genética de una población natural de *Jatropha neopauciflora*, como base para el establecimiento de una colección núcleo pertinente a la conservación *in situ* de la especie, 2. Registrar el uso antropocéntrico de la especie por los habitantes de la comunidad de Coxcatlán, Pue. y 3. Determinar el estado actual de conservación de la población vegetal estudiada.

II. ANTECEDENTES

2.1 Tendencias de la producción de petróleo en México

Hoy en día, la mayor demanda de energía es satisfecha por los recursos energéticos convencionales como el carbón mineral, petróleo y gas natural. Los combustibles derivados del petróleo poseen limitadas reservas, que se concentra en ciertas partes del mundo (Demibas, 2007). Ello ha tenido como consecuencia la reducción de las reservas de petróleo y el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los primeros indicios de escases de petróleo a nivel mundial ocurrieron en 1973, con la primera crisis petrolera que afectó principalmente a Brasil, Estados Unidos y Nicaragua (Valero *et al.*, 2011).

El año de 1911 marcó el inicio de la vocación exportadora del petróleo mexicano, pues en esa fecha la industria petrolera por primera vez exportaba 900,000 barriles. Con ello México se convertía en el cuarto productor mundial de petróleo (Uhthoff, 2008). En 1938 fue fundado PEMEX que ha desempeñado un papel protagónico en la vida económica, social y política del país. Pemex es una entidad paraestatal altamente rentable: de 1990 a 2003 obtuvo 877,000 millones de dólares, rendimientos antes de impuestos y generó 109 000 millones de dólares netos. Sin embargo, los pozos en explotación se redujeron de 4,863 en 1991 a 4,590 en 2002. La región marina suroeste redujo su producción de 665,000 barriles diarios en 1991 a 452,000 en 2002, la región sur bajó de 665,000 a 498,000 y la región norte de 99,000 a 75,000 (Morales, 2005).

Actualmente, las reservas totales de petróleo en México son de 11.4 mil millones de barriles de petróleo (BP Statistical Review of World Energy, 2014). El consumo de éste se localiza mayoritariamente en el propio sector petrolero, en el sector eléctrico y en las grandes concentraciones humanas, con impactos ambientales considerables, ya que, la combustión de los diferentes derivados del petróleo (gasolina, diésel, gas natural, gas licuado, etc.) producen bióxido de carbono y vapor de agua (Arbizu, 2004). México emitió 2,627 millones de toneladas de carbono que corresponden al 1 % de las emisiones del total mundial de gases de efecto invernadero, durante el periodo 1900-2000, ubicándose en la posición número 15 (Marlan *et al.*, 2003). Ante esta situación, México requiere impulsar el uso de energía renovable y limpia como los biocombustibles con el fin de reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

2.2 Alternativas para la generación de biocombustibles

En la actualidad a nivel mundial existe un agotamiento general de las reservas petrolíferas; este agotamiento y la necesidad de preservar el ambiente, han motivado la producción de energías renovables, destacando el biodiesel y bioetanol. El primero, puede producirse a partir de especies como; piñón (*Jatropha curcas*), higuierilla (*Ricinus communis*), cardo (*Cynara cardunculus*) (Falasca y Ulberich, 2006), soya (*Glicine max*) y palma africana (*Elaeis guineensis*), es decir, especies oleaginosas en tanto que el bioetanol se produce a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maguey (*Agave americana*), naranja (*Citrus sinensis*) y palma de coyol redondo (*Acrocomia mexicana*) (Ibarra-Ameida *et al.*, 2013)

La producción de energías renovables está en el centro de la atención mundial por el aumento de los costos en la producción de combustibles fósiles y por la alarma creciente debido al cambio climático (Chauvet y González, 2008). Una de las fuentes de energía son los biocombustibles, los cuales son aptos para motores diésel, como los aceites vegetales que pueden ser utilizados directamente en motores adaptados y el biodiesel que es el resultado de la transesterificación (Demibas, 2007). La transesterificación es un proceso químico a través del cual aceites se combinan con alcohol (etanol o metanol) para generar una reacción que produce ésteres grasos (Machuca-Martínez, 2010).

Ricinus communis es conocida también con otros nombres como ricino, higuera, castor bean, etc. El aceite de sus semillas se ha empleado en la fabricación de cuero artificial, pinturas, barnices, linóleos, lubricantes de motores de altos regímenes de trabajo (Falasca y Ulberich, 2006). El aceite de ricino representa una materia prima viable para la producción de biodiesel, ya que presenta una composición química peculiar, debido al alto contenido de ácido ricinoleico (87-97 %). Crece en forma espontánea (escapada) no requiriendo de muchas condiciones especiales para su cultivo, a tal grado que con frecuencia es vista como maleza (García-Cota *et al.*, 2009).

Jatropha curcas es un arbusto perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Se le conoce con diferentes nombres comunes: piñón, piñón manso, tempate y physic nut (Falasca y Ulberich, 2006). Posee una alta capacidad de adaptación, ya que tolera condiciones semiáridas (precipitación media anual de 250 mm); sin embargo, los ambientes húmedos, propician mayor rendimiento (Athen, 2008).

Los porcentajes relativos de contenido de lípidos de las semillas están en un intervalo de 52 a 58 % y de proteínas en un intervalo de un 23 a 27 % (Castill *et al.*, 1991).

Cynara cardunculus, pertenece a la familia Astereaceae. Se conoce con nombres comunes como penca, cardo penquero, cardo de castilla y cardón. Es una especie herbácea perenne, adaptada a las condiciones del clima mediterráneo de veranos secos y calurosos (precipitación media anual de 450 a 550 mm), sus semillas contienen un 25 % de aceites, que pueden servir de materia prima para la producción de biodiesel (Falasca y Ulberich, 2006).

Los programas sobre biocombustibles han demostrado en muchos países que favorecen a los agricultores y a la población en general. A nivel local, pueden contribuir a la rehabilitación de terrenos abandonados y marginales. En zonas urbanas a mejorar la calidad del aire (Pérez y García, 2013).

Cómo país, México presenta un gran número de especies endémicas que no han sido estudiadas y con un gran potencial en la producción de biocombustibles, tal es el caso de *J. neopauciflora*. No obstante se tienen que diseñar estrategias de desarrollo con esta especie, con especial atención a los aspectos involucrados en su uso sostenible, es decir, como parte de agroecosistemas que impidan la pérdida de su diversidad genética.

2.3 Pérdida de los recursos vegetales

En la actualidad, la pérdida acelerada de la diversidad genética vegetal tanto de materiales silvestres como domesticados, constituye un problema cada vez más

preocupante, de acuerdo con la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), de un total de 1,642,189 especies que se encontraban descritas en 2008, 44,838 especies estaban evaluadas y 16,928 de éstas (38 %) se consideraban amenazadas. Esto es consecuencia de la fragmentación del hábitat, la recolecta ilegal con fines comerciales, expansión de sistemas agrarios y las superficies urbanas (Baena, 2008). En México, los grupos con mayor número de especies amenazadas incluyen: las plantas con 261 especies, los anfibios con 211 y los peces con 114 (Luna *et al.*, 2011). Es preciso tomar medidas decisivas para conservar y mantener las especies y los ecosistemas, con miras a la ordenación y la utilización sostenibles de los recursos biológicos.

Con respecto al género *Jatropha*, en el país, tiene pocos estudios y ciertas especies se encuentran en algún riesgo, tal es el caso de *Jatropha giffordiana*, encontrándose en peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2010), existen otras especies con estudios escasos, para determinar sus estados de conservación, tal es el caso de *J. neopauciflora* por lo que es importante conocer su estructura poblacional, para lograr un mejor aprovechamiento de ésta, así como su conservación.

También es indispensable conservar los genotipos en los bancos de germoplasma, ya que cobran importancia no sólo porque son los depositarios de diversidad genética, sino también porque contribuyen a la conservación. Sin embargo, en particular si se considera a los cuartos fríos como una opción

pertinente, es conveniente la integración de colecciones núcleo que en poco espacio permitan conservar a largo plazo la mayor diversidad genética

Una colección núcleo consiste en número limitado de entradas (muestras o accesiones de germoplasma) seleccionadas para representar la diversidad genética de una especie (Hintum, 1999). Si bien en ocasiones una selección aleatoria de accesiones, puede representar la diversidad genética de forma apropiada (Brown, 1989). Una ventaja de las Colecciones Núcleo es su reducido tamaño, ya que por ello pueden ser evaluadas más detalladamente que una colección completa, permitiendo una elección más efectiva de los materiales a utilizar en el mejoramiento (Hintum, 1999), estableciendo el primer paso lógico para buscar alelos deseables (Holbrook *et al*, 1993). Cuando se plantea elaborar una Colección Núcleo se puede establecer con la utilización de marcadores moleculares para la caracterización de las accesiones que proporciona una base sólida conducen a la mensuración de la diversidad genética sólida (Huaman *et al.*, 2000).

2.4 Diversidad genética de *J. neopauciflora*

De acuerdo con Cuevas (2003) la importancia de la diversidad vegetal, radica en preceder desde el punto de vista evolutivo, es decir la selección natural y la asistida por el hombre (proceso de domesticación) e históricamente, la diversidad genética es la base en la producción agrícola mundial. Ahora bien, los estudios con respecto a la diversidad genética de *J. neopauciflora* son nulos, por

consiguiente, es indispensable empezar con una caracterización molecular de ésta para contribuir a su conservación y aprovechamiento.

Una técnica que nos permite definir una colección núcleo es la de AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), la cual es una combinación de técnicas basadas en hibridación más PCR (Valadez y Kahl, 2005). Esta técnica permite el análisis de un elevado número de *loci* por experimento sin requerir información previa sobre su secuencia. Al igual que otras técnicas de marcadores, inicia con el aislamiento del ADN genómico y su restricción completa con dos nucleasas diferentes Eco RI y Mse I. A través de la acción combinada de ambas endonucleasas, se produce un gran número de fragmentos (Valadez-Moctezuma *et al.*, 2001). La técnica de AFLP se ha empleado para determinar relaciones evolutivas entre organismos (Aggarwal *et al.*, 1999), selección de individuos con fines de mejoramiento (Madigan *et al.*, 1999), identificación varietal y homologías de genomas entre especies. El conocimiento del nivel de variabilidad de los individuos de *J. neopauciflora* es un factor determinante para su conservación y su manejo sustentable.

Estos estudios son de gran importancia e indispensables para conocer la diversidad genética contenida en una o más accesiones de germoplasma vegetal, no obstante, para que la información derivada de los estudios moleculares contribuya realmente a la conservación de las plantas como recursos, es esencial tener el conocimiento etnobotánico y ecológico del taxón en estudio, ya que, estos estudios muestran el conocimiento de las comunidades indígenas y el estado de conservación de sus recursos vegetales.

2.5 Etnobotánica de *J. neopauciflora*

México se caracteriza por presentar una extraordinaria pluralidad cultural y una gran diversidad vegetal, la cual se manifiesta como uno de los escenarios más ricos y variados del planeta, pues alberga alrededor de 23, 424 especies integradas a 2, 804 géneros, distribuidos en 304 familias (Villaseñor, 2004).

Las comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán poseen un profundo entendimiento de su medio ecológico. Sus habitantes extraen el latex de *J. neopauciflora*, haciendo una herida a la planta, y la utilizan poniéndola directamente sobre la parte afectada. Así curan; herpes bucales, infección de heridas y dolor de dientes. Además, en los nichos donde crece silvestre esta especie existen muchas otras que continúan siendo de gran importancia como alimento, medicina y combustible que constituyen una fuente de gran importancia en las economías agrícolas de la región (Cuevas, 2011). Por ello, es importante el estudio de diferentes especies vegetales silvestres a través de índices etnobotánicos que permita valorarlas, analizarlas, comparar su uso y su disponibilidad y propiciar su conservación.

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se consideró indispensable conocer la estructura de la población de *J. neopauciflora*, para lograr un mejor aprovechamiento de ésta, así como su conservación, y entender el papel que han desempeñado las comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en la evolución de esta especie.

IV. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento etnobotánico de *Jatropha neopauciflora*, a nivel de especie y como componente del tipo de vegetación en el que ha evolucionado en la zona de estudio.

V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obtener la distribución espacial, estructura vertical de una población natural de *J. neopauciflora*, para conocer su estructura poblacional.

Evaluar la diversidad genética en la población natural de *J. neopauciflora*, utilizando como herramienta marcadores AFLP.

Evaluar el uso de diferentes plantas que comparten el mismo hábitat con *J. neopauciflora*, a través de índices etnobotánicos, para generar un manejo integral

III. HIPÓTESIS

Debido a que *Jatropha neopauciflora* se localiza en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, se espera una estructura poblacional estable.

Se espera que los estimadores de diversidad genética de la población natural de *Jatropha neopauciflora* detectados con AFLP muestren una alta diversidad genética.

Debido a la erosión cultural en la comunidad San Rafael, Coxcatlán, se espera tener índices etnobotánicos bajos con respecto al conocimiento de sus recursos vegetales.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- ACHTHEN J., W.M.; MAES H., W.; AERTS, R.; VERCHOT, L.; TRABUCCO, A.;
MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; MUYS B. 2010. *Jatropha*: From global hype to
local opportunity. *Journal of Arid Enviroments*. 74: 164-165.
- ACHTHEN J., W.M.; VERCHOT, L.; FRANKEN J., Y.; MATHIJS, E.; SINGH P., V.;
AERTS, R.; MUYS, B. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use.
Biomass and Bioenergy. 32: 1063-1084.
- AGGARWAL K., R.; BRAR S., D.; NANDI, S.; HUANG, N.; KHUSH S., G. 1999.
Phylogenetic relationships among *Oryza* species revealed by AFLP
markers. *Theorical and Applied Genetic*. 98:1320-1328.
- ARBIZU F., J.L. 2004. Registro histórico de los principales países emisores, pp.
99-108. *In*: Cambio climático: una visión desde México. MARTINEZ, J.;
BREMAUNTZ, A.F. (eds.). Instituto Nacional de Ecología. D.F., México.
- BAENA, M.L.; HALFFTER, G.; SALAS, R. 2008. Extinción de especies, pp. 263-
282. *In* Capital natural de México. SARUKHÁN, J.; KOLEFF P.; CARABIAS
J.; SOBERÓN, J.; DIRZO, R.; LLORENTE-BOUSQUETS, J.; HALFFTER,
G.; GONZÁLEZ, R.; MARCH; I.; MOHAR, A.; ANTA, S.; MAZA, J. (eds)
CONABIO. D.F. México.
- BP Statistical Review of World Energy. 2014. Published on the Internet; [http://
http://www.bp.com/](http://www.bp.com/) (accessed 24 October).
- BROWN A., H.D. 1989 The case for core collections, pp. 136-156 *In* The Use of
Plant Genetic Resources (A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall and
J.T. Williams, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

- CANALES M., M.; HERNÁNDEZ T., D.; CABALLERO J., N.; ROMO DE VITAR A., R.; DURÁN A., D.; LIRA R., S. 2006. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales de San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México *Acta Botánica Mexicana*. 75: 21-43.
- CANO, A.; HERNÁNDEZ, A. 1984. El piñoncillo, *Jatropha curcas* recurso biótico silvestre del trópico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 14: 5-16.
- CASTILL, H.L.; ARENAS, O.M.; JIMÉNEZ, A. 1991. Composición química y aspectos nutricionales de la harina desgrasada del piñon mexicano *Jatropha curcas*. *Acta de Ciencia y Tecnología*. 65: 73-74.
- CHAUVET, M.; GONZÁLEZ, R. 2008. Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿Oportunidades o amenazas?. *Cotidiano*. 23(147): 51-61.
- CUEVAS S., J.A. 2011. Etnobotánica y sustentabilidad: estudio y conservación de germoplasma de quelites en el Totonacapan, pp. 47-58. *In: Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria*. Mera, L.M.; D. Castro, R.A. Bye (eds.). UNAM-SNICS-SINAREFI. México, D.F.
- DEMIBAS, A. 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy Policy*. 35: 4661-4670.
- FALASCA, S.; ULBERICH, A. 2006. Cultivos alternativos para la producción de biocombustibles en el área semiárida argentina. *Revista Geográfica* 140: 135-150.
- GANESH, S.R.; PARTHIBAN, K.T.; SENTHIL, R.K.; THIRUVENGADAM, V.; PARAMATHMA, M. 2008. Genetic diversity among *Jatropha* species as

- revealed by RAPD markers. Genetic Resources and Crop Evolution. 55: 803-809.
- GARCÍA-COTA, T.N.J.; CRUZ-GONZALEZ, V.M.; NÁJERA-MARTÍNEZ, I.; SANCHEZ-DAZA, O.; REYES-ORTEGA, Y.; LÓPEZ-ARENAS, T. 2009. Purificación de biodiesel obtenido de aceite de *Ricinus*. Superficies y Vacío 22(3): 20-23.
- HINTUM, T.J.L 1999. The general methodology for creating a core collection, pp. 10-17. *In*: Core collections for today and tomorrow. Johnson. R.C.; Hodgkin, T, (eds.). IPGRI, Rome, Italy.
- HOLBROOK, C.C.; ANDERSON, W.F.; PITTMAN, R.N. 1993. Selection of a Core Collection from the U.S. Germplasm Collection of Peanut. Crop. Science. 33:859-861.
- HUAMAN Z., R.; ORTIZ D., Z.; RODRÍGUEZ F. 2000. Isozyme análisis of entire and core collections of *Solanum tuberosum* subsp. *Andigena* potato cultivars. Crop Science 40:273-276.
- IUCN. 2008. Published on the Internet; <http://www.iucn.org/> (accesed 24 october).
- IBARRA-AMEIDA, M.; MENDOZA-VILCHIS, A.; GARCÍA-CORTES, O.; NÚÑEZ-GALINDO, Y.; RUELAS-SANTAMARÍA, P.; ROJAS-AGUILAR, A.; VALDÉS-ORDOÑEZ, A. 2013. Energía de combustión del bioetanol producido a partir de maguey (*Agave americana*), naranja (*Citrus sinensis*) y palma de coyol redondo (*Acrocomia mexicana*), pp.67-76. *In*: Energía alterna y biocombustibles. Pérez A.; E. García. (eds). Biblioteca Básica de Agricultura. D.F. México.

- JONGSCHAAP, R.E.E.; CORRÉ, W. J.; BRINDABRAN, P.S.; BRANDENBURG, W.A. 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Plant Research International B.V. Report 158: 42-51.
- MACHUCA-MARTÍNEZ, F.; MELLIZCO, J.E.; ROJAS, J.A. 2010. Optimización de condiciones de operación en la transesterificación de aceites de higuerilla y palma con etanol e hidróxido de Sodio. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 8 (1):78-87.
- MARLAN, G.; BODEN, T.; ANDRES, B. 2003. Global, Regional and National CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC). Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn. Disponible en: <http://cdiac.esd.ornl.gov/>
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. 1999. Biología de los Microorganismo. Prentice Hall, Madrid, España. 986 p.
- MORALES, R. 2005. La quiebra técnica de Petróleos Mexicanos, Perspectivas para remontar su crisis. Economía UNAM. 4: 27-39.
- PÉREZ V., A.; GARCÍA P., E. 2013. Energía alterna y biocombustibles. Biblioteca básica de agricultura. D.F. México. 208 p.
- LUNA P., R.; R.L.; CASTAÑON B., A.; RAZ-GUZMÁN, A. 2011. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. Ciencias. 101:36-43.
- RODRÍGUEZ-ACOSTA, M.; VEGA-FLORES, K.; GANTE-CABRERA, V.H.; JIMÉNEZ-RAMÍREZ, J. 2009. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. Polibotánica. 28:37-48.

- SUÁREZ, J.; MARTÍN, G. J.; SOTOLONGO, J. A.; RODRÍGUEZ, E.; SAVRAN V.; CEPERO, L.; FUNES-MONZOTE, F.; RIVERO, J. L.; BLANCO, D.; MACHADO, R.; MARTÍN, C.; GARCÍA, A. 2011. Experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes*, 34 (4): 473-496.
- THE PLANT LIST. 2014. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January).
- TORAL, O. C.; IGLESIAS, J. M.; MONTES DE OCA, S.; SOTOLONGO, J. A.; GARCÍA, S.; TORSTI, M. 2008. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 31(1): 191-207.
- UHTHOFF L., L.M. 2008. La industria del petróleo en México, 1911-1938: del auge exportador al abastecimiento del mercado interno. Una aproximación a su estudio. *Am. Lat. Hist. Econ.* 33:5-30.
- VALADEZ M., E.; KAHL, G. 2005. Huellas de ADN en genomas de planta. Mundi-Prensa México S.A. de C.V. D.F., México. 147 p.
- VALADEZ-MOCTEZUMA, E.; KAHL, G.; RAMSER, J.; HÜTTEL, B.; RUBLUO-ISLAS, A. 2001. Técnicas moleculares para la caracterización de genomas vegetales (garbanzo) y algunas aplicaciones potenciales. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 24(1): 103-120.
- VALERO P., J.; CORTINA V., H.; VELA C., M. 2011. El proyecto de biocombustibles en Chiapas: experiencias de los productores de piñón (*Jatropha curcas*) en el marco de la crisis rural. *Estudios Sociales* 9 (38): 120-144.

VILLASEÑOR J., L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75: 105-135.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS DE *Jatropha neopauciflora* Pax. EN COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS DE *Jatropha neopauciflora* Pax. EN

COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

ECOLOGICAL CONSIDERATIONS OF *Jatropha neopauciflora* Pax. IN

COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

Hugo Adalberto Von Thaden Ugalde¹ y Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez²

RESUMEN

La reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, es considerada como un sitio de gran diversidad de ecosistemas y especies. Particularmente, para el género *Jatropha*, esta zona representa uno de los lugares donde ha presentado especies con potencial para la producción de biocombustible. Una de éstas es *Jatropha neopauciflora* localizada en el ejido San José Tilapa Coxcatlán, área en la que ha evolucionado como miembro del tipo de vegetación predominante selva baja espinosa caducifolia. El objetivo de la presente investigación fue determinar el estado de conservación de *J. neopauciflora*, se determinó a partir de la distribución espacial (n=21 individuos por cuadrante de 50x50 m) y estructura vertical (n=82 individuos), encontrando que la población presenta una distribución agregada ($k=0.5$, $\alpha=0.05$), pero con una mayor frecuencia de individuos jóvenes (27 %), se concluye que existe una estabilidad poblacional.

Palabras clave: Conservación, distribución espacial, estructura vertical, selva baja espinosa caducifolia, estabilidad poblacional.

ABSTRACT

The Biosphere Reserve of Tehuacan-Cuicatlán is well known for its higher levels diversity at the ecosystems and species level. The valley area of Tehuacan-Cuicatlán has a higher potential for biofuel production based on *Jatropha*. San José Tilapa Coxcatlán is small village inside the valley where *Jatropha* is a dominant element of the lowland deciduous thorny forest. The purpose of this research was to assess the conservation status of *J. neopauciflora*. Based on the spatial distribution (n = 21 individuals per quadrant 50x50 m) and vertical structure (n = 82 individuals), the population has an aggregated distribution ($k = 0.5$, $\alpha = 0.05$). Younger individuals were predominant in the population (27 %), we concluded that *J. neopauciflora* showed a stable population in San José Tilapa Coxcatlán.

Keywords: Conservation, spatial distribution, vertical structure, lowland deciduous thorny, population stability.

1. Tesista
2. Director

I. INTRODUCCIÓN

La reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán presenta una riqueza tanto florística, como en otros ámbitos, ya que presenta una gran variedad de ecosistemas, en virtud de que comprende además parte de la provincia de la Depresión del Balsas para la región Caribe y de las Serranías Meridionales para la región Mesoamericana de Montaña (Rzedowski y Calderon, 1994). La reserva pertenece a las *Regiones Terrestres Prioritarias de México* (RTP) determinadas por la CONABIO e identificada con el número 121, presenta un alto grado de conservación y riqueza biológica, ecológica y genética (Granados *et al.*, 2010). Esta región alberga un gran número de ecosistemas, que van desde los Matorrales espinosos con espinas laterales, Cardonales, Tetecheras, Izotales, Nopaleras, hasta la selva baja espinosa caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963). Este último tipo de vegetación se ha caracterizado por la presencia de especies con un gran potencial en la producción biocombustibles, tal es el caso de *Agave* spp. (Ibarra-Almedia *et al.*, 2013), *Cnidoscolus* spp. (Reyes *et al.*, 2013) y *Jatropha* spp (Cano y Hernández, 1984). La especie más utilizada de este último género es la *Jatropha curcas*, ya que su aceite es considerado como un eficiente combustible sustituto para motores diésel (Rufino *et al.*, 2013).

Sin embargo, existen otras especies endémicas de este género con un gran potencial para la producción de biocombustibles y la mayor diversidad se encuentra en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicuatlan (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2009). Una de estas especies es *Jatropha neopauciflora*, que además de su

gran potencial como biocombustible, presenta una actividad citotóxica contra ciertas células tumorales (García y Delgado, 2006).

A pesar de la importancia de *J. neopauciflora* los estudios ecológicos son nulos, aspecto lamentable ya que éstos estudios –entre otros aspectos- permite saber su estado de conservación. Por tal motivo, el objetivo de esta sección del presente trabajo consistió en realizar un diagnóstico sobre la estructura poblacional de *J. neopauciflora* en función de su estructura poblacional y distribución espacial.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ejido San José Tilapa Coxcatlán, Puebla, México, localizado en las coordenadas 18° 12' 28.8" LN y 97° 07' 41.2" LW con una elevación de 1198 msnm (Figura 1). El clima es BS1(h')w"(w)eg de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), el cual corresponde a un clima seco, semiárido con lluvias en verano y temperatura media anual de 22 °C, variando entre 25 °C en abril y mayo, y 18 °C en enero.

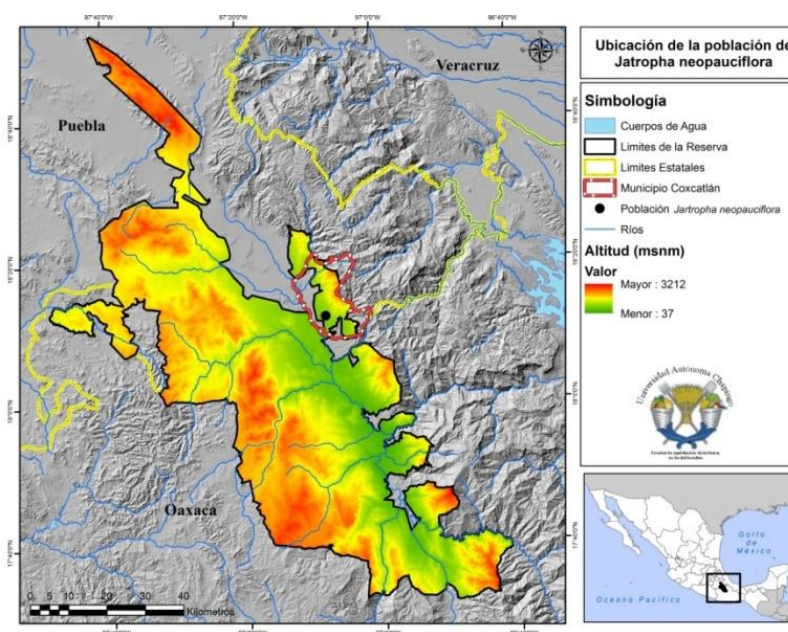


Figura 1. Representación del sitio de estudio mediante un modelo de elevación.

Se limitó un cuadrante de muestreo de 50 x 50 metros, fue dividido en 25 cuadros de 10 x 10 m cada uno. En cada cuadro se localizaron mediante coordenadas cartesianas 21 individuos de *J. neopauciflora*, de los cuales se obtuvieron ejemplares para herbario, para cuyo cotejo taxonómico se contó con el apoyo del Biol. Héctor H. Cervantes Maya, de la Universidad Nacional Autónoma de México,

FES, Iztacala, Distrito Federal, México. Se describió la estructura vertical de toda la población a partir de las frecuencias por categoría de altura definida esta como la longitud (cm) que va desde la base del individuo al ápice de la hoja más alta.

Para obtener la estructura espacial de la población silvestre muestreada, los datos se procesaron con el software estadístico Past Versión 3.0 (Hammer *et al.*, 2001) donde se obtuvo una interpretación visual del cuadrante de muestreo a través de la densidad de Kernel con una función gaussiana, así como el tipo de distribución espacial de la población utilizando la función K de Ripley, donde la interacción espacial entre dos series de puntos, con n puntos en un área A , donde $\lambda=n/A$. La distancia entre los puntos i y j es d_{ij} , se expresa con la siguiente fórmula de Ripley (1979): $K(d) = \frac{1}{\lambda n} \sum_{i=1}^n I(d_{ij} \leq d)$ Donde al indicador de la función I se le asigna un valor de 1 si el argumento es correcto ($u \leq 0$) y por lo contrario un valor de 0 ($u > 0$).

La $K(d)$ se espera que incremente con respecto al área de los círculos, entonces la función $L(d)$ es una transformación correspondiente de $K(d)$:

$$L(d) = \frac{\sqrt{K(d)}}{\pi}$$

Dónde:

- Distribución espacial aleatoria: $L(d)-d$ dentro del intervalo de confianza.
- Distribución espacial regular: $L(d)-d$ es menor a 0.
- Distribución espacial tipo agregada: $L(d)-d$ es mayor a 0

III. RESULTADOS

De acuerdo a la clasificación de los tipos de vegetación efectuada por Miranda y Hernández-X (1963), la población silvestre de *J. neopauciflora*, se encuentra en una Selva Baja Espinosa Caducifolia, donde la especie dominante es *Parkinsonia praecox*, sin embargo existen otras especies que cohabitan con *J. neopauciflora* enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies que se localizan cerca de *J. neopauciflora*.

Familia	Nombre Científico
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.
Anacardiaceae	<i>Pseudosmodium</i> sp.
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.
Asparagaceae	<i>Agave macroacantha</i> Zucc.
Bromeliaceae	<i>Hechtia podantha</i> Mez
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp
Burseraceae	<i>Bursera aptera</i> Ramírez
Burseraceae	<i>Bursera biflora</i> (Rose) Standl.
Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.
Burseraceae	<i>Bursera morelensis</i> Ramírez
Burseraceae	<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.
Burseraceae	<i>Bursera submoniliformis</i> Engl.
Cactaceae	<i>Cephalocereus columna-trajani</i> (Karw. ex Pfeiff.) K.Schum
Cactaceae	<i>Coryphantha pallida</i> R.F.Dicht & A.D.Lüthy
Cactaceae	<i>Escontria chiotilla</i> (A.A.Weber ex K.Schum.) Rose
Cactaceae	<i>Ferocactus flavovirens</i> (Scheidw.) Britton & Rose
Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i> (Mill.)
Cactaceae	<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. ex Pfeiff.
Cactaceae	<i>Mammillaria sphacelata</i> Mart.
Cactaceae	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> Backeb.
Cactaceae	<i>Opuntia depressa</i> Rose
Cactaceae	<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber
Cactaceae	<i>Pachycereus hollianus</i> Buxb.
Cactaceae	<i>Pachycereus weberi</i> (J.M.Coult.) Backeb.
Capparaceae	<i>Quadrella incana</i> (Kunth) Iltis & Cornejo
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> Breckon
Euphorbiaceae	<i>Manihot pauciflora</i> Brandegees
Euphorbiaceae	<i>Jatropha rzedowskii</i> J.Jiménez Ram.
Leguminosae	<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.
Leguminosae	<i>Mimosa polyantha</i> Benth.

Cuadro 1. (Continuación)

Familia	Nombre Científico
Leguminosae	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) Hawkins
Leguminosae	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C.Johnst.
Malvaceae	<i>Allowissadula rosei</i> (R.E.Fr.) D.M.Bates
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> subsp. <i>parvifolia</i> (Rose) P.E.Gibbs & Semir
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mexicana</i> Rose
Simaroubaceae	<i>Castela erecta</i> Turpin
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i> Kunth

La altura del componente arbustivo en la estructura vertical alcanzó los 166.9 cm, con algunos individuos mayores a 420 cm; se lograron diferenciar dos estratos: inferior y superior (Figura 2). El estrato inferior estuvo constituido por categorías de altura menores a 230 cm (74 % del total de individuos), mientras que el estrato superior comprendió categorías de altura mayores a 230 cm (26 % del total).

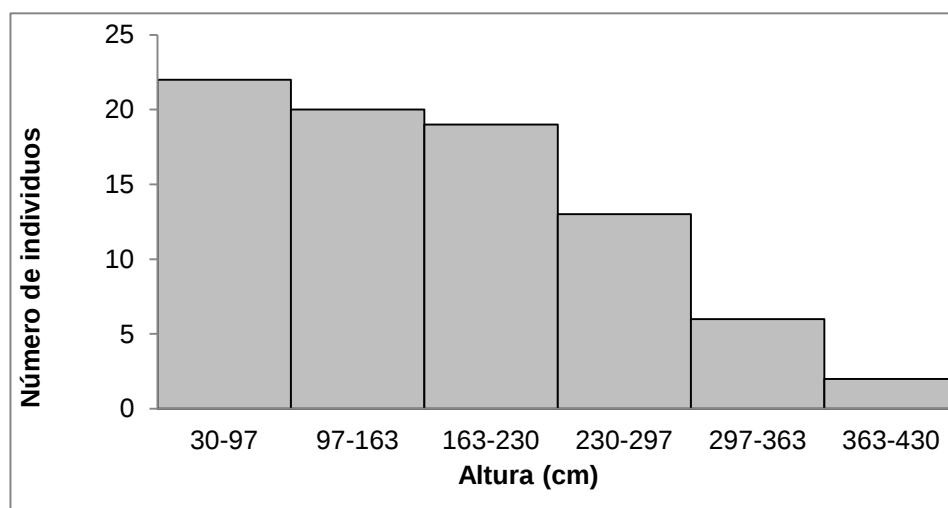


Figura 1. Estructura vertical de la población de *J. neopauciflora*.

Se encontró que la población silvestre de *J. neopauciflora* presentó un tipo de distribución de tipo agregado de acuerdo a la función K de Ripley ($L(d)-d=0.5$) con

un nivel de confianza del 95 %. La Figura 3 muestra la interpretación visual del cuadrante utilizando el índice de Kernel.

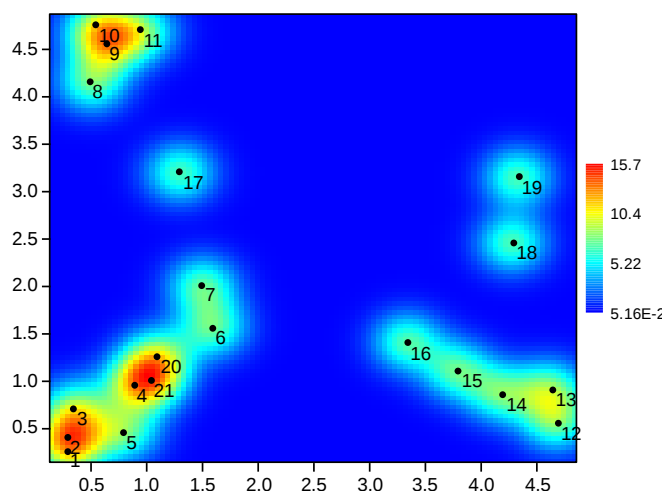


Figura 3. Mapa de agregación, en zonas rojas existe una mayor densidad de individuos.

IV. DISCUSIÓN

El sur de México es considerado como un importante centro de especiación y diversificación de diferentes especies, en particular el género *Jatropha* (Steinman, 2003). Estas especies se encuentran comúnmente en sitios con climas cálidos con lluvias escasas, como en los que se manifiesta la Selva Baja Espinosa Caducifolia, que se caracteriza por reunir una diversidad única con gran cantidad de especies endémicas (Granados *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos por Rodríguez-Acosta *et al.* (2009) corroboran la presencia de *J. neopauciflora* ya que se distribuye exclusivamente dentro de este tipo de vegetación, en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, donde interacciona con otras 37 especies (Cuadro

1). Aunque parezca que estas especies son miembros ecológicamente semejantes, no son idénticos dentro de la comunidad, ya que cada especie tiene su propio nicho (Begon *et al.*, 2006). Las especies asociadas a *J. neopauciflora* registradas en esta investigación se asemejan a las reportadas por Rodríguez-Acosta *et al.* (2009), pero discrepan con las especies; *Bursera arida*, *Bursera galleotiana*, *Echinocactus platyacanthus*, *Beaucarnea gracilis* y *Castela tortuosa*. En consecuencia, estas especies presentan nichos con variables distintas (Temperatura, humedad, tipo de suelo, etc.), que determinaron distintas taxa zona de estudio.

Otro aspecto de esta investigación fue determinar la estructura poblacional a partir del análisis de distribución espacial y la estructura vertical, ya que ambas propiedades están interrelacionadas y afectadas por factores abióticos y bióticos. La población presentó una distribución agregada, con evidente formación de manchones (Figura 3) esto se debe a una dispersión menor de las semillas ya que son pesadas para ser transportadas por el viento (Begon *et al.*, 2006), por consiguiente las semillas solo pueden ser dispersadas por gravedad, aves, pequeños mamíferos e insectos (Martínez-Orea *et al.*, 2009), con respecto al último grupo, se ha reportado que las hormigas (*Iridomyrmex spadius*) suelen dispersar las semillas de *Jatropha gossypifolia* (Bebawi y Campbell, 2004) lo que influye en la distribución de las plantas. Sin embargo, también pueden existir otros factores, como la competencia entre las plantas circundantes o entre los individuos de la misma población de *J. neopauciflora* (Chávez *et al.*, 2005), pero existe una mayor influencia en la estructura de las semillas y frutos, ya que, le han servido a

J. neopauciflora para asegurar su dispersión y han evolucionado para adaptarse a la selva baja espinosa caducifolia, permitiendo que nuevos fenotipos se establezcan en este tipo de vegetación (Granados y Florencia, 2001).

Éste éxito en la dispersión se aprecia en el análisis de la distribución de tallas, donde se muestra la existencia de un mayor número de plantas jóvenes, esto es, que hay un mayor número de organismo que no exceden de un metro de altura (Figura 2). Resultados similares se han reportado en poblaciones de *Ceratozamia* (Chávez *et al.*, 2005). Lamprecht (1990) sugiere que este tipo de estructura representa una garantía para que una población se mantenga en equilibrio, ya que los individuos de gran tamaño son escasos y reemplazados por individuos jóvenes (Canales *et al.*, 2005).

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo al análisis de la distribución de tallas y al análisis de distribución espacial es posible concluir que la población de *J. neopauciflora* se ha logrado mantener estable en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

El gran número de endemismo que se registran en la selva baja espinosa caducifolia, es un indicador de que aún se requieren más investigaciones para este tipo de vegetación para comprender su dinámica ecológico-evolutiva.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- BEBAWI , F.; CAMPBELL S. 2004. Interactions between meat ants (*Iridomyrmex spadius*) and bellyache Bush (*Jatropha gossypifolia*). Australian Journal of Experimental Agricultura. 44: 1157-1164.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, L.J. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell. United Kingdom. 100 p.
- CANALES, M.; HERNÁNDEZ, T.; CABALLERO, J.; ROMO DE VIVAR, A.; AVILA, G; DURAN, A.; LIRA, R. 2005. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlán, Puebla, México. Journal of Ethnopharmacology. 97:429-439.
- CANO, A.; HERNÁNDEZ, A. 1984. El piñoncillo, *Jatropha curcas* recurso biótico silvestre del trópico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 14: 5-16.
- CHÁVEZ, A.; RENDÓN, B.; LUNA A. 2005. Ecología de *Ceratozamia* aff. *robusta* en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca, pp. 74-86. In: Proceedings of "Cycad 2005". Vovides, A. (eds) Veracruz, Mexico.
- GRANADOS S., D.; LÓPEZ R., G.F. 2001. Ecología de poblaciones vegetales. D.R. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. de México. México. 144 p.
- GRANADOS S., D.; LÓPEZ R., G.F.; HERNÁNDEZ G., M.A. 2010. Valle de Tehuacán y Cañada de Cuicatlán. D. R. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. de México. México. 260 p.
- GARCÍA, A.; DELGADO, G. 2006. Cytotoxic cis-fused bicyclic sesquiterpenoids from *Jatropha neopauciflora*. J. Nat. Prod. 69:1618-1621.

- HAMMER, Q.; HARPER, D.A.T; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- IBARRA-AMEIDA, M.; MENDOZA-VILCHIS, A.; GARCÍA-CORTES, O.; NÚÑEZ-GALINDO, Y.; RUELAS-SANTAMARÍA, P.; ROJAS-AGUILAR, A.; VALDÉS-ORDOÑEZ, A. 2013. Energía de combustión del bioetanol producido a partir de maguey (*Agave americana*), naranja (*Citrus sinensis*) y palma de coyol redondo (*Acrocomia mexicana*), pp.67-76. *In: Energía alterna y biocombustibles*. Pérez A.; E. García. (eds). Biblioteca Básica de Agricultura. D.F. México.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. (GTZ) GMBH, Eschborn, Alemania. 460 pp
- MARTÍNEZ-OREA, Y.; CASTILLO, S.; GUADARRAMA, P. 2009. La dispersión de frutos y semillas. *Ciencias*. 96: 38-41.
- MIRANDA, F.G.; HERNÁNDEZ-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc.* 28: 29-71.
- REYES, B.; GUERRA, D.; CUEVAS, J; VÁZQUEZ, J; REYES. L.J; REYES, A. 2013. Obtención del aceite de semillas de mala mujer (*Cnidoscolus multilobus*), y su transformación en biodiesel. pp.93-98. *In: Energía alterna y biocombustibles*. Pérez A.; E. García. (eds). Biblioteca Básica de Agricultura. D.F. México.

- RIPLEY, B.D. 1979. Tests of 'randomness' for spatial point patterns. Journal of the Royal Statistical Society. 41: 368-374.
- RODRÍGUEZ-ACOSTA, M.; VEGA-FLORES, K.; GANTE-CABRERA, V.H.; JIMÉNEZ-RAMÍREZ, J. 2009. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. Polibotánica. 28:37-48.
- RUFINO, E.; SIQUEIRA, W.; ARGOLLO, D.; CROTTI, M.; DÍAS, M.; DE PAULA, A.; COLOMBO, C.; FERRAZ, M.; NICOMEDES, J. 2013. Obtención de híbridos interespecíficos de *Jatropha curcas* L. pp.107-117. In: Energía alterna y biocombustibles. Pérez A.; E. García. (eds). Biblioteca Básica de Agricultura. D.F. México.
- RZEDOWSKI, J.; CALDERÓN DE R., G. 1994. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 5. Linaceae Gray. México: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 5: 1-19.
- STEINMANN W., V. 2003. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. Acta Botánica Mexicana. 61: 61-93.
- THE PLANT LIST. 2014. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January).

VII. ANEXOS



Familia: Anacardiaceae

Amphipterygium adstringens



Familia: Anacardiaceae

Pseudosmodingium sp.



Familia: Apocynaceae

Plumeria rubra



Familia: Asparagaceae

Agave macroacantha



Familia: Bromeliaceae

Hechtia podantha



Familia: Bromeliaceae

Tillandsia sp.



Familia: Burseraceae

Bursera aptera



Familia: Burseraceae

Bursera biflora



Familia: Burseraceae

Bursera fagaroides



Familia: Burseraceae

Bursera morelensis



Familia: Burseraceae

Bursera schlechtendalii



Familia: Burseraceae

Bursera submoniliformis



Familia: Cactaceae

Cephalocereus columna-trajani



Familia: Cactaceae

Coryphantha pallida



Familia: Cactaceae

Escontria chiotilla



Familia: Cactaceae

Ferocactus flavovirens



Familia: Cactaceae

Ferocactus recurvus



Familia: Cactaceae

Mammillaria carnea



Familia: Cactaceae

Mammillaria sphacelata



Familia: Cactaceae

Neobuxbaumia tetetzo



Familia: Cactaceae

Opuntia depressa



Familia: Cactaceae

Opuntia pilifera



Familia: Cactaceae

Pachycereus hollianus



Familia: Cactaceae

Pachycereus weberi



Familia: Capparaceae

Quadrella incana



Familia: Euphorbiaceae

Cnidoscolus tehuacanensis



Familia: Euphorbiaceae

Manihot pauciflora



Familia: Euphorbiaceae

Jatropha neopauciflora



Familia: Euphorbiaceae

Jatropha rzedowskii



Familia: Leguminosae

Acacia cochliacantha



Familia: Leguminosae

Mimosa polyantha



Familia: Leguminosae

Parkinsonia praecox



Familia: Leguminosae

Prosopis laevigata



Familia: Malvaceae

Allowissadula rosei



Familia: Malvaceae

Ceiba aesculifolia



Familia: Rhamnaceae

Ziziphus mexicana



Familia: Simaroubaceae

Castela erecta



Familia: Malvaceae

Lippia graveolens

Figura 4. Especies que se localizan cerca de *J. neopauciflora*

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DE *Jatropha neopauciflora* Pax. USANDO AFLP

CARACTERIZACIÓN DE *Jatropha neopauciflora* Pax. USANDO AFLP

CHARACTERIZATION OF *Jatropha neopauciflora* Pax. USING AFLP

Hugo Adalberto Von Thaden Ugalde¹ y Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez²

RESUMEN

En México los estudios de diversidad genética de *Jatropha neopauciflora* son nulos. Considerando la importancia de la diversidad genética para la integración de colecciones núcleo que permitan conservar el germoplasma vegetal necesario al desarrollo de programas de mejoramiento genética, la presente investigación evaluó 75 accesiones de una población natural *J. neopauciflora* Pax. De Coxcatlán, Puebla, México, con 145 amplicones polimórficos generados de 8 combinaciones de oligonucleótidos tipo AFLP. El índice de Nei fue 0.3 y el índice de Shannon fue 0.6, lo que indica que la población estudiada es altamente heterocigótica y diversa. El dendrograma generado por el método de agrupación FLEXY considerando un corte de 0.1 (coeficiente de similitud de Jaccard), lo que fue corroborado con el análisis de coordenadas principales, dividiendo las accesiones estudiadas en tres grupos, la cual representó el 17 % de la variación total, y el 83 % fue determinado por la variación de la colección núcleo *per se* (AMOVA). El coeficiente de variación genética de Nei fue de 0.15 y el flujo de genes fue de 2.8, lo que indica que la población silvestre está en constante cruzamiento con un bajo nivel de deriva génica. Los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad genética dentro de la colección núcleo heterocigótica y estable de *Jatropha neopauciflora*.

Palabras clave: Colección núcleo, diversidad genética, AFLP, germoplasma

ABSTRACT

In Mexico, studies of genetic diversity in *Jatropha neopauciflora* are null. Genetic diversity is an important element to take into consideration on the integration of core collections of plants. Such collections have a key role in further genetic improvement programs for plant's germplasm. This research assesses 75 samples from a wild population of *J. neopauciflora* Pax. Coxcatlán, Puebla, Mexico. We generated 145 oligonucleotide's polymorphic amplifications with eight combinations of AFLP. A Nei index of 0.3 and a Shannon index of 0.6. This implied that the population studied was highly heterozygous and diverse. We also generated a dendrogram by clustering method, FLEXY, with a cut point of 0.1 (similarity coefficient of Jaccard) between samples. This parameter was corroborated by PCA results. This analysis partitioned the samples in three groups, which accounted for 17 % of the total variation. the left 83 % variation resulted from the variation of the core collection *per se* (AMOVA). Genetic variation coefficient was 0.15 Nei and gene flow was 2.8. This implied that the wild population had a constant reproductive flow and low levels of genetic drift. The results showed a high heterozygotic genetic variability within the core collection of *Jatropha neopauciflora*.

Keywords: Core Collection, genetic diversity, AFLP, germplasm.

1. Tesista

2. Director

I. INTRODUCCIÓN

Las especies silvestres juegan un papel ecológico, medicinal y alimenticio, además de una importancia económica en las comunidades indígenas mexicanas, especialmente durante períodos de baja producción agrícola (Altieri *et al.*, 1987). Muchas especies silvestres no se han destinado a la alimentación, sino en la generación de biocombustibles, tal como; *Jatropha curcas* (Falasca y Ulberich, 2006). Por tal motivo ciertas especies silvestres han generado un amplio interés en el mejoramiento genético (Shen *et al.*, 2012), pero para ello, es necesario contar con una variación genética que permita seleccionar las características deseables, tales como un alto rendimiento y calidad de las semillas, que permitan su reproducción natural. El entendimiento de la diversidad genética, interrelaciones y la diferenciación de poblaciones silvestres, es un paso crítico para la generación de genotipos superiores (Achten *et al.*, 2007).

La mayor parte de los estudios realizados con especies de *Jatropha* se han enfocado principalmente a *J. curcas* (Achten *et al.*, 2010; Tatikonda *et al.*, 2009; Shen *et al.*, 2012;), desperdiciando el aprovechamiento de las 48 especies (39 son endémicas) del género *Jatropha* en México (Steinmann, 2003), que probablemente tengan características de gran importancia por sus múltiples usos, entre los cuales pudiese estar en la producción de biocombustibles.

La reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Región Terrestre Prioritaria 121) alberga 11 de las 48 especies de *Jatropha* que se distribuyen en México. Entre éstas se encuentra *Jatropha neopauciflora*, una especie con una distribución

restringida (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2009), localizada en el Municipio de Coxcatlán, Puebla, la cual actualmente es utilizada por la población local, como remedio natural para cicatrizar heridas y curar llagas en la boca (Canales *et al.*, 2005), por lo que representa una especie de alto valor cultural para la región. Además posee un gran potencial en la producción de biocombustibles. Por tal motivo, es importante realizar estudios que permitan generar genotipos superiores con características de interés antropocéntrico. Por tal motivo, es importante empezar con la caracterización de poblaciones naturales. Teniendo en cuenta esto, el objetivo del trabajo, fue la caracterización molecular de individuos silvestres de *J. neopauciflora* con ayuda de AFLP.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Colecta del material vegetal

Se obtuvieron y evaluaron 75 accesiones de *Jatropha neopauciflora*, colectadas en Coxcatlán, Puebla México. Estas se encuentran resguardadas en el Banco de Germoplasma Nacional de la Universidad Autónoma Chapingo. De cada accesión se colectaron hojas, tallos, flores y semillas, para la correcta identificación de la especie, y se emplearon únicamente las hojas para los análisis moleculares de diversidad genética.

2.2 Extracción de ADN

El ADN se extrajo de acuerdo con el protocolo de Sudheer (2009) con el método CTAB, incluyendo algunas modificaciones. De cada muestra se tomaron 300 mg de tejido foliar, almacenados a -80 °C, para liofilización y pulverización. Se agregó 1 ml de buffer (2 % CTAB, 100 mM Tris-HCL, 3.5 M NaCl, 20 mM EDTA, 0.2, 2% PVP, 0.2 M β -Mercaptoethanol, a un pH 8.0) a 65 °C por 90 minutos, seguido de cloroformo:alcohol isoamílico (24:1) en un mismo volumen, el sobrenadante se recuperó para adicionarle 4 μ l de Rnasa. Nuevamente se le agregó el mismo volumen de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1), y finalmente se precipitó con etanol al 70 %. El ADN fue deshidratado y resuspendido en 50 μ l de TE (Tris pH 8 + EDTA).

2.3 Análisis molecular

La plataforma del análisis molecular fue AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), usando el Kit de IRDye® Fluorescent de Licor® (AFLP® Kit for large plant genome analysis). El ADN (250 ng) fue digerido por las enzimas *EcoRI* y *MseI* por dos horas a 37 °C y con un aumento de temperatura de 70 °C por 15 minutos. Los fragmentos de ADN fueron ligados por el adaptador *EcoRI* y el adaptador *MseI* en una solución con T4 ADN ligasa, a temperatura de 20°C por dos horas. Las pre-amplificaciones se llevaron a cabo en un termociclador (Therm-1000, Axygen), en una dilución 1:10 del ADN ligado, agregando buffer 10X, mezcla iniciador AFLP-pre-amplificación y Taq DNA polimerasa (5 U/ μ L), con los siguientes ciclos: un ciclo a 94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s y 72 °C por 1 min; 12

ciclos a 94 °C por 30s, 65-0.7 °C c/ciclo por 30 s y 72 °C por 1min; y 23 ciclos a 72°C por 1 min, 94 °C por 30 s y 72 °C por 1 min. De la dilución de pre amplificación 1:40, se tomaron dos µL y se agregaron a la mezcla de amplificación selectiva más una gota de aceite mineral. La mezcla se amplificó en el termociclador con un programa de un ciclo (94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s y 72 °C por 1 min), 12 ciclos (94°C por 30s, 65-0.7°C c/ciclo por 30s y 72°C por 1min) y 23 ciclos (72°C por 1min, 94°C por 30s y 72°C por 1min). El producto de la amplificación selectiva se corrió en un gel de poliacrilamida desnaturalizado. La electroforesis se llevó a cabo en una cámara de secuenciación (C.B.S Scientific) a 300 V durante tres h utilizando como solución amortiguadora 1X TBE. Los oligonucleótidos polimórficos seleccionados se obtuvieron de 20 combinaciones de oligonucleótidos selectivos, de los cuales solo ocho presentaron bandas polimórficas, siendo E-AAC/M-CAC, E-ACG/M-CAA, E-ACG/M-CTC, E-ACT/M-CAA, E-ACT/M-CAC, E-ACT/M-CTA, E-AGG/M-CAC y E-AGG/M-CTT.

2.4 Análisis estadístico

Se generó una matriz con datos binarios ausente/presente (0 y 1) y se determinó el número efectivo de alelos (N_e), el índice de diversidad genética de Nei (H), y el índice de la información de Shannon (I), con el programa POP-GENE versión 1.32 (Yeh *et al.*, 1999). La similaridad genética entre las accesiones fue calculada con el coeficiente de similitud de Jaccard, y fueron conglomerados con el método de agrupación FLEXI (Método Flexible), corroborado con el análisis bootstrap usando 1,000 repeticiones. Adicionalmente el grado de las relaciones genéticas de la colección núcleo se valoró con un Análisis de Coordenadas Principales (PoCA),

usando el programa NTSYS-PC v2.21 (Rohlf, 2002). Los grupos generados por el método de agrupación FLEXI fueron analizados como poblaciones, por lo que, se determinó la heterocigosidad esperada de la diversidad dentro de los grupos (H_t) y a nivel de individuo (H_s), el coeficiente de variación genética de Nei (GST) y finalmente el flujo de genes (N_m), generados por el programa POP-GENE versión 1.32 (Yeh *et al.*, 1999). Además, el análisis de la varianza molecular (AMOVA) se usó para estimar la variación genética dentro de los grupos, usando el programa GenAlEx v6.2 (Peakall y Smouse, 2006).

III. RESULTADOS

Ocho combinaciones de oligonucleótidos AFLP generaron un total de 561 amplicones, de las cuales 145 (25.6 %) resultaron polimórficas y 416 (74,4 %) monomórficas. El número total de amplicones de cada combinación de oligos varió de 57 (E-ACG/M-CTC) a 93 (E-ACT/M-CTA) con una media de 70.13; y el número total de amplicones polimórficos varió de 6 (E-ACT/M-CAA) a 31 (E-AAC/M-CAC) con un rango en el porcentaje de *loci* polimórficos de 1.3 % a 41.33, respectivamente, con una media de 18.1 amplicones (25 %).

Los datos genotípicos generados a través de perfiles de AFLP de la colección núcleo de *J. neopauciflora* se utilizó para estudiar su diversidad genética. El número efectivo de alelos (N_e) fue de 1.48 ± 0.31 ; el índice de diversidad genética de Nei (H) fue de 0.3 ± 0.14 ; y el índice de Shannon (I) fue de 0.6 ± 0.18 . El dendrograma de las relaciones genéticas basadas en el método de agrupación FLEXI se muestra en la Figura 5. La distancia genética entre la colección núcleo

de 72 accesiones fue estimada mediante el coeficiente de similitud de Jaccard, con un rango de 0.12 a 0.7. La población se dividió en 3 grupos con un corte de 0.1 (coeficiente de similitud de Jaccard).

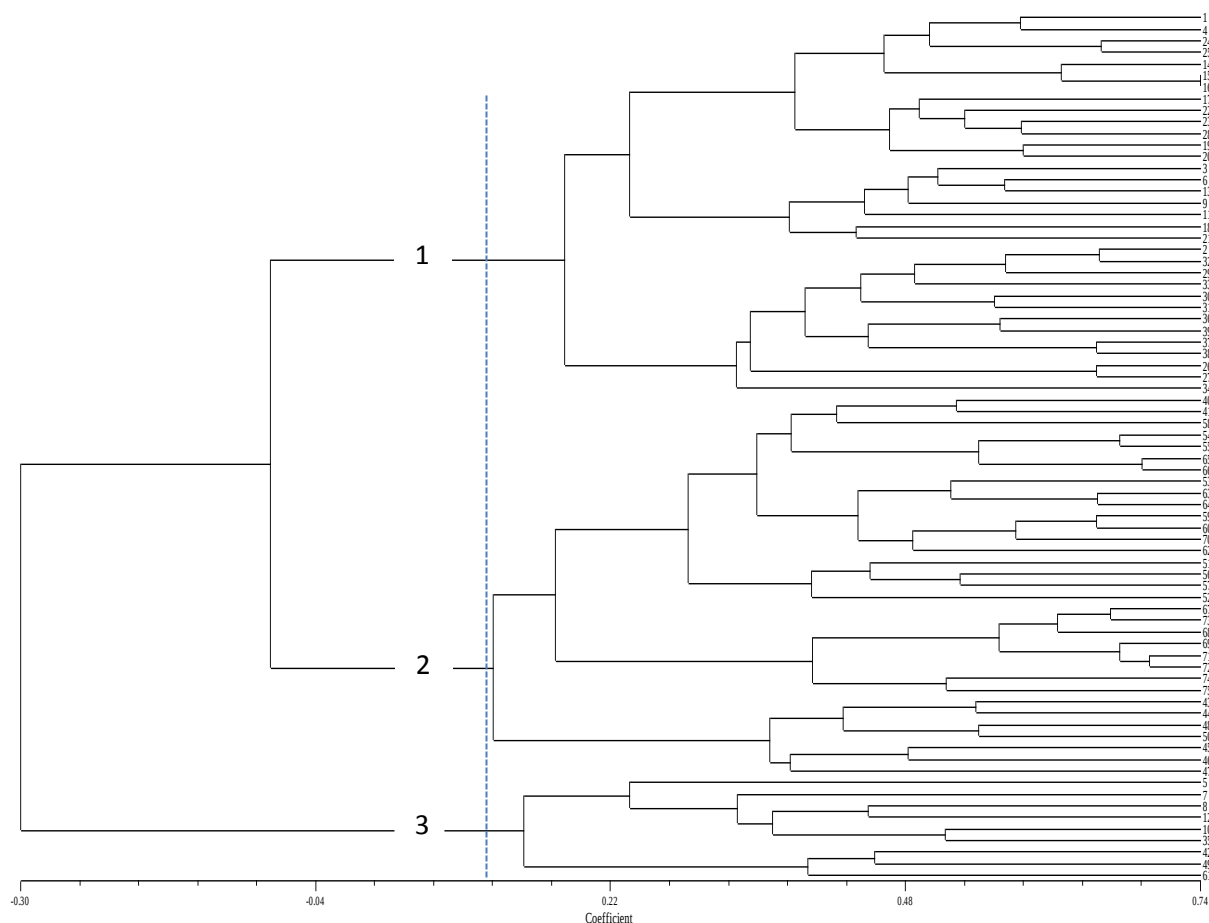


Figura 5. Dendrograma generado por el método FLEXI de una población natural basado en el coeficiente de similitud de Jaccard, con un bootstrap de 1,000 replicaciones.

Los resultados del análisis de coordenadas principales (PoCA) mostraron que los dos primeros de un total de treinta y cinco ejes en el análisis representaron el 75 % de la variación. De éstos, el primer eje representó el 7.4 % y el 5.8 % el segundo eje (Figura 6).

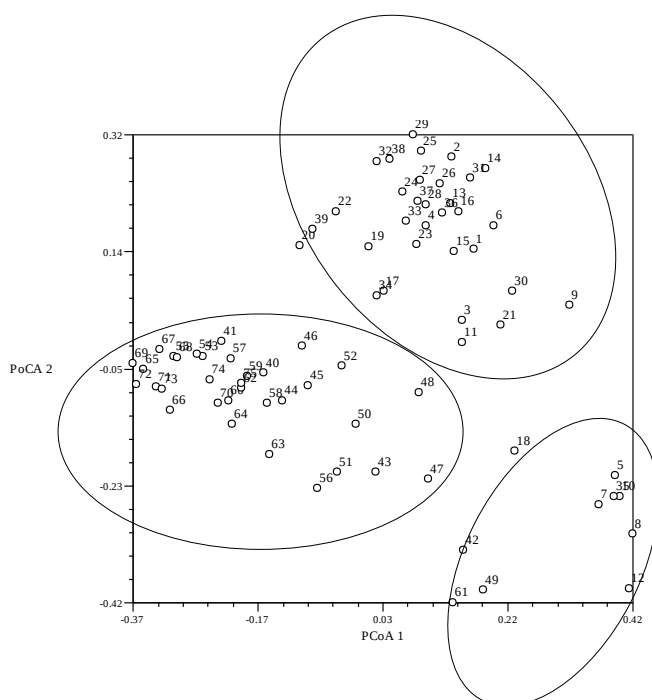


Figura 6. Coordenadas principales 1 y 2 muestran las relaciones de 75 accesiones de la colección núcleo de *J. neopauciflora*.

Los tres principales grupos generados por el método de agrupación FLEXI obtuvieron una heterocigosidad esperada de la diversidad dentro de los grupos (Ht) de 0.31 ± 0.02 y a nivel de la accesión (Hs) de 0.27 ± 0.01 . El coeficiente de variación genética de Nei (GST) para la colección núcleo fue 0.15 y el flujo de genes (Nm) fue 2.8. El AMOVA indicó que la variación genética entre los grupos fue 17 % y la variación dentro de grupos fue 87 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza molecular (AMOVA) de 75 individuos de *J. neopauciflora*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Componentes de la variación	Porcentaje de variación	Valor de P
Entre grupos	2	254.430	4.732	17	<0.001
Dentro de grupos	72	1627.597	22.606	83	<0.001
Total	74	1882.027	27.338		

IV. DISCUSIÓN

La información generada por la plataforma molecular de AFLP es abundante debido a su habilidad de detectar un gran número de loci polimórficos en comparación con los RAPD, RFLP y microsatélites (Powell *et al.*, 1996). Los AFLP han sido exitosamente utilizados para mensurar la diversidad genética en varias especies de plantas incluyendo miembros de la familia Euphorbiaceae como el *Ricinus communis* (Gerard *et al.*, 2007). En el caso del género *Jatropha*, son pocos los estudios de su diversidad genética y por lo general sólo se enfocan a *Jatropha curcas* (Tatikonda *et al.*, 2009), no obstante otras especies del género aún no son estudiadas, una de éstas especies es *J. neopauciflora*.

El porcentaje de polimorfismo de los *loci*, de la población de *J. neopauciflora* fue alta (24.2 %) con un rango de 1.3 a 41.3 %, lo que resulta mayor en comparación con poblaciones de *J. curcas* de China y Vietnam (Shen *et al.*, 2011), Mali, Burkina Faso e Indonesia (Zhang *et al.*, 2011).

La variación genética dentro de la población natural es el reflejo de diversos procesos evolutivos, los cuales pueden ser interpretados a partir de la información obtenida de los diferentes estimadores de diversidad genética. Uno de estos estimadores es la heterocigosidad esperada (H) y esta fue 0.3, mayor que lo reportado en trabajos previos con *J. curcas* (Shen *et al.* 2011; Zhang *et al.* 2011). Con respecto a la diversidad fenotípica ($I=0.6$), también presentó valores mayores en relación con poblaciones de *J. curcas* en Malasia (Rafii, 2012).

El dendrograma generado por el método de agrupación de FLEXI con un corte de 0.1 (coeficiente de similitud de Jaccard) dividió a la población evaluada en 3 grupos (Figura 2). Estas agrupaciones fueron confirmadas con el Análisis de Coordenadas Principales (Figura 3). El grupo I agrupó a 33 accesiones, el grupo II a 34 accesiones y el grupo III a 8 accesiones. Estas agrupaciones se deben a que la especie *J. neopauciflora* presenta una distribución agregada (Capítulo 2), donde las accesiones de cada manchón están emparentados. La diversidad total de los grupos ($H_t=0.31$), y dentro de los grupos ($H_s=0.27$), fue alta, contrastándolo con poblaciones de *J. curcas* (Shen *et al.*, 2011), confirmando la alta diversidad entre los grupos de la población estudiada.

La cantidad promedio de diferenciación observada sobre múltiples *loci* entre los grupos (G_{ST}) fue 0.15, lo que indica que las poblaciones están poco diferenciadas, y que aproximadamente 15 % de la variación detectada se debe a diferencias entre los individuos, el resto (85 %) representa diversidad genética dentro de la especie, lo que implica bajas tasas de mutación en los distintos *loci* evaluados (Ryman y Leimar, 2009). En función de G_{ST} se estimó el grado de flujo

génico (N_m) con un valor de 2.8. Ellstrand y Ellam (1993) sostienen que el N_m de 0.5 es considerado suficiente para superar los efectos de la deriva génica, por lo que este fenómeno no está moldeando la estructura del interior de la población evaluada.

El AMOVA muestra una gran mayor variación dentro de los grupos (83 %), más que dentro de ellas (17 %), en conjunto con el alto valor de N_m sugiere que existe un gran flujo génico en la población (Shen, 2011). Probablemente, la polinización ha mantenido el flujo génico de la población, garantizando una estabilidad genética en generaciones posteriores (Nates-Parra, 2005).

V. CONCLUSIÓN

La técnica de AFLP fue altamente informativa para determinar la alta diversidad genética de la población natural evaluada en este estudio *J. neopauciflora*, mostrando ser una colección núcleo siendo heterocigótica y estable.

Los resultados obtenidos pueden ser útiles para llevar a cabo un programa de mejoramiento genético de *J. neopauciflora*.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- ACOSTA S., C. 2002. Plantas vasculares raras, amenazadas, o en peligro de extinción el estado de Oaxaca, un panorama preliminar. *Polibotánica* 13: 47-82.
- ALTIERI, M.A.; MERRICK, L.C. 1987. "In Situ Conservation of Crop Genetic Resources through Maintenance of Traditional Farming Systems", *Economic Botany*, 4 (1):86-96.
- ACHTEN J., W.M.; MATHIJS, E.; VERCHOT, L.; SINGH, V.P.; AERTS, R.; MUYS, B. 2007. *Jatropha* biodiesel fueling sustainability? *Biofuel Bioprod Bior.* 1(4):283-91.
- ACHTHEN J., W.M.; MAES H., W.; AERTS, R.; VERCHOT, L.; TRABUCCO, A.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; MUYS B. 2010. *Jatropha*: From global hype to local opportunity. *Journal of Arid Enviroments*. 74: 164-165.
- . CANALES, M.; HERNÁNDEZ, T.; CABALLERO, J.; ROMO DE VIVAR, A.; AVILA, A.; DURAN, R.; LIRA, A. 2005. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlan, Puebla, México. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 429-439.
- ELLSTRAND, N.C.; ELLAM, D.R. 1993. Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 217-242.

- FALASCA S.; ULBERICH, A. 2006. Cultivos alternativos para la producción de biocombustibles en el área semiárida argentina. *Revista Geográfica* 140: 135-150.
- GERARD, A.; A. WILLIAM; P. D. RABINOWICZ; A. P. CHAN; J. RAVEL; P. KEIM. 2007. Worldwide genotyping of castor bean germplasm (*Ricinus communis* L.) using AFLPs and SSRs. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 55(3):365-378.
- NATES-PARRA, M. 2005. Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 75: 7-20.
- PEAKALL, R.; SMOUSE, P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6: 288–295.
- POWELL, W.; MARGENTA, M.; ANDRE, C.; HANFREY, M.; VOGEL, J.; TINGEY; RAFALSKY, S.A. 1996. The utility of RFLP, RAPID, AFLP and SSR (microsatellite) margkers for germplasm analysis, *Mol. Breed.* 2:225-238.
- RAFII, M.Y.; SHABANIMOFRAD, M.; PUTERI-EDAROYATI, M.W.; LATIF, M.A. 2012. Analysis of the genetic diversity of physic nut, *Jatropha curcas* L. accessions using RAPD markers. *Mol Biol Rep* 39:6505-6511.
- RYMAN, N.; LEIMAR, O. 2009. GST is still a useful measure of genetic differentiation - a comment on Jost's D. *Molecular Ecology* 18: 2084–2087.
- ROHLF, F.J. 2002. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy System (version 2.1); Exeter Publishing, Ltd.: Setauket, NY. USA.

- RODRÍGUEZ-ACOSTA, M.; VEGA-FLORES, K.; GANTE-CABRERA, V.H.; JIMÉNEZ-RAMÍREZ, J. 2009. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. *Polibotánica*. 28: 37-48.
- SHEN, J.; PINYOPUSARERK, K.; BUSH, D.; CHEN, X. 2011. AFLP-based molecular characterization of 63 populations of *Jatropha curcas* L. grown in provenance trials in China and Vietnam. *Biomass and bioenergy* 37:265-274.
- STEINMANN W., V. 2003. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botanica Mexicana*. 61: 61-93.
- TATIKONDA L.; WANI, S.P.; KANNAN, S.; BEERELLI, N.; SREEDEVI, T.K.; HOISINGTON, D.A.; DEVI, P.; VARSHNEY, R.K. 2009. AFLP-based molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L., a biofuel plant. *Plant Science*. 176: 505-513.
- YEH, F.C.; YANG, R.C.; BOYLE, T. 1999. Popgene: Microsoft Window-based freeware for population genetic analysis, versión 1.32. Edmonton: University of Alberta and Center for International Forestry Research.
- ZHANG, Z.; GUO, X.; LIU, B.; TANG, L.; CHEN, F. 2011. Genetic diversity and genetic relationship of *Jatropha curcas* between China and Southeast Asia revealed by amplified fragment length polymorphisms. *African Journal of Biotechnology* 10(15): 2825-2832.

CAPITULO IV

ETNOBOTÁNICA CUANTITATIVA DE *Jatropha neopauciflora* Pax. CON RESPECTO A OTRAS ESPECIES VEGETALES DE SU HÁBITAT NATURAL, EN COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

**ETNOBOTÁNICA CUANTITATIVA DE *Jatropha neopauciflora* Pax. CON
RESPECTO A OTRAS ESPECIES VEGETALES DE SU HÁBITAT NATURAL,
EN COXCATLÁN, PUEBLA, MÉXICO**

**QUANTITATIVE ETHNOBOTANY *Jatropha neopauciflora* Pax. REGARDING
OTHER PLANTS IN THEIR NATURAL HABITAT IN COXCATLÁN, PUEBLA,
MEXICO**

Hugo Adalberto **Von Thaden Ugalde**¹ y Jesús Axayacatl **Cuevas Sánchez**²

RESUMEN

Un recurso fitogenético con gran importancia en la medicina es la *Jatropha neopauciflora*. Esta especie es utilizada por la población indígena y mestiza de Coxcatlan, Puebla, no obstante muchas especies vegetales silvestres que interaccionan con *J. neopauciflora*, son de gran utilidad para la comunidad. Por tal motivo el objetivo de esta investigación fue valorar, analizar y comparar el uso y la disponibilidad de 4 especies vegetales silvestres (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, *Juliania adstringens* y *Lippia graveolens*) que interaccionan con *J. neopauciflora*. Se documentó cuáles son sus usos más importantes; además, se analizó la importancia relativa de cada especie. Se compararon los resultados de dos índices: el Índice de Valor de Uso e Índice de Valor Etnobotánico de Conservación-Uso, que incorpora aspectos sobre el manejo y conservación. Como resultado de este trabajo se encontró que *Lippia graveolens* presento los valores más altos, debido a su importancia alimenticia. Asimismo, se encontró una relación directa entre la edad de los informantes y su conocimiento sobre el uso de las especies vegetales silvestres, resultante del proceso de aculturación en la comunidad.

Palabras clave: Etnobotánica, aculturación, recurso fitogenético, conservación.

ABSTRACT

Jatropha neopauciflora is an important genetic resource in medicine. This specie is used by the indigenous and mestizo population from Coxcatlan, Puebla. However many wild plant species that interact with *J. neopauciflora*, are useful for the local population. Therefore the aim of this research was to evaluate, analyze and compare the use and availability of four wild plant species (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, and *Lippia graveolens* *Juliania adstringens*) that interact with *J. neopauciflora*. The most important uses of the plants were documented and survey their relative importance. The results was compared from two Indexes for Value of Use and the Index for Ethnobotanical Conservation Value-use. Also incorporate aspects of plant's management and conservation. *Lippia graveolens* presented higher values of use due to its nutritional importance. Also found a correlation between the age of respondents and their knowledge on the use of wild plant. This implied the occurrence of an acculturation process in the community.

Keywords: Ethnobotany, acculturation, plant genetic, resource conservation.

1. Tesista

2. Director

I. INTRODUCCIÓN

México a nivel mundial ofrece mayores posibilidades para los estudios etnobotánicos, debido al gran uso de los recursos fitogenéticos, así como el número de agroecosistemas y rica composición étnica (Argüedes, 1995), donde la interacción de estos elementos han llegado a grados de elevada complejidad. En este contexto, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una de las regiones de México con una gran importancia etnobotánica, ya que presenta un alto valor biológico y ha sido habitada por grupos nahuas, mixtecos y aquellos pertenecientes a la familia lingüística popolacana (mazatecos, ixcatecos, chocho y popoloca) que pertenecen a la familia ancestral Otomangue (Hopkins, 1984). Los grupos Otomanguenses que se establecieron en el Valle Tehuacán-Cuicatlán jugaron un papel importante en los procesos de domesticación de plantas y animales (Díaz, 2001); sin embargo, la globalización y malinchismo generadas dentro de las comunidades indígenas, ocasionan la erosión cultural, definida como cambios culturales resultantes del contacto directo e intenso entre individuos o grupos con distintas culturas (Redifield *et al.*, 1936). En este contexto, Hernández (1970) señalaba con preocupación: “Se vislumbra que la erosión genética del maíz en México y países semejantes es función directa de la erosión cultural de la población humana”. Por ello el estudio del conocimiento tradicional de los recursos fitogenéticos que poseen los diferentes grupos indígenas es una de las maneras que permite preservar la cultura y diversidad de especies vegetales (Toledo y Boege, 2009). Al respecto indica Cuevas (1991): “Sin cultura, habría plantas, pero no recursos de interés antropocéntrico”, postulado que evidencia la

importancia de la Etnobotánica en el entendimiento de la percepción, desarrollo y conservación de las plantas como recursos. Un recurso fitogenético con gran utilidad en la medicina es *Jatropha neopauciflora*, ya que presenta actividad citotóxica contra líneas de células tumorales humanas de leucemia y del sistema nervioso central (García y Delgado, 2006). Esta especie es utilizada en la población indígena-mestiza de San Rafael Coxcatlan, Puebla, ubicada en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, aunque otras especies que conviven con *J. neopauciflora* también tienen un uso importante. El estudio en conjunto de estas especies permite generar estrategias de conservación. Por lo anterior, el objetivo del trabajo es valorar, analizar y comparar el uso y la disponibilidad de 4 especies vegetales silvestres (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, *Juliania adstringens* y *Lippia graveolens*) que interaccionan con *J. neopauciflora* a partir de metodologías cuantitativas (Boom, 1989).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la comunidad de San Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla, localizada al sureste de Tehuacán, en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, con una elevación de 1,063 msnm. El clima es BS1(h')w"(w)eg de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), el cual corresponde a un tipo semi-seco o árido con lluvias en verano y temperatura media anual de 22 °C, variando entre 25 °C en abril y mayo, y 18 °C en enero.

Para recabar el conocimiento de uso tradicional sobre las especies vegetales silvestres, se elaboraron encuestas dirigidas a todas las personas de la comunidad, recabando la siguiente información: datos personales (Nombre, edad, sexo y ocupación), y su conocimiento de cinco especies vegetales silvestres (parte que utiliza, la cantidad, como las usa, en que temporada, y si las siembra). Se utilizó como ayuda visual los ejemplares herborizados, para confirmar la información obtenida.

El tamaño de la muestra (número de encuestas) se determinó para una población finita, utilizando la siguiente formula (Freund y Simon, 1994):

$$n = \frac{Z^2 * P(1 - P) * N}{e^2(N - 1) + Z^2P(1 - P)}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

Z = nivel de confianza de 95 %, con un valor de 1.96 cuando $\alpha = 0.05$

P = probabilidad de que las personas seleccionadas tengan las características requeridas

N = tamaño de la población

Con el fin de poder analizar y comparar la importancia relativa de las especies: Sangre de grado (*Jatropha neopauciflora*), Sangre de grado de hoja pequeña (*Jatropha rzedowskii*), Mantecoso o palo verde (*Parkinsonia praecox*), Cuachalalá o Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*) y Orégano (*Lippia graveolens*), se

utilizó el Índice de Valor de Uso (IVU), propuesto por Phillips y Gentry (1993), donde se recurrió al número de menciones de los usos en relación con el número total de informantes.

Adicionalmente se propone el Índice de *Valor Etnobotánico de Conservación-Uso* (VECU) de acuerdo con la siguiente formula:

$$VECU = \frac{(IU)(ICU)(IC)}{2} + \frac{VP + VPT}{10}$$

Dónde:

IU (Índice de Uso) = Se refiere al número de menciones de cada planta, dividido entre número de menciones de la planta con mayor uso.

ICU (Índice cantidad de usos) = Se refiere al promedio del total de usos de cada planta, dividido entre el promedio de usos de la planta más versátil.

IC (Índice de Colecta) = Se refiere al promedio de meses en los que se colecta cada planta, dividido entre el total de meses de un año.

VP (Valor de Propagación) = Se le otorga un valor de 2 si el entrevistado cultiva la planta y un valor de 0 si no la cultiva.

VPT (Valor de Permanencia en el Tiempo) = Se le otorga un valor de 3 si el entrevistado percibe una mayor cantidad de plantas en su hábitat con respecto al pasado, un valor de 2 si percibe la misma cantidad, un valor de 1 si percibe una disminución significativa y un valor de 0 si ya no encuentra las plantas en su hábitat.

Este índice informa sobre:

- Singularidad cultural en el uso de las plantas.
- Nivel de conciencia sobre el uso racional de sus plantas.
- Perspectiva que posee la comunidad sobre la conservación de sus plantas

Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para conocer la relación entre los índices IVU y VECU, con el programa SAS versión 9.0

III. RESULTADOS

La fórmula propuesta por Freund y Simon (1994) indica que el número efectivo de encuestas es de 57, con respecto a un total de 258 habitantes (INEGI, 2014). En este trabajo se realizaron 69 encuestas, para tener una muestra representativa.

El Cuadro 3 muestra las clases de edad de cada encuestado (intervalos de 10 años) en relación con el promedio de plantas que conoce cada informante. Se observa que el intervalo de 35-85 años presentó cierta uniformidad, sin embargo, del intervalo 15-35 años presentaron los valores más bajos.

Cuadro 3. Cálculo del promedio y desviación estándar, con respecto al conocimiento de 5 especies vegetales de cada informante.

Clases de edad	Individuos	Promedio	Desviación estándar
15-25	26	1.81	1.36
25-35	5	3.6	0.55
35-45	22	3.86	0.64
45-55	6	4	0

Cuadro 3. (Continuación)

Clases de edad	Individuos	Promedio	Desviación estándar
55-65	7	4.29	0.49
65-75	1	4	0
75-85	2	4	0

El IVU y VECU para las cinco especies consideradas en este estudio, dió como resultado los valores mostrados en el Cuadro 4, donde la especie *L. graveolens* presentó los índices más alto, en cambio *J. rzedowskii* obtuvo los índices más bajos.

Cuadro 4. Índices de aprecio antropocéntrico IVU y VECU para cada una de las especies vegetales.

Nombre científico	IVU	VECU
<i>Jatropha neopauciflora</i>	0.74	0.32
<i>Jatropha rzedowskii</i>	0.03	0.01
<i>Parkinsonia praecox</i>	0.74	0.39
<i>Amphipterygium adstringens</i>	0.71	0.30
<i>Lippia graveolens</i>	1.00	0.80

Claves: IVU = índice de valor de Uso, VECU = Valor Etnobotánico de Conservación-Uso.

La correlación de Pearson, entre los índices IVU y VECU fueron altas ($r=0.897_{\alpha=0.05}$). El Cuadro 5 muestra los principales usos de las cinco especies vegetales, teniendo en cuenta la parte de la planta utilizada así como una descripción de cada planta.

Cuadro 5. Descripción del uso de plantas silvestres utilizadas en Coxcatlán, Puebla, México.

Nombre científico	Parte de la planta utilizada	Uso	Descripción
<i>Jatropha neopauciflora</i>	L	M	El látex es utilizado directamente en problemas de <i>herpes simplex</i> (fuegos bucales), heridas en la piel y fortalecer los dientes.
<i>Jatropha rzedowskii</i>	L	M	El látex es utilizado directamente en problemas de úlceras bucales, sin embargo provoca mareos.
<i>Parkinsonia praecox</i>	T, H, F	C, F	Se ha utilizado como especie forrajera, sus hojas y vainas son consumidas por el ganado. También se utiliza la leña como combustible.
<i>Amphipterygium adstringens</i>	C	M	La corteza preparada en infusión es empleada contra quemaduras, heridas e inflamación.
<i>Lippia graveolens</i>	H	M, A	Se recomienda tomar infusiones (10 hojas por taza) para infecciones en el tracto respiratorio y digestivo. También es utilizada como condimento para ciertos alimentos.

Parte de la planta utilizada: L= latex; T=tronco; H=hojas; F=fruto; C=corteza. Uso: M=medicinal; C=combustible; F=forraje; A=alimenticio.

IV. DISCUSIÓN

Los habitantes de la comunidad de Coxcatlán mostraron cierta tendencia con respecto al conocimiento de sus recursos fitogenéticos (Cuadro 4) donde la clase de 15-25 años presento los promedios más bajos, es decir, los jóvenes de la comunidad desconocían las especies vegetales, esto se debe a que ellos están más apegados a los medios de comunicación (Gerding, 2012), estos son los responsables de un proceso de homologación, es decir, la progresiva pérdida de toda característica distintiva tradicional, de la cancelación inclusive de la cultura (Signorelli, 1987).

La aplicación de los dos índices cuantitativos a las cinco especies silvestres vegetales permitió evaluar la importancia relativa de cada especie por los habitantes de la comunidad. En particular, el índice propuesto - *Índice de Valor Etnobotánico de Conservación-Uso* (VECU) brinda varias ventajas sobre el Índice de Valor de Uso, ya que no solo contempla aspectos culturales, sino que integra también el patrón de manejo al que son sometidos y los aspectos de conservación y propagación. La integración de la colecta y la propagación implican una importancia mayor a aquellas especies que son sujetas no sólo a un patrón de recolección, sino a la conservación de las mismas. La incorporación de la cosmovisión de los miembros de la comunidad sobre la permanencia de las plantas a través del tiempo complementa la importancia cultural del índice VECU.

El índice IVU brindó información relevante sobre el uso de las cinco especies vegetales, este índice señaló a *L. graveolens* como la especie cultural más

importante y la menos importante es la *J. rzedowskii*, sin embargo, no tomó en cuenta el manejo, conservación y propagación.

Los resultados arrojados por el índice VECUM mostraron la misma tendencia, esto se debe a que muestran una correlación positiva ($r=0.897$). No obstante, el índice IVU muestra valores repetidos (Cuadro 5).

El índice VECU mostró a *L. graveolens* como la especie más importante, seguido por *C. praecox*. Dada la cercanía de los valores de VECU de *J. neopauciflora* y *A. adstringens* se agruparon como las especies de importancia media y la especie con menor importancia fue *J. rzedowskii*.

La gran importancia de *L. graveolens* (orégano mexicano) en ambos índices, radica que en otras regiones del país es utilizada en una gran variedad de platillos como condimento (Granado-Sánchez, 2013), al contrario de las otras especies que tienen un uso local (Cuadro 6).

V. CONCLUSIÓN

El conocimiento sobre las formas de uso tradicional de las cinco especies vegetales silvestres está directamente relacionado con la edad de la población, lo que demuestra un proceso de aculturación, por consiguiente, *J. neopauciflora* obtuvo índices bajos (VECU y IVU), ya que sólo contó con un uso local.

Por otra parte, la aplicación del índice VECU resultó ser mejor que el índice IVU, ya que, permite comprobar y comparar la importancia cultural, aspectos de conservación y propagación de las plantas, además podría facilitar el estudio de otros organismos y su relación con comunidades humanas locales.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- ARGÜEDES, J.L. 1995. La etnobotánica en Mesoamérica en los árboles del siglo XXI. Revista Chapingo, serie: Horticultura. 4: 131-134.
- BOOM, B. 1989. Use of plant resources by the Chácobo. Advances in Economic Botany 7: 78-96.
- CUEVAS S., J.A. 1991. Definición, aprovechamiento y conservación de recursos fitogenéticos. Un estudio etnobotánico en una comunidad indígena totonaca. Tesis, Colegio de postgraduados. Montecillos, Méxcio. 325 p.
- DÍAZ C., E. 2001. La clasificación de las lenguas indígenas. Ciencias 60-61: 133-140.
- FREUND, J.E.; SIMON, G.A. 1994. Estadística elemental, Octava Edición. Editorial Pearson Prentice Hall. México, D.F. 566 p.
- GARCÍA M., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. México D.F. 243 p.
- GARCIA, A.; DELGADO, G. 2006. Cytotoxic cis-fused bicyclic sesquiterpenoids from *Jatropha neopauciflora*. J Nat Prod 69:1618-1621.
- GERDING, C.; FUENTES, M.; KOTZ, G. 2012. Anglicismos y aculturación en la sociedad chilena Onomázein. 1(25):139-162.
- GRANADOS-SÁNCHEZ, D.; MARTÍNEZ-SALVADOR, M.; LÓPEZ-RÍOS, G.; BORJA-DE LA ROSA, A.; RODRÍGUEZ-YAM, G. 2013. Ecología, aprovechamiento y comercialización del Orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en Mapimí, Durango. Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente. 19(2):305-321.

- HERNÁNDEZ, X. 1970. Exploración etnobotánica y su metodología. E.N.A.-C.P. Chapingo, México. pp. 2-12.
- HOPKINS, N.A. 1984. Otomanguan Linguistic Prehistory, pp. 25-64. *In*: Josserand, J. K., M. Winter y N. Hopkins (ed.). Essay in Otomanguan Culture History. Vanderbilt University. Publications in Anthropology. No 31. Nashville, Tennessee.
- INEGI [en línea]. México, [fecha de consulta: 22 septiembre 2014]. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presenta los Principales resultados por localidad (ITER). También disponible en : http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est
- PHILLIPS, O.; GENTRY, A.H. 1993. The useful plants of Tambopata, Perú: I. Statistical hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economic Botany* 47:33-43.
- REDFIELD, R.; LINTON, R.; HERSKOVITS, M. 1936. Memorandum on the study of acculturation. *American Anthropologist* 38: 149-152.
- SIGNORELLI, A. 1987. Cultura popular y cultura de masas. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*. 1(2):109-122.
- TOLEDO, V.M.; BOEGE, E. 2009. Biodiversidad culturas y pueblos indígenas, pp. 160-172 . *In*: La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. TOLEDO, V.M. (ed). Fondo de Cultura Económica, Consejo Nacional para la cultura y las Artes. D.F., México.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL

I. DISCUSIÓN GENERAL

Partiendo de considerar importante y urgente el estudio de las especies vegetales silvestres existentes en México, en esta investigación se estudió la estructura vertical y los patrones de distribución de *J. neopauciflora* ayudando a contestar diversas preguntas ecológicas, entre ellas, el efecto de la distribución sobre la dinámica de las poblaciones (Begon *et al.*, 2006). De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación, se encontró que existe una estrecha relación entre el patrón de distribución espacial agregada y la dispersión de las semillas (Capítulo II), tal como se ha observado en otras especies de *Jatropha* (Bebawi y Campbell, 2004). Permitiendo que nuevos individuos se establezcan en condiciones ambientales adecuadas. Esto es corroborado por la presencia de individuos juveniles en la población de *J. neopauciflora*, representando una garantía para que la población se mantenga en equilibrio (Capítulo II). Lo que implica que la población tiene un acervo genético estable. Para determinar si *J. neopauciflora* es estable genéticamente se procedió a estudiar la variabilidad genética de la colección núcleo de *J. neopauciflora*, para ello se utilizaron 8 combinaciones de oligonucleótidos tipo AFLP que generaron 145 amplicones polimórficos. Investigaciones recientes en *Jatropha curcas* (Shen *et al.*, 2011, Shen *et al.*, 2014) han generado 72 a 89 bandas polimórficas, por lo tanto, los datos y resultados de esta investigación son consistentes.

Los estimadores de diversidad genética resultaron ser altos (Capítulo 3), reflejando diversos procesos evolutivos, como bajos niveles de endogamia (Wright, 1946) y ausencia de deriva génica.

De acuerdo con Cuevas (1991): “La sola existencia de una planta no es suficiente para considerarla útil”. Por tal motivo se evaluó el valor antropocéntrico de *J. neopauciflora* con respecto a cuatro especies vegetales (*Jatropha rzedowskii*, *Parkinsonia praecox*, *Juliania adstringens* y *Lippia graveolens*) que comparten el mismo hábitat, implementando el Índice de Valor de Uso e Índice de Valor Etnobotánico de Conservación-Uso, este último presentó mejores características (Capítulo IV). *J. neopauciflora* resultó ser la tercera especie vegetal con mayor importancia cultural, ya que sólo le dan un uso local y el conocimiento etnobotánico de esta especie se está perdiendo por un proceso de aculturación.

II. CONCLUSIÓN GENERAL

Se concluye que la población silvestre de *Jatropha neopauciflora* es estable ya que hay una mayor proporción de individuos jóvenes, con una distribución agregada. Con respecto población natural estudiada, dados los valores registrados relativos a la diversidad genética involucrada, puede afirmarse que se trata de una colección núcleo de *J. neopauciflora* útil para su conservación *in situ*. El valor antropocéntrico de esta especie fue relativamente bajo debido a procesos de aculturación, además la comunidad sólo le da un uso medicinal y no comercial. No obstante, es probable que al avanzar los estudios relativos a sus atributos de interés antropocéntrico esta especie puede desarrollar su potencial como recurso.

III. LITERATURA CONSULTADA

- BEBAWI , F.; CAMPBELL, S. 2004. Interactions between meat ants (*Iridomyrmex spadius*) and bellyache Bush (*Jatropha gossypifolia*). Australian Journal of Experimental Agricultura. 44: 1157-1164.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, L.J. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell. United Kingdom. 100 p.
- CUEVAS S., J.A. 1991. Definición, aprovechamiento y conservación de recursos fitogenéticos. Un estudio etnobotánico en una comunidad indígena totonaca. Tesis, Colegio de postgraduados. Montecillos, Méxcio. 325 p.
- SHEN, J.; PINYOPUSARERK, K.; BUSH, D.; CHEN, X. 2011. AFLP-based molecular characterization of 63 populations of *Jatropha curcas* L. grown in provenance trials in China and Vietnam. *Biomass and bioenergy* 37:265-274.
- SHEN, J.; JIA, X.; NI, H.; SUN, P.; NIU, S.; CHEN, X. 2014 AFLP analysis of genetic diversity of *Jatropha curcas* grown in Hainan, China. *Trees*. 24:455–462
- WRIGHT, S. 1946. Isolation by Distance Under Diverse Systems of Mating. *Genetics* 31: 39–59.