



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

**"VARIACIÓN ECOLÓGICA, MORFOLÓGICA Y QUÍMICA:
ATRIBUTOS CLAVE PARA EL APROVECHAMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE *Jatropha* sp."**

NANCY YAZMIN HERNÁNDEZ NICOLÁS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

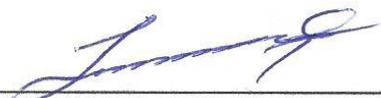
2014

La presente tesis, titulada: **VARIACIÓN ECOLÓGICA, MORFOLÓGICA Y QUÍMICA: ATRIBUTOS CLAVE PARA EL APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE *Jatropha* sp.**, realizada por la alumna: **NANCY YAZMIN HERNÁNDEZ NICOLÁS**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Leobigildo Córdova Téllez

ASESOR



Dra. Angélica Romero Manzanares

ASESOR



Dr. Ricardo Lobato Ortiz

ASESOR



M.C. Jaime Jiménez Ramírez

ASESOR



Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2014

RESUMEN GENERAL

VARIACIÓN ECOLÓGICA, MORFOLÓGICA Y QUÍMICA: ATRIBUTOS CLAVE PARA EL APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE *Jatropha* sp

Hernández Nicolás Nancy Yazmin, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

En México se consignan 45 especies para el género *Jatropha* (Euphorbiaceae). La Reserva de las Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán concentra riqueza genética y endemismo para este género, que proporciona alimento, medicina y energía a los habitantes, pero falta información sobre la distribución, ecología y aprovechamiento de las especies. Esta tesis se organizó en tres capítulos. En el primero se precisaron taxonómicamente las especies de *Jatropha*, se diferenciaron las Unidades Ambientales (UA) en las que habitan, se valoró el estado de conservación de sus hábitats y se calificó la vulnerabilidad de sus poblaciones; en el segundo capítulo, se verificó la variación morfológica intra e interespecífica; y, en el último, se caracterizó el aprovechamiento tradicional de las especies de *Jatropha*, y se analizó la composición química de las semillas. Para trabajar se seleccionaron 15 sitios de muestreo en la Reserva, las UA se delimitaron mediante la ponderación de variables climáticas con el software gvSIG; los atributos ecológicos se determinaron por el método de muestreo de vegetación cuadrante centrado en un punto, se estimó el índice de disturbio (ID) y el estado de conservación de las poblaciones de *Jatropha*, mediante el protocolo “Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México”. En 24 poblaciones de *Jatropha* se evaluaron 12 variables morfológicas cuantitativas y 14 variables ambientales. La información se resumió en un Análisis de Componentes principales (ACP), Análisis de Conglomerados y Análisis Canónico de Correspondencias (ACC). En 15 localidades se aplicó un total de 243 encuestas semiestructuradas y con los datos

se calculó el nivel de uso significativo y el valor relativo de uso por especie; se determinó proteína cruda, lípidos, ceniza, ésteres de forbol y perfil de ácidos grasos en la almendra de la semilla de tres especies. Las especies registradas en esta región son: *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegee y *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram., que se distribuyen en cuatro de seis UA detectadas. *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* son las más conspicuas, por abundancia y cobertura vegetal, mientras que *J. rufescens* y *J. ciliata* son las más restringidas. El ID obtuvo una media de 0.51, la actividad ganadera y humanas son los principales factores que afectan los hábitats de *Jatropha*. El índice de disturbio no influye en la distribución, abundancia y variación de las especies. De acuerdo con las categorías de riesgo del MER, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* no se encuentran en categoría de riesgo, *J. oaxacana*, requiere protección especial y *J. ciliata* y *J. rufescens* se encuentran en peligro de extinción. El ACP muestra variación morfológica intra e interespecífica, las principales variables que definen son el tamaño de la hoja, fruto y el número de semillas. El ACC indica una correlación positiva con la altitud (0.534) y amplitud de temperatura (0.417), mientras que, la tendencia es negativa con la temperatura media anual (-0.507). Estos factores afectan significativamente la variación morfológica de las poblaciones de *Jatropha*. Todas las especies, excepto *J. ciliata*, registran algún uso, que se clasifica en medicinal, alimenticio, ornamental y otros; el nivel de uso para alimentación no resulta significativo, mientras que si lo es para el medicinal. *J. neopauciflora* se usa en 13 padecimientos y los de mayor valor de uso relativo son: problemas dentales (dolor, sensibilidad, caries, mal aliento, pigmentación amarilla y aflojamiento de dientes) con 35.39 %, bucales (herpes labial, gingivitis y candidiasis oral) con 32.92 %, y hemostático (7.41 %). El contenido promedio de proteína cruda y lípidos totales fue

24.61 y 35.55 %, respectivamente, y no se detectaron ésteres de forbol. Los principales ácidos grasos detectados fueron los insaturados, oleico (27.98 %) y linoleico (46.18 %) y en menor proporción los saturados palmítico (13.77 %) y esteárico (10.05 %). Se concluye que el género *Jatropha* es dominante en la estructura de la comunidad vegetal. El estado de conservación de las comunidades donde habitan las poblaciones de *Jatropha* sp. es moderado, califica como de regular condición, de acuerdo con el índice de disturbio y, se indica que las especies en peligro de extinción son *J. ciliata* y *J. rufescens*. La variación morfológica en las poblaciones de *Jatropha* se asocia con las condiciones ambientales, la geografía y la identidad taxonómica. El nivel de uso para las especies de *Jatropha* es bajo, lo cual se confirma por indicadores etnobotánicos, ya que no reflejan aceptación cultural y el uso tiende a ser esporádico. Por las cualidades alimenticias encontradas, se recomienda el consumo de las semillas de *J. neopauciflora* y *J. rzedowski*, principalmente tostadas para hacerlas propicia para la alimentación.

Palabras clave: *Jatropha*, especies, ecología, usos, conservación, variación morfológica

ABSTRACT

ECOLOGICAL, MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL VARIATION: KEY ATTRIBUTES FOR USE AND CONSERVATION OF *Jatropha* sp.

Hernández Nicolás Nancy Yazmin, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

There are 45 species reported for the *Jatropha* genus in Mexico. The Biosphere Reserve Tehuacan-Cuicatlan concentrates genetic richness and endemism for this genus, which provide food, medicine, and energy for the people; however, there is a lack of information about distribution, ecology, and uses of the species of this genus. In the present study, the objectives were to verify the *Jatropha* species taxonomically, to differentiate the Environmental Units (EU) of their habitats, to evaluate the conservation status of their habitats, and to estimate the vulnerability of the *Jatropha* populations; in addition, the morphological variation, characterization of their uses and seed chemical composition were studied. 15 sampling sites were selected in the Reserve, the EU were defined using climatic variables and the gvSIG software. Ecological attributes were determined using the quantitative analysis by the point-centered quarter method; the intensity of disturbance was estimated, as well as the conservation status of the *Jatropha* populations based on the protocol "Method of Evaluation of the Risk of Extinction of Plants in Mexico". 12 quantitative morphological variables, 14 environmental variables and the disturbance index (DI) were measure in 24 populations of *Jatropha*. The data was subjected to a principal component analysis (PCA), cluster analysis and correspondence canonical analysis (CCA). 243 semi-structured surveys were applied in 15 communities and the data used to calculate the significative level of use and the relative value of use by species; in almond seed crude protein, total lipids, ashes, phorbol esters, and fatty acid profile were calculated. The confirmed species for

this region are: *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegee, and *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram., which are distributed in four of six defined EU. *J. neopauciflora* and *J. rzedowski* are the most conspicuous, abundant, and high canopy, they concur in four of six defined EU, while *J. rufescens* and *J. ciliata* are the most restricted. The DI average value is 0.5 and livestock and human activity are factors that affect the habitats of *Jatropha*. Considering the risk categories of MER, *J. neopauciflora* and *J. rzedowskii* are not in risk, *J. oaxacana* requires special protection and *J. ciliata* and *J. rufescens* are under extinction risk. The PCA detected morphological variation intra and interspecific and the variables with the highest contribution were leaf size, fruit, and seed number. The CCA indicated a positive correlation with altitude (0.534) and annual temperature range (0.417), and negative correlation for the annual average temperature (-0.507), which are factors that significantly affect the morphological variation of the *Jatropha* populations. All species, except *J. ciliata*, registered some use, which were classified in medicinal, food, ornamental and others; the relative value of use was not significant for food, while it was significant for medicinal use. *J. neopauciflora* is used in 13 highest, and the highest relative level of use correspond to dental problems (pain, tenderness, cavities, bad breath, yellow pigmentation and loosening of teeth) with 35.39 %, oral (cold sores, gingivitis and oral candidiasis) 32.92 %, and haemostatic (7.41 %). The average content of crude protein and total lipids was 24.61 and 35.55 %, respectively, and there was not presence of phorbol esters. The principal fatty acids detected were the unsaturated oleic (27.98 %) and Linoleic (46.18 %) and to a lesser extent the saturated palmitic (13.77 %) and stearic (10.05 %). It is concluded that the disturbance index does not affect the distribution, abundance, and species variation. The *Jatropha* genus is dominant in the

plant community structure. The conservation status of the communities inhabited by populations of *Jatropha* sp. is moderate, of regular condition taking into account the rate of disturbance, and the species under extinction risk are *J. ciliata* and *J. rufescens*. Morphological variation in the populations of *Jatropha* is associated with environmental conditions, geography and taxonomic identity. The level of use for *Jatropha* species is low, which is confirmed by the ethnobotanical indicators, that do not show cultural acceptance, and their use tends to be sporadic. However, the detected food qualities make them suitable for this use.

Key words: *Jatropha* species, ecology, uses, conservation, morphological variation.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

A todos los Mexicanos contribuyentes, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), otorgó la beca para mi formación académica.

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenético (SINAREFI-SAGARPA), quien financió el presente estudio.

Al personal de la Dirección de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, por todas las facilidades y apoyo brindado en la presente investigación.

A las autoridades Ejidales, Comunales y Habitantes de las localidades de Santa Ana Teloxtox, San Nicolás Tepoxtitlán, Zapotitlán de las Salinas, San Jerónimo Axochitlán, San Jose Axusco, San Rafael, SanPabloTepetzingo y Caltepec en el Estado de Puebla; y San Juan Bautista Cuicatlán, San Gabriel Casa Blanca, Santa María Tecomavaca, Valerio Trujano, Santiago Dominguillo, San Pedro Jaltepetongo, y La Mexicana, en Oaxaca. Quienes permitieron y colaboraron en el presente estudio.

Agradezco profundamente a los miembros de mi comité que con su guía y apoyo se logró la meta planteada: al Dr. Leobigildo Córdova Telléz, mi profesor consejero, quien me brindó su confianza, paciencia y por reafirmar mi convicción; a la Dra. Angélica Romero Manzanares, quien se ha vuelto un ejemplo a seguir de constancia, dedicación y amor a la ciencia; al Dr. Jaime Jiménez Ramírez, por compartir sus conocimientos y pasión por el trabajo; al Dr. Ricardo Lobato Ortiz, por sus aportes y apoyo; al Dr. Jesús A. Cuevas Sánchez, por formar parte de este proyecto.

De manera muy especial agradezco al Dr. Mario Luna Cavazos y M.C. Alberto Santillán Fernández por su conocimiento y apoyo en los análisis estadísticos.

A toda mi familia que es mi sustento y fortaleza (hija, padres, hermanos, abuelos, tíos, sobrinos, primos). Especialmente a mis padres Ángel Hernández Monroy y Nazaria Nicolás Flores por todo su apoyo, comprensión y amor; todo lo que soy se lo debo a ustedes. A mis hermanos por su apoyo incondicional y entusiasmo. Y a mi hija por ser la principal razón de mí existir.

A mis amigos quienes son mi refugio y me hacen la vida más agradable, pero también me enseñan cosas importantes en la vida.

Y... a los que omití inconscientemente, por la emoción y premura.

Para Regina Santillán Hernández, que día a día llena de luz y felicidad mi vida.

Hija, te has vuelto la razón de mi existir y mi mayor inspiración.

Para mi madre quien ha sido mi ejemplo y guía... todo te lo debo a ti.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Planteamiento del problema.....	1
2. Objetivos particulares.....	3
3. Hipótesis.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
5. Literatura citada.....	15

CAPITULO I. DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO PARA LA CONSERVACIÓN DE *Jatropha* sp. Y SUS HÁBITATS, EN LA RESERVA TEHUACÁN-CUICATLÁN

1. Resumen.....	19
2. Abstract.....	21
3. Introducción.....	23
4. Materiales y Métodos.....	25
5. Resultados.....	28
6. Discusión.....	35
7. Conclusiones.....	40
8. Literatura Citada.....	40

CAPITULO II. VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN POBLACIONES DE *Jatropha* (Euphorbiaceae), EN TEHUACÁN-CUICATLÁN, MÉXICO

1. Resumen.....	44
2. Abstract.....	46
3. Introducción.....	48
4. Materiales y Métodos.....	49
5. Resultados y Discusión.....	53
6. Conclusiones.....	62
7. Literatura Citada.....	62

CAPITULO III. USOS DE ESPECIES DE *Jatropha* Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SUS SEMILLAS

1. Resumen.....	66
2. Abstract.....	68
3. Introducción.....	70
4. Materiales y Métodos.....	72
5. Resultados y Discusión.....	76
6. Conclusiones.....	83
7. Literatura Citada.....	84

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones generales.....	88
2. Recomendaciones.....	90

ANEXOS.....	91
-------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Riqueza genérica e Índice de Valor de Importancia relativizado (IVI %) por especie de <i>Jatropha</i>	32
Cuadro 1.2. Índice de Disturbio (ID) calculado con indicadores de ganadería, actividades humanas y degradación de la tierra, para los sitios de muestreo.....	33
Cuadro 1.3. Valores de carga de las variables por los dos primeros componentes principales.....	33
Cuadro 1.4. Categoría de riesgo para las especies de <i>Jatropha</i> mediante los criterios del MER, NOM-059-ECOL-2010.....	35
Cuadro 2.1. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes de 24 poblaciones de <i>Jatropha</i> , variación morfológica.....	53
Cuadro 2.2. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes, 22 poblaciones de <i>Jatropha</i> , variación morfológica.....	56
Cuadro 2.3. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes principales en 24 poblaciones de <i>Jatropha</i> , variables ambientales.....	58
Cuadro 3.1. Información de usos y etnofarmacológica de las especies de <i>Jatropha</i> en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.....	78
Cuadro 3.2. Resultados del perfil químico en semillas de tres especies de <i>Jatropha</i>	80
Cuadro 3.3. Perfil de ácidos grasos en tres especies de <i>Jatropha</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Unidades Ambientales (6), sitios de muestreo (16) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.....	29
Figura 1.2. Curvas de Rango-Abundancia que muestran: a la comunidad vegetal más rica (A) San Pedro Jaltepetongo, Oaxaca, la de riqueza intermedia (B) San Nicolás Tepoztlán, Puebla y la menos rica en especies (C) La Mexicana, Oaxaca.....	31
Figura 1.3. ACP de los principales agentes de disturbio en los sitios de muestreo.....	34
Figura 2.1. Dispersión de 24 poblaciones de cinco especies de <i>Jatropha</i> en los dos primeros componentes principales.....	54
Figura 2.2. Dendrograma de 24 poblaciones y 5 especies de <i>Jatropha</i> , caracteres morfológicos.....	55
Figura 2.3. Dispersión de 22 poblaciones de <i>Jatrpoha</i> en los dos primeros componentes principales, con base en caracteres morfológicos.....	57
Figura 2.4. Dispersión de 24 poblaciones de <i>Jatropha</i> en los dos primeros componentes principales, con base en variables ambientales e Índice de Disturbio.....	59
Figura 2.5. Diagrama de ordenación de 24 poblaciones de cinco especies de <i>Jatropha</i> , que indica la influencia de los factores ambientales en la variación morfológica.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1A. Formato de encuesta, estudio Etnobotánico.....	91
Figura 1A. Curvas de rango-abundancia de las comunidades vegetales de Puebla y Oaxaca.....	93
Figura 2A. Frutos de <i>Jatropha neopauciflora</i> y hojas senescentes.....	98
Figura 3A. Planta de <i>Jatropha neopauciflora</i> en floración.....	98
Figura 4A. Planta de <i>Jatropha rzedowskii</i> en floración.....	98
Figura 5A. Frutos de <i>Jatropha rzedowskii</i>	98
Figura 6A. Frutos de <i>Jatropha oaxacana</i>	98
Figura 7A. Planta de <i>Jatropha oaxacana</i> en floración.....	98
Figura 8A. Plantas de <i>Jatropha ciliata</i>	99
Figura 9A. Plantas de <i>Jatropha ciliata</i> en floración.....	99
Figura 10A. Plantas de <i>Jatropha rufescens</i>	99
Figura 10A. Medición a individuo de <i>J. neopauciflora</i> , para cobertura vegetal.....	99
Figura 11A. Toma de datos para variación morfológica, laboratorio en Colegio Postgraduados-Montecillo.....	99

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Planteamiento del problema

El género *Jatropha* (Euphorbiaceae) está representado por 175 especies, y se distribuye principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Webster, 1994). La mayoría de las especies de *Jatropha* son nativas del nuevo mundo y alrededor de 66 son nativas del viejo mundo (Heller, 1996). Generalmente son arbustos o árboles que se caracterizan por producir un exudado transparente o de color que emana cuando la planta sufre algún daño; sus hojas son alternas y su fruto capsular, con una a tres semillas ovoides o subglobosas. Se les conoce comúnmente como “piñoncillo”, “piñón o pistache mexicano” por la forma de sus semillas, o “sangre de grado” por su abundante exudado que generalmente tiñe de color rojo oscuro (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2009).

En México se distribuyen 45 taxones de este género (20 % del total mundial), en más de 15 estados, de los cuales 35 (77 %) son endémicos (Martínez *et al.*, 2002). Aunado a esto, México es el único país donde se han registrado genotipos tóxicos y no tóxicos de forma natural. La importancia actual de este género a nivel mundial radica en la obtención de biodiesel a partir del aceite extraído de la semilla de *Jatropha curcas*; sin embargo, se han registrado un sinnúmero de usos tanto en ésta especie como en algunas de las otras que forman parte del género; el nombre *Jatropha* deriva de las palabras griegas *jatros* (médico) y *trophe* (alimento o nutrición), esto sugiere que las especies del género tienen propiedades medicinales y cualidades nutricionales (Heller, 1996).

El conocimiento sobre el género es limitado y poco se sabe sobre los aspectos de conservación de las especies. La riqueza, grado de endemismo y cualidades utilitarias consignadas para el género *Jatropha* en México, son indicadores de su importancia y potencial. Algunos estudios se han enfocado a las propiedades fitoquímicas y en menor

grado se han abordado aspectos de su ecología y estado de conservación. Por tanto se justifica generar información que permita conocer la riqueza específica de *Jatropha*, el estado de las comunidades donde vive y de las poblaciones y, con ello, poner a la disposición los elementos necesarios para elaborar un programa de conservación y uso sustentable de las especies del género *Jatropha* en México.

Con esa visión de conocimiento del capital biológico y el enfoque conservacionista de los recursos fitogenéticos, en el año 2008 el grupo de investigación de la “Red de *Jatropha*” del Subsistema Nacional de Recursos Agrícolas (SINAREFI) revisó los principales herbarios del país para registrar a los taxones de *Jatropha* ahí resguardados, así como también rescató la información disponible en línea de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB-CONABIO). De esta revisión se determinaron ocho regiones donde se concentra 79 % del total de especies presentes, de las cuales, la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán es la de mayor riqueza, concentrándose en ella más de 11 especies, a diferencia de lo manifiesto por Jiménez (en prensa), quien cita solamente a seis especies para esta zona.

El área de la Reserva Tehuacán-Cuicatlán tiene una larga historia de ocupación humana (Byers, 1967); en este espacio, la transformación del paisaje y la fragmentación de los hábitats, amenazan la persistencia de algunas comunidades únicas y especies endémicas (Anderson, 1990), por lo que es importante hacer el diagnóstico ecológico de las poblaciones silvestres y comunidades naturales.

Uno de los mecanismos para elucidar el uso de las especies silvestres en áreas rurales es la investigación etnobotánica, que ha adquirido gran relevancia en el estudio de plantas medicinales en las dos últimas décadas, como resultado de la pérdida acelerada del conocimiento tradicional y de la degradación de los bosques, sobre todo en la región tropical (Caniago y Siebert, 1998).

En la presente tesis se analizará el estado ecológico de las poblaciones de *Jatropha* distribuidas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán; también se hará la caracterización morfológica de algunas poblaciones del mismo género, con la finalidad de observar patrones de variación relacionados con factores ambientales, y finalmente, se describirán las formas de aprovechamiento de las especies registradas. La integración de la información permitirá reunir información con la finalidad a futuro, de establecer programas de aprovechamiento y conservación.

2. Objetivos particulares

- A. En el estudio ecológico se identificarán y precisarán las especies de *Jatropha* que se distribuyen en la región, diferenciando las Unidades Ambientales de la Reserva en las que habitan. También se valorará el estado de conservación de los hábitats y se calificará la vulnerabilidad de las poblaciones de las especies encontradas de dicho género.
- B. Con el estudio morfométrico se buscarán patrones de variación morfológica en las poblaciones de las especies de *Jatropha*, en relación con algunos factores climáticos, fisiográficos y edáficos de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán.
- C. En el estudio etnobotánico se caracterizará el aprovechamiento tradicional de las especies de *Jatropha* en la región de estudio y se analizará la composición química de las semillas de este género, para discriminar entre semillas tóxicas o aptas para el consumo humano.

3. Hipótesis

- A. La distribución de las especies de *Jatropha* y, el estado de conservación de los hábitats y las poblaciones en el área de estudio, dependerían de las condiciones físico-bióticas *in-situ*, y de la intensidad de disturbio a la que están sometidas.

B. Los patrones de variación morfológica de las especies de *Jatropha* estarían determinados por factores ambientales y antropogénicos.

C. Existiría variación química en las semillas de *Jatropha* sp, determinante de la forma de aprovechamiento por los habitantes de la región.

4. Revisión de Literatura

Los estudios sobre el género *Jatropha* son limitados, la mayoría se enfocan en *Jatropha curcas* por las propiedades físico-químicas de su aceite que puede ser utilizado como sustituto del diesel (Makkar *et al.*, 1997). Sin embargo, la información para el resto de las especies de este género es escasa, sobre todo en aspectos ecológicos y de conservación; el enfoque se ha dirigido un poco más hacia las propiedades fitoquímicas del látex o semillas.

Taxonomía del género y descripción botánica de las especies estudiadas

El género *Jatropha* pertenece a la tribu Joannesieae dentro de la familia Euphorbiaceae, incluye 175 especies, distribuidas en África tropical y subtropical y en América (Webster, 1994). Un porcentaje considerable de las especies localizadas en México del género *Jatropha* son nativas, otras especies provienen del viejo mundo (Dehgan y Webster, 1979). En México existen 45 taxones de este género (20% del total mundial), distribuidas en más de 15 estados, y 35 (77%) son endémicos (Martínez *et al.*, 2002). El Valle de Tehuacán-Cuicatlán en México es uno de los sitios con mayor riqueza de *Jatropha* (Jiménez, en prensa). Las especies a las que se hará referencia en este documento son *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegees y *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram.

A continuación se detalla la descripción botánica de cada especie (Jiménez, en prensa).

Jatropha ciliata: Arbustos o árboles rizomatosos, 1 a 2 m de alto, monoicos, en ocasiones dioicos. Tallos con corteza integra, pardo amarillenta. Hojas caducas; estípulas de 4 a 5 mm de largo, lanceoladas con glándulas pediceladas, prontamente caducas; pecíolo 4 a 11.5 cm de largo, glabro; láminas 8 a 14.5 cm largo, 8 a 12.4 cm ancho, triangular-ovada u ovada, 3 a 7 lóbulos (el central de talla conspicuamente mayor a los laterales), base cordada, ápice acuminado, a veces agudo; margen basal con dientes muy espaciados y cada uno con una glándula capitada, haz y envés glabros, aunque pueden presentar algunos tricomas en las venas, venación palmada, con 3 a 7 venas. Cimas masculinas 5 a 12 cm de largo, pedúnculo 3.5 a 8 cm de largo, la ramificación de la inflorescencia es dicotómica (en pocas ocasiones las ramificaciones son alternas), de modo que no puede distinguirse una inflorescencia principal central ni coflorescencias, solamente pueden apreciarse paracladios de tamaño variable en la parte final de las ramas; flores pistiladas solitarias o arregladas en dicasios, brácteas lanceoladas 2 a 5 mm de largo, glabrescentes, ocasionalmente con algunas glándulas estipitadas. Flores estaminadas blancas; sépalos 3 a 3.7 mm de largo, 1.4 a 2.3 mm ancho, elípticos u obovados, glabros; corola gamopétala, tubular, 5.5 a 8 mm de largo, glabra, connada 1/3 de su longitud, glabra; estambres 10, serie externa 3 a 4.2 mm de largo, filamentos connados hasta la mitad de su longitud, serie interna 4.3 a 6.7 mm, filamentos, connados 4/5 de su longitud, anteras 2 a 2.1 mm de largo. Flores pistiladas blancas; sépalos 4.5 a 5.2 mm de largo, 3 a 3.6 mm de ancho, elíptico-lanceolados o angostamente elípticos, glabros; corola gamopétala, campanulada a ligeramente urceolada, 7 a 10 mm de largo, connada 1/3 de su longitud; gineceo 2 a 3 carpelos, estilo connado en la base o hasta 1/2 de su longitud, con 3 estigmas. Cápsula 1.4 a 1.6 cm largo, 2 a 3.2 cm ancho, elipsoide, bilocular; semillas de 1.3 cm de largo, 1 cm de ancho, elípticas, carúncula vestigial. **Distribución.** Distrito Federal, Morelos, Guerrero,

Puebla, Oaxaca y Veracruz. **Hábitat**, bosque tropical caducifolio, 1050 a 2220 m de altitud; **Fenología**, floración mayo a agosto; **Fructificación**, julio a agosto.

Jatropha neopauciflora: Arbustos o árboles 1 a 3.5 m alto, dioicos. Tallos carnosos, corteza exfoliante con tiras papiráceas doradas, braquiblastos abundantes, látex abundante. Hojas caducas, surgen principalmente sobre braquiblastos; estípulas 6 a 10 mm largo, persistentes, abundantes en los braquiblastos, rojizas u oscuras, setosas; peciolo muy corto; láminas 1 a 4 cm largo, 1 a 2.5 (-4) cm ancho, obovadas, rara vez trilobadas, base cuneada, margen entero, ápice redondo, venación pinnada, haz y envés pubescentes. Inflorescencias: surgen sobre los braquiblastos, las cimas masculinas muy cortas con pedúnculos de 1 a 2 mm o flores solitarias, brácteas inconspicuas, pedicelos 1 a 2 mm, flores pistiladas solitarias. Flores estaminadas rosadas o rojas: sépalos 4 a 5 mm largo, 0.9 a 1 mm ancho, ovados a obovados, márgenes enteros, ápice agudo, tomentosos en interna y externamente; corola 7 a 8 mm largo, connada $\frac{3}{4}$ de su longitud, urceolado-tubular, pubescente en toda su superficie; estambres 10, filamentos connados en la base, serie externa 3.5 a 4 mm, interna 4 a 5 mm, anteras de aproximadamente 2 mm de largo. Flores pistiladas rojas; sépalos 3 a 5 mm largo, 1 a 1.2 mm ancho, ovado-lanceolados; corola 8 a 10 mm largo, urceolada, connada $\frac{3}{4}$ de su longitud; gineceo 2(-1) carpelos, estilo 1, estigmas 2(-1). Frutos 2.3 a 2.5 cm largo, 1.5 a 1.7 cm ancho, elípticas, biloculares, rara vez uniloculares; semillas 1.3 cm largo y diámetro, esféricas, pardas con marcas oscuras, carúncula vestigial. **Distribución**, endémica al Valle de Tehuacán-Cuicatlán en Puebla y Oaxaca. **Hábitat**, matorrales xerófilos, bosque tropical caducifolio, 950 a 1900 m de altitud. **Fenología**, floración (marzo) mayo a agosto. **Fructificación**, septiembre a octubre.

Jatropha oaxacana: Arbustos generalmente cespitosos, rizomatosos dioicos, 0.5 a 2 m de alto. Tallos carnosos, corteza parda y lustrosa, las ramas jóvenes forman ángulos de alrededor de 45°. Hojas caducas; estípulas 6 a 7 mm largo, triangulares, con una

glándula apical; pecíolo 2.5 a 6 mm largo, glabro; lámina 2.6 a 3.35 cm largo, 0.8 a 1.5 cm ancho, obovada a oblanceolada (rara vez elíptica, algunas veces trilobulada), rara vez elípticas, base cuneada, ápice redondeado, margen entero (en ocasiones ligeramente sinuado), haz y envés glabros, venación pinnada. Flores estaminadas numerosas, agregadas y sésiles (aunque surgen independientes, sin formar una inflorescencia) rodeadas (cada una) por un verticilo de brácteas triangulares, rojizas, 0.9 a 1.1 mm de largo; flores femeninas solitarias y sésiles. Flores estaminadas blancas o blanco amarillentas con una mácula rojiza; sépalos 2.2 a 2.5 mm largo, 1.1 a 1.3 mm ancho, triangular-ovados, ápice agudo o ligeramente acuminado, diminutamente pubérulos en la superficie adaxial; corola polipétala, aunque a simple vista parece ser una flor tubular; pétalos 5 a 6 mm de largo, 1.2 a 1.9 mm ancho, estrechamente obovados, pilosos en ambas superficies, base no cuneada (no se estrecha abruptamente); estambres 9 a 10, 5 a 6 mm largo, filamentos connados $\frac{1}{2}$ de su extensión, anteras oblongo-ovadas 1.6 a 1.7 mm largo. Flores pistiladas blancas o blanco amarillentas; sépalos 5 a 6 mm largo, 1.2 mm de ancho, oblongo-lanceolados, superficie adaxial pubérula; corola polipétala, aunque vista externamente parece tubular, pétalos 4.5 a 5 mm de largo, 1.1 a 1.4 mm ancho, espatulados, pilosos en ambas superficies; gineceo 1(-2) carpelos; estilo 1; estigma 1 a 2 capitado. Frutos 1.25 a 1.5 cm largo, 1.4 a 2.6 cm ancho, uni o bilocular, sépalos persistentes, pedicelo de 2 mm largo; semillas 1.1 a 1.2 largo, 1.2 a 1.4 cm ancho, carúncula vestigial.

Distribución, Puebla y Oaxaca. **Hábitat**, matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio y bosque de encino, 1000 a 2200 m de altitud. Es una especie propia de la vegetación primaria, pero también prospera en vegetación secundaria o lo largo de los caminos de terracería, sin embargo, cuando el pastoreo y la quema del terreno son intensos sus

poblaciones desaparecen. **Fenología**, floración abril a agosto. **Fructificación**, julio a octubre.

Jatropha rufescens: Árboles o arbustos (0.3-) 2-5 m alto, dioicos, rara vez monoicos. Tallos con corteza parda y lustrosa, ramillas hirsutas y ferrugíneas. Hojas deciduas; estípulas 1 a 3 mm largo, lanceoladas, ferrugíneas; pecíolos (-2) 5-12 mm largo; láminas 10 a 20 cm largo, 10 a 17 cm ancho, ovadas, orbiculares u obovadas, base cordada, ápice agudo a redondeado, margen entero o sinuado, haz verde oscuro y glabro (excepto las venas que son tomentulosas), envés tomentoso y blanco, venación palmada, 5 venas principales y un par basal rudimentario. Inflorescencia estaminada cimosas, 8.4 a 9.6 cm, pedúnculo 6 a 6.4 cm, paraclavios 1.3 a 2.8 cm largo, pedicelos 1 a 7 mm largo, brácteas 2 a 9 mm largo, lanceoladas a linear-lanceoladas, ferrugíneas, bracteolas 2.5 a 4 mm largo, lineares; flores pistiladas solitarias, pedicelo 6 a 8 mm largo. Flores estaminadas blancas; sépalos 2 a 4.5 mm largo, ovados, oblongo-ovados u ovado-lanceolados, glabros o ligeramente seríceos; corolas urceoladas, 6.5 a 8 mm largo, connadas 1/3 a 2/5 de su longitud; estambres, serie externa 3 a 4 mm largo, connada 1/4-1/2 de su longitud, serie interna 4.5 a 5.1 mm largo, connada 3/4 de su longitud, anteras 1.2 a 1.7 mm largo. Flores pistiladas blanco-amarillentas; sépalos 9 a 13 mm largo, 4 a 6 mm ancho, desiguales, oblongos, oblongo-lanceolados, lanceolados u obovados, tomentosos en toda su superficie; corola 12.7 a 14 mm largo, tubular, connada 3/4 de su longitud; gineceo 3(-2) carpelos, estilos 3(-2), estigmas 3(-2) bifurcados. Frutos 2.6 a 3 cm largo, 3.4 a 3.8 cm ancho, trilobulados, carinados; semillas 1.8 cm de largo, 1.4 cm ancho, carúncula vestigial. **Distribución**, Puebla y Oaxaca. **Hábitat**, bosque tropical caducifolio. **Fenología**, floración abril a junio. **Fructificación**, junio.

Jatropha rzedowskii: Arbustos 0.5 a 3 m altura, dioicos. Tallos con corteza gris y opaca, leñosos, solamente los más jóvenes son ligeramente carnosos, las ramas jóvenes

forman frecuentemente ángulos de 90° (es la única especie del género que presenta esta característica en el Valle de Tehuacán). Hojas caducas; estípulas 0.5 a 0.6 mm largo, triangulares y glabras; peciolo ca. 1 mm largo; láminas 1 a 2.1 cm largo, 2 a 3 cm ancho, cuneiformes o angostamente trilobadas (los segmentos son muy estrechos), base redondeada o estrechamente decurrente, ápice obtuso, haz y envés glabros, venación pinnada. Flores estaminadas agrupadas, pero surgen independientes sin formar inflorescencias; las femeninas solitarias, el pedicelo de 3 a 4 mm de largo. Flores masculinas blancas; sépalos 2 a 2.3 mm largo, 0.7 a 0.9 mm ancho, ovado-triangulares, ápice largamente acuminado (1/5 a 1/4 de la longitud total), diminutamente pubérulos interna y externamente; corola polipétala, a simple vista parece tubular, pétalos 4 a 5.6 mm largo, 0.6 a 0.9 mm ancho, cuneiformes (muy estrechamente obovados), pubérulos en ambas superficies, base cuneada (se estrecha abruptamente en la base), pilosos en toda su superficie; estambres 7 a 10, 4.5 a 5.8 mm largo, filamentos connados 1/2 de su longitud, pubérulos, púberulos, anteras largamente triangulares, 1 a 1.3 mm largo. Flores pistiladas blancas; sépalos 2.8 a 4 mm largo, 0.5 a 0.7 mm ancho, oblongo-lanceolados, pubérulos interna y externamente; corola polipétala, aunque parece tubular a simple vista, pétalos de 3-4 mm de largo por 0.4 a 0.6 mm de ancho, cuneiformes, pubérulos internamente y externamente; gineceo 1(-2) carpelos, estilo 1, estigma 1(-2) triangular y carnosos. Frutos 1.4 a 1.5 cm largo, 0.9 a 1 cm ancho, uniloculares, rara vez biloculares; semillas 1 a 1.5 cm largo, 0.85 a 0.95 cm ancho, ovoide, de color pardo obscuro, carúncula vestigial. **Distribución**, endémica al Valle de Tehuacán-Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca. **Hábitat**, matorral xerófilo y bosque tropical caducifolio, 900 a 1000 m. Es una especie que solamente prospera en vegetación primaria, la población donde fue colectado el holotipo (Caltepec, Puebla) ya no existe, el matorral xerófilo original fue reemplazado por cultivo de caña de azúcar y por

algunos ejemplares de Cactaceae sembrados como paliativo de la destrucción de la vegetación original. **Fenología**, florece mayo a julio. **Fructificación**, agosto a octubre.

Distribución y ecología

Los trabajos en estas áreas son escasos, Rodríguez-Acosta *et al.* (2009), realizaron un estudio sobre la distribución del género *Jatropha* en el estado de Puebla, y registran 11 especies, todas ellas distribuidas principalmente en la cuenca del Balsas y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, determinan que los tipos de vegetación con más especies son el bosque tropical caducifolio y el matorral xerófilo. Reportan por primera vez para el estado la presencia de *J. elbae* J. Jiménez Ram., *J. oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *J. pseudocurcas* Müll. Arg. y *J. websteri* J. Jiménez Ram. Señalan la posible desaparición de dos especies endémicas de Puebla *J. riojae* Miranda y *J. rufescens* Brandegees.

Otro trabajo sobre distribución y diversidad de género *Jatropha* en México es el de Fresno-Ramírez y Orozco-Ramírez (2013), quienes discuten la biogeografía a partir de información de herbario, usos tradicionales y las líneas de investigación a seguir para ampliar el conocimiento del género. Identifican tres zonas de alta riqueza de especies de este género, y mencionan que la distribución está relacionada con variables ambientales como la altitud, tipo de clima, suelo y patrones de humedad del suelo.

Córdova-Téllez *et al.* (en prensa), realizan un diagnóstico del género en México y resaltan 8 regiones donde se concentra la mayor riqueza de las especies de este género, una de las cuales es la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Para esta región, Dávila-Aranda y Lira-Saade (2002) realizan un estudio sobre la flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en donde citan a *J. curcas* L. en huertos, *J. dioica* Sessé en la Selva Baja Caducifolia (Bosque Tropical Caducifolio) y en la tetechera (comunidad fisonómicamente dominada por

cactáceas columnares de *Neobuxbaumia tetetzo* (J.M. Coult.) Backeb) y, a *J. neopauciflora* Pax., localizada en las barrancas y en algunos huertos.

Diversidad morfológica

Los estudios sobre diversidad morfológica en el género *Jatropha* se enfocan a *J. curcas* por su interés comercial y de domesticación. En este rubro se han realizado diversos trabajos entre los que destacan el de Machado (2011) en Cabo Verde, que les permitió identificar procedencias sobresalientes tanto en los indicadores morfológicos como en los productivos. Guerrero *et al.* (2011) realizan de igual forma una caracterización morfológica y agronómica de la colección Nacional de Colombia, que les ayudó en el manejo y uso de las accesiones en el programa de mejoramiento genético tradicional. En México, Ríos (2012) hizo un estudio sobre caracterización y germinación de semillas silvestres de *J. curcas* colectadas en Chiapas, con la finalidad de contribuir a la información sobre la diversidad genética de la semilla de esta especie. En especies silvestres del género *Jatropha*, no se encontraron estudios sobre diversidad morfológica.

Usos actuales y potenciales de *Jatropha* sp.

Medicinal: Es uno de los más estudiados a nivel etnobotánico y fitoquímico; Canales *et al.* (2005) mediante técnicas etnobotánicas, determinaron las plantas medicinales utilizadas por los habitantes de San Rafael Coxcatlán, Puebla. Reportan 46 especies de plantas medicinales útiles, con 13 categorías de uso medicinal diferente. De éstas, 16 especies se seleccionaron debido a su utilización en el tratamiento de enfermedades de origen bacteriano. Las especies que mostraron mayor actividad antibacterial fueron *Jatropha neopauciflora* Pax (Euphorbiaceae) y *Juliania adstringens* (Schldl.) Schldl. (Julianiaceae). Estas especies también registraron los máximos valores informativos de los consensados.

Burkill (1994) reporta el uso de *Jatropha multifida* en la medicina tradicional en África tropical; en esta especie, Aiyelaagbe (2000) encuentra actividad antibacteriana en la raíz, los extractos ensayados inhiben eficazmente el crecimiento de bacterias gram-positivas, pero sólo el extracto obtenido de la raíz muestra actividad contra *E. coli*. y en el tratamiento de infecciones microbianas.

Otra especie que también presenta actividad antibacteriana en la raíz es *J. podagrica* (Hook). Aiyelaagbe *et al.* (2000) estudiaron los extractos de hexano, cloroformo y metanol de la corteza y madera de la raíz de esta especie y todos mostraron alguna actividad antibacteriana contra 18 organismos, uno de ellos mostró actividad antifúngica moderada contra *Candida albicans*. También en *Jatropha gossypifolia* se aisló un diterpeno macrocíclico que posee actividades significativas antibacterianas (Ravindranath *et al.*, 2003). Asimismo, se ha encontrado actividad antibacteriana y antifúngica significativa en *Jatropha uncostata* (Mothana y Lindequist, 2005).

En actividades antifúngicas existen varios informes que destacan a las especies de *Jatropha*. Hamza *et al.* (2006) realizaron un estudio con enfoque etnobotánico de plantas utilizadas de forma tradicional en Tanzania para el tratamiento de hongos y encuentran fuerte actividad antifúngica en 12 especies, que incluyen a *Jatropha multifida* L. En esta especie Van den Bout-van den Beukel *et al.* (2008), encontraron efecto del potencial citotóxico, genotóxico y la competencia enzimática del receptor CYP450 en los extractos de planta. Reportan genotoxicidad para *Jatropha multifida*, *Sterculia africana* y *Spirostachys africana*; y altos efectos citotóxicos en los extractos de todas las especies; pero no encontraron competencia enzimática en *J. multifida*. Estos resultados indican el potencial medicinal en las interacciones planta-antirretroviral.

Por otra parte Osoniyi y Onojobi (2003) realizaron investigaciones de la actividad coagulante del látex de *Jatropha curcas*, que demuestran que éste reduce significativamente ($P < 0.01$) el tiempo de coagulación de la sangre humana. De igual manera Oduola *et al.* (2005) detectaron actividad coagulante en el látex de *Jatropha gossypifolia*; que se expresa por una reducción significativa ($P < 0.05$) en el tiempo de coagulación de la sangre al utilizar el látex de dicha planta; señalan, que el mecanismo de su actividad hemostática es la precipitación de los factores coagulantes.

Baraguey *et al.* (2000) observaron una actividad antimalárica moderada en el látex de *Jatropha mahafalensis*. Posteriormente (2001), estos mismos autores, aíslan del látex de esta especie un compuesto denominado Mahafacyclin B, que es un heptapéptido cíclico responsable de dicha actividad antimalárica.

Alimenticio: Es el segundo uso en importancia de las especies silvestres de *Jatropha*. Duke (1985), citando Ochse (1931), menciona que las hojas tiernas de *Jatropha curcas* se pueden comer al vapor o en estofado. En la literatura se encuentra con frecuencia que la semilla de esta especie se come en ciertas regiones de México, una vez que se ha hervido o tostado (Aponte, 1978; Panigrahi *et al.*, 1984; Delgado y Parado, 1989). De acuerdo con los análisis efectuados por Wink (1993), algunas semillas mexicanas no contienen ésteres de forbol, causantes de vómito y diarrea. Levingston y Zamora (1983) informan que las semillas son comestibles una vez que el embrión se ha eliminado.

Makkar y Becker (1999) realizaron un estudio en el que determinan que la harina de *Jatropha curcas* proveniente de algunas regiones de los estados de Veracruz y Quintana Roo, México, puede ser utilizada en las dietas alimenticias de animales monogástricos, peces y posiblemente en humanos, ya que el valor nutricional de los alimentos elaborados es alto y no presenta toxicidad.

Makkar *et al.* (2011) reportan a *Jatropha platyphylla*, como una nueva especie no tóxica, debido a que en comunidades de México se consume la semilla tostada. Al analizar la semilla encuentran contenidos de 60 % de aceite, libre de ésteres de forbol, pero en harina detectan algunos compuestos antinutricionales lábiles al calor, así que esto explica por qué la gente del lugar consume la semilla tostada, sin efectos nocivos.

Bioinsecicida: Debido a la toxicidad que presentan algunas especies, se han desarrollado estudios para aprovechar esa característica como bioinsecticida. Aiyelaagbe y Gloer (2008) aíslan de la raíz de *Jatropha podagrica* un ácido alifático llamado ácido japodico, además de otros dos compuestos conocidos, erythrasinate y fraxidin. El ácido japodico mostró actividad inhibidora del crecimiento de insectos (*Helicoverpa zea*). Fraxidin y erythrasinate mostraron actividad antibacteriana contra *Bacillus subtilis*, mientras que el ácido japodico no mostro actividad antibacteriana.

Bullangpoti *et al.* (2011) demuestran la toxicidad del extracto de acetato de etilo y ricinina de hojas senescentes de *Jatropha gossypifolia* contra *Spodoptera exigua* Hubner; el gusano de la remolacha, una de las plagas vegetales más importantes en Tailandia. El extracto tiene ricinina como ingrediente activo y puede ser utilizado como una opción alternativa para la aplicación mínima de insecticidas.

Biorremediación de suelos: Carrillo y González-Chávez (2006), realizaron un estudio sobre la acumulación de metales en plantas silvestres que rodean residuos mineros en México. Encontraron que algunas especies son tolerantes a metales pesados, ya que fueron capaces de crecer en sustratos altamente contaminados, y presentan como característica, no translocarlos a sus partes aéreas, por lo que se comportan como plantas de exclusión, entre estas se encuentra *Jatropha dioica*, que acumula altas concentraciones de Zn (6249 mg kg^{-1}) y en menor concentración Cadmio (Cd) (30.5 mg kg^{-1}) y Níquel (Ni) (28 mg kg^{-1}). Heller (1996) menciona que las plantas de

Jatropha curcas L. se adaptan muy bien a las condiciones áridas y semiáridas y se usa frecuente para la prevención de la erosión del suelo.

Otros: Kumar y Singh (2012) investigaron las propiedades de *Jatropha gossypifolia* L como fuente potencial de tinte vegetal, y encontraron que los tallos jóvenes y las hojas de la planta, son fuente vital de tinte vegetal para la tinción de hilo de algodón. El hilo teñido fue evaluado y sometido a efecto de la luz solar, el roce en el agua, detergente, agua de limón y jugo de cítricos, mostrando excelentes propiedades de solidez.

La gran variación en características morfológicas ha dado apertura a la utilización ornamental de algunas especies. En un estudio sobre el potencial y riqueza del género *Jatropha* en la India, Krishner y Paramathma (2009) describieron 12 especies de uso ornamental, con las que se diseñan jardines de *J. gossypifolia*, *J. integerima*, *J. multifida*, *J. podagrica* y *J. pandurifolia*.

5. Literatura Citada

- Aiyelaagbe O. O., and J. B. Gloer. 2008. Japodic acid, a novel aliphatic acid from *Jatropha podagrica* Hook. Records of Natural Products 2(4): 100-106.
- Aiyelaagbe, O. O. 2000. Antibacterial activity of *Jatropha multifida* roots. Fitoterapia 72 (5):544-546.
- Aiyelaagbe, O. O., E. K. Adesogan, O. Ekundayo, B. A. Adeniyi. 2000. The antimicrobial activity of roots of *Jatropha podagrica* (Hook). Phytotherapy Research 14 (1): 60-62.
- Anderson, E.F. 1990. Succulent plant conservation studies and training in Mexico: Stage 1, Part 2, and Stage 2. World Wildlife Found, US. Internal report.
- Aponte H., C. 1978. Estudio de *Jatropha curcas* L. como recurso biótico. Diploma tesis. Universidad Veracruz, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
- Baraguey, C., A. Blond, I. Correia, J. L. Pousset, B. Bodo, C. Auvin-Guette. 2000. Mahafacyclin A, a cyclic heptapeptide from *Jatropha mahafalensis* exhibiting β -bulge conformation. Tetrahedron Letters 41 (3):325-329.
- Baraguey, C., A. Blond, I. Correia, J-L. Pousset, B. Bodo, C. Auvin-Guette. 2000. Mahafacyclin A, a cyclic heptapeptide from *Jatropha mahafalensis* exhibiting β -bulge conformation. Tetrahedron Letters 41 (3):325-329.

- Baraguey, C., A. Blond, I. Correia, J. L. Pousset, B. Bodo, C. Auvin-Guette. 2001. Isolation, structure and synthesis of mahafacyclin B, a cyclic heptapeptide from the latex of *Jatropha mahafalensis*. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*, (17): 2098-2103.
- Byers, D. S. 1967. *The Prehistory of the Tehuacan Valley*. University of Texas Press, Austin, Vol. 1, 331 pp.
- Bullangpoti, V., N. Khumrungrsee, W. Pluempanupat, Y. Kainoh, and U. Saguanpong. 2011. Toxicity of ethyl acetate extract and ricinine from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pesticide Science* 36 (2):260-263.
- Burkill H. M. 1994. *The Useful Plants of West Tropical Africa: Vol. 2. E-J*, Royal Botanical Gardens, Kew, 93p.
- Canales M., T. Hernández, J. Caballero, A. Romo de Vivar, G. Avila, A. Duran, and R. Lira. 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 (3):429-439.
- Caniago, I. and S. Siebert. 1998. Medicinal plants ecology, knowledge and conservation in Kalimantan, Indonesian. *Economic Botany* 52 (3): 229-250.
- Carrillo G., R., and M. C. A. González-Chávez. 2006. Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. *Environmental Pollution* 144: 84-92.
- Córdova-Téllez L., E. Bautista R., A. Zamarripa C., J. A. Rivera L., A. Pérez V., O. M. Sánchez S., J. Martínez H., y J. A. Cuevas S. S/A. Diagnóstico y Plan Estratégico de *Jatropha* spp. en México. Red de *Jatropha*, Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos, SAGARPA. En prensa.
- Dávila-Aranda, P. y R. Lira-Saade. 2002. La flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. T015. México, D. F.
- Dehgan, B. and G. L. Webster. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). *University of California Publications in Botany*, Vol. 74.
- Delgado M., J. L., and E. Parado T. 1989. Potential multipurpose agroforestry crops identified for the Mexican Tropics. Pp. 166-173 in *New Crops for Food and Industry* (G.E. Wickens, N. Haq and P. Day, eds.). Chapman and Hall, London.
- Duke, J. A. 1985. *CRC Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida 896 p.
- Fresnedo-Ramírez, J., y Q. Orozco-Ramírez. 2013. Diversity and distribution of genus *Jatropha* in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60:1087–1104.

- Guerrero P., J. A., L. F. Campuzano, S. Rojas, y J. Pachón-García. 2011. Caracterización morfológica y agronómica de la colección nacional de germoplasma de *Jatropha curcas* L. Orinoquia 15 (2):131-147.
- Hamza O., J. M., C. J. P. van den Bout-van den Beukel, M. I. N. Matee, M. J. Moshi, F. H. M. Mikx, H. O. Selemani, Z. H. Mbwambo, A. J. A. M. Van der Ven, and P. E. Verweij. 2006. Antifungal activity of some Tanzanian plants used traditionally for the treatment of fungal infections. Journal of Ethnopharmacology 108: 124-132.
- Heller, J. 1996. Physic Nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Rome, Italy. 66 p.
- Jiménez R., J. S/A. *Jatropha*. Euphorbiaceae. Subfamilia Crotonoideae. En Medina L.R. (ed.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología UNAM. En prensa.
- Krishnan P.R., and M. Paramathma. 2009. Potentials and *Jatropha* species wealth of India. Current Science 97 (7): 1000-1004.
- Kumar A., and N. Singh. 2012. *Jatropha gossypifolia* L.: a potential genetic resource for herbal dye. Genetic Resources and Crop Evolution 59 (5):949-954.
- Levingston, R., and R. Zamora. 1983. Medicine trees of the Tropics. Unasylva 35(140):7- 10.
- Machado R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. Pastos y Forrajes 34(3):267-279.
- Makkar H. P. S., V. Kumar, O. O. Oyeleye, A. O. Akinleye, M. A. Angulo-Escalante, K. Becker. 2011. *Jatropha platyphylla*, a new non-toxic *Jatropha* species: Physical properties and chemical constituents including toxic and antinutritional factors of seeds. Food Chemistry 125 (1):63-71.
- Makkar, H. P. S., and K. Becker. 1999. Nutritional studies on rats and fish (carp *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. Plant Foods for Human Nutrition, 53, 183–192.
- Makkar, H. P. S., K Becker, F Sporer, M Wink. 1997. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. Journal Agriculture Food Chemistry 45, 3152-3127.
- Martínez G., M., J. Jiménez R., R. Cruz D., Juárez A., R. García, A. Cervantes y H.R. Mejía. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica 73(2): 155–281.
- Mothana, R. A. A. and U. Lindequist. 2005. Antimicrobial activity of some medicinal plants of the island Soqotra. Journal of Ethnopharmacology 96(4): 177–181.
- Ochse, J. J. 1931. Vegetables of the Dutch East Indies (edible Tubers, Bulbs, Rhizomes, and Spices Included): Survey of the Indigenous and Foreign Plants Serving as

- Pot-herbs and Side-dishes. A. Asher and Co., Hacquebard, Amsterdam (reprinted 1980) 1005 p.
- Oduola T., G.O Adeosun, T. A. Oduola, G. O. Avwioro, and M. A. Oyeniya. 2005. Mechanism of action of *Jatropha gossypifolia* stem latex as a hemostatic agent. *European Journal of General Medicine* 2 (4): 140-143.
- Osoniyi O., and F. Onajobi. 2003. Coagulant and anticoagulant activities in *Jatropha curcas* latex Omolaja Osoniyi, Funmi Onajobi. *Ethno-pharmacology* 89: 101-105.
- Quinsavi C., and N. Sokpon. 2010. Morphological variation and ecological structure of Iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) populations across different biogeographical zones in Benin. *International Journal of Forestry Research* 2010: 1-10. doi:10.1155/2010/658396
- Panigrahi, S., B. J. Francis, L. A. Cano and M. B. Burbage. 1984. Toxicity of *Jatropha curcas* seeds from México to rats and mice. *Nutrition Reports International* 29(5):1089-1099.
- Ravindranath N., B. Venkataiah, C. Ramesh, P. Jayaprakash, and B. Das. 2003. Jatrophenone, a Novel Macrocyclic Bioactive Diterpene from *Jatropha gossypifolia*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin* 51 (7):870-871.
- Ríos C., J. M. 2012. Caracterización y germinación de semillas silvestres de *Jatropha curcas* L. colectadas en diferentes municipios del estado de Chiapas. *Seminarios de Posgrado, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León* 230-242.
- Rodríguez-Acosta, M., K. Vega-Flores, V. H. Gante-Cabrera, y J. Jiménez-Ramírez. 2009. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. *Polibotánica* 28: 37-48.
- Steinmann V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61: 61–93.
- Van Den Bout-van den Beukel C. J. P, O. J. M. Hamza, M. J. Moshi, M. I. N. Matee, F. Mikx, D. M. Burger, P.P. Koopmans, P.E. Verweij, W. G. E. J. Schoonen, A. J. A. M. Van Der Ven. 2008. Evaluation of Cytotoxic, Genotoxic and CYP450 Enzymatic Competition Effects of Tanzanian Plant Extracts Traditionally Used for Treatment of Fungal Infections. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 102 (6):515-526.
- Webster, G. L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:33-144.
- Wink, M. 1993. Forschungsbericht zum Projekt Nutzung pflanzlicher Öle als Kraftstoffe. Consultant's report prepared for German Technical Cooperation Agency (GTZ), Germany.

CAPITULO I. DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO PARA LA CONSERVACIÓN DE *Jatropha* sp. Y SUS HÁBITATS, EN LA RESERVA TEHUACÁN- CUICATLÁN

1. RESUMEN

En México se consignan 45 especies para el género *Jatropha* (Euphorbiaceae). La Reserva de las Biosfera Tehuacán-Cuicatlán concentra riqueza genética y endemismo para el género, que representa una fuente importante de alimento, medicina y energía para los pobladores. Por ello se precisó verificar taxonómicamente las especies de *Jatropha*, diferenciar las Unidades Ambientales (UA) en las que habitan, valorar el estado de conservación de sus hábitats y calificar la vulnerabilidad de las poblaciones de *Jatropha*. Se seleccionaron 15 sitios de muestreo en la Reserva, las unidades ambientales se delimitaron mediante la ponderación de variables climáticas con el software gvSIG. Los atributos ecológicos se determinaron por el método de muestreo de vegetación cuadrante centrado en un punto y se estimó la intensidad de disturbio y el estado de conservación de las poblaciones de *Jatropha*, mediante el protocolo “Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México”. Las especies registradas y cotejadas para la región de estudio son: *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegee y *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram., que se distribuyen en cuatro de las seis unidades ambientales. *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* son las más conspicuas, abundantes y de cobertura vegetal, concurren en cuatro UA (2, 3, 4 y 5), *J. oaxacana* en dos (UA 2 y 3), mientras que *J. rufescens* así como *J. ciliata* son las más restringidas, solo habitan en la UA3. La riqueza de géneros varió de 16 a 42. El máximo y mínimo índice de valor de importancia (IVI) fue registrado en San Nicolás Tepoxtitlán para *J. neopauciflora* (53.75 %) y *J. rzedowskii* (1.50 %),

respectivamente. El índice de disturbio fluctuó entre 0.22 y 0.82, con una media de 0.51, siendo la ganadería la variable de mayor peso. De acuerdo con las categorías de riesgo del MER, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* no se considerarían sujetas a protección, *J. oaxacana*, requiere protección especial y *J. ciliata* y *J. rufescens* se encuentran en peligro de extinción. El género *Jatropha* es dominante en la estructura de la comunidad vegetal. La distribución actual de las especies de *Jatropha* en la Reserva está relacionada principalmente con variables de elevación, temperatura y precipitación. El estado de conservación de las comunidades donde habitan las poblaciones de *Jatropha* sp. es moderado, de regular condición de acuerdo con el índice de disturbio. Los principales factores que afectan a los hábitats de *Jatropha* son la actividad ganadera y humana, lo que se ve reflejado en comunidades vegetales de menor riqueza de géneros y especies. De acuerdo con las categorías de riesgo, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* no tienen problema, *J. oaxacana* requiere protección especial y, *J. ciliata* y *J. rufescens* están en peligro de extinción. Este conocimiento sustenta la necesidad de actuar antes de perder especies silvestres.

Palabras clave: especies de *Jatropha*, unidades ambientales, bosque tropical caducifolio, disturbio, vulnerabilidad, México.

2. ABSTRACT

There are 45 species reported for the *Jatropha* genus in Mexico. The Biosphere Reserve Tehuacan-Cuicatlan concentrates genetic richness and endemism for this genus, which represents an important source of food, medicine and energy for the people. Therefore, the objectives were to verify the *Jatropha* species taxonomically, to differentiate the Environmental Units (EU) of their habitats, to evaluate the conservation status of their habitats, and to estimate the vulnerability of the *Jatropha* populations. 15 sampling sites were selected in the Reserve, the EU were defined using climatic variables and the gvSIG software. Ecological attributes were determined using the quantitative analysis by the point-centered quarter method; the intensity of disturbance was estimated, as well as the conservation status of the *Jatropha* populations based on the protocol "Method of Evaluation of the Risk of Extinction of Plants in Mexico". The confirmed species for this region are: *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegee, and *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram., which are distributed in four of six defined EU. *J. neopauciflora* and *J. rzedowskii* are the most conspicuous, abundant, and high canopy, they concur in four EU (2, 3, 4, and 5), *J. oaxacana* in two (EU 2 and 3), while *J. rufescens* and *J. ciliata* are the most restricted, and only reside in one EU3. The richness of genera ranged from 16 to 42. The maximum and minimum Importance Value Index (IVI) were observed in San Nicolas Tepoxtitlan for *J. neopauciflora* (53.75%) and *J. rzedowskii* (1.50%). The disturbance index varied from 0.22 to 0.82, with an average of 0.51, where the livestock variable had a high contribution. Considering the risk categories of MER, *J. oaxacana* requires special protection and *J. ciliata* and *J. rufescens* are under extinction risk. The *Jatropha* genus is dominant in the plant community structure. The current distribution of *Jatropha*

species in the Reserve is mainly determined by elevation, temperature, and precipitation variables. The conservation status of the communities inhabited whit populations of *Jatropha* sp., is moderate, of regular condition taking into account the rate of disturbance. The main factors that affect the habitats of *Jatropha* are livestock and human activities, which is reflected in the vegetative communities by low richness in genera and species. This results support the necessity for the establishing of conservations strategies before losing wildlife species.

Key words: *Jatropha* species, Environmental Units, tropical deciduous forest, disturbance intensity, vulnerability, Mexico.

3. INTRODUCCIÓN

El aumento de las poblaciones humanas y la intensificación del uso del suelo mediante cultivo, pastoreo y desarrollo urbano, han dado lugar a la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales (Ouinsavi y Sokpon, 2010). Estos hechos tienen como consecuencia, efectos deletéreos sobre la diversidad genética de las especies por la disminución en los niveles de flujo de genes, lo que daría lugar a la pérdida de la diversidad y aumento en la vulnerabilidad, hasta el riesgo de extinción (Wilson y Provan, 2003). Por sentido común, si se estudia, valora, aprovecha y conservan los recursos naturales en el mundo, se podría contribuir a resolver problemas que la humanidad enfrentaría en los años venideros, como la falta de energía, alimento y medicina.

El género *Jatropha* perteneciente a la familia Euphorbiaceae, es un recurso fitogenético que potencialmente cubriría esas tres necesidades mencionadas; está representado por 186 especies, es nativo de América Central y México, y se distribuye también en África, Asia y la Polinesia (Dehgan, 2012). México es rico en especies nativas de *Jatropha*, alberga a 45 taxones de este género (20 % del total mundial), de los cuales, 35 (77 %) son endémicos (Martínez *et al.*, 2002). En cuanto a la distribución geográfica en México de las especies de *Jatropha*, Córdova-Téllez *et al.* (en prensa) proponen ocho regiones importantes por la alta riqueza genética de especies del género; una de las regiones que más contribuye a la biodiversidad de *Jatropha* es el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, el cual contiene 12 especies, lo que difiere con Jiménez (en prensa) quien cita una menor riqueza para esa región, con solo seis taxones.

Existe escasa información relacionada con la distribución ecológica de las especies de *Jatropha* en la Reserva Tehuacán-Cuicatlán, solo se cita a *J. curcas* L. en huertos, *J. dioica* Sessé en la Selva Baja Caducifolia (Bosque Tropical Caducifolio) y

en la tetechera (comunidad fisonómicamente dominada por cactáceas columnares de *Neobuxbaumia tetetzo* (J.M. Coult.) Backeb y a *J. neopauciflora* Pax., localizada en las barrancas y en algunos huertos (Dávila-Aranda y Lira-Saade, 2002). Para las demás especies de *Jatropha* se desconocen tanto las características del hábitat que ocupan como el estado actual de conservación de las comunidades donde habitan.

El área de la Reserva Tehuacán-Cuicatlán tiene una larga historia de ocupación humana (Byers, 1967); en este espacio, la población rural realiza actividades de ganadería extensiva, agricultura y extracción de productos de recolección, lo que pudiese afectar a *Jatropha* sp., por la transformación del paisaje y la fragmentación de los hábitats, causas que amenazan también, a la persistencia de algunas comunidades únicas y especies endémicas (Anderson, 1990; Hunt, 1999).

El concepto base en estudios ecológico-etnobotánicos y para la conservación, es la Unidad Ambiental; ésta se define como zona homogénea de un ecosistema natural, cuya delimitación y estructuración considera parámetros físicos (OAS, 1987), así como la biodiversidad, la agrobiodiversidad y la diversidad de aprovechamientos (Boege, 2002). La Unidad Ambiental funcionalmente es la Unidad de Gestión Ambiental, para el caso del ordenamiento territorial (SEMARNAT, 2013). La identificación de Unidades Ambientales se basa en caracteres fisiográficos (cerro, monte, loma, llano y barranca, altitud, pendiente) edáficos (tipo de suelo, pedregosidad), de vegetación y, de uso destinado, como lo trabajaron Dávila-Aranda y Lira-Saade, (2002), cuando estudiaron la flora útil de Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, en el estado de Puebla.

Por falta de antecedente sobre la diversidad de hábitats para *Jatropha* sp., en la Reserva Tehuacán-Cuicatlán, así como el desconocimiento del estado de conservación de esos hábitats y de las especies, se propuso como objetivos: identificar y precisar las especies de *Jatropha* de la región, diferenciar las Unidades Ambientales de la Reserva

en las que habitan, valorar el estado de conservación de los hábitats para esas especies y, calificar la vulnerabilidad de las poblaciones de *Jatropha*.

Lo anterior, bajo la premisa de que la distribución de las especies de *Jatropha* y el estado de conservación de los hábitats y las poblaciones en el área de estudio, está en función de las condiciones físico-bióticas *in-situ*, y de la intensidad de disturbio a la que están sometidas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La región de estudio se acota a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, que se encuentra en el sureste del estado de Puebla y noreste de Oaxaca, entre los paralelos 17°32'24.00" y 18°52'55.20" de latitud norte y los meridianos 96°59'24.00" y 97°48' 43.20" de longitud oeste, altitud de 200 a 3500 msnm, donde predomina un ambiente semiárido, con presencia de matorrales xerófilos y selva baja caducifolia, bosque espinoso, bosque de encino, bosque de pino-encino y pastizal (DOF,1998). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1998), el clima es cálido semi-desértico BS₀hw" (w)(e)(g), con temperatura y precipitación media anual de 21 °C y 380 mm.

En 31 localidades de esta área se obtuvieron 67 registros del género *Jatropha* de los herbarios (Herbario Nacional MEXU-UNAM; Herbario Hortorio CHAPACOLPOS; Herbario de Plantas Útiles XOLO-UACH; Herbario de Ciencias Forestales CHP-UACH; Herbario de Preparatoria Agrícola UACH; Herbario Rzedowski, Patzcuaro, Michoacán; Red Mundial de Información sobre Biodiversidad REMIB-CONABIO), se calculó el número de muestreos requeridos para la investigación, mediante la siguiente ecuación (Murray, 1988).

$$n = \frac{NS^2_{sist}}{\frac{B^2}{t^2}(N-1) + S^2_{sist}}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población (31 localidades)

t = Valor de la distribución “z” para una confiabilidad dada (para poblaciones menores a 100 registros se debe usar el valor de la distribución “t” = 2.0860)

S^2_{sist} = Varianza ponderada de la población (varianza máxima de 0.25)

B_{μ} = Precisión expresada en centésimas (0.20, lo que equivale a 20 %)

Con un error de precisión del 20 % se seleccionaron 15 localidades para realizar el muestreo; los criterios de selección fueron dos: accesibilidad, por distancia de recorrido más presencia de caminos y, el número de especies verificadas taxonómicamente.

Unidades Ambientales

Las Unidades Ambientales (UA) se delimitaron con un análisis multicriterio (Barredo, 1996; Díaz y Blanco, 2000), empleando la herramienta Intersect del software de Sistemas de Información Geográfica gvSIG, en el que se combinaron en formato vector la temperatura mínima-máxima, elevación (msnm), precipitación media anual, amplitud climática de humedad, amplitud climática de temperatura, régimen de humedad, tipo de suelos, tipo de clima, substrato, relieve, uso de suelo y vegetación (CONABIO, 2013); las variables ponderadas fueron temperatura, precipitación y elevación.

Atributos ecológicos de las comunidades vegetales

Se usó el método de muestreo de vegetación, cuadrante centrado en un punto (Cottam y Curtis, 1956), cuya metodología y modificaciones prácticas para condiciones específicas las detalla Mitchell (2007). En cada sitio se tendieron 20 líneas de 100 m al azar, con una marca cada 10 m para indicar el origen de los cuadrantes (y en cada línea se seleccionaron cinco puntos al azar. Por cada punto y cada cuadrante se midió la distancia del árbol o arbusto más cercano, identificado a género y, en el caso de

Jatropha, identificado a nivel especie; a cada individuo registrado se le midió la cobertura en dos dimensiones para calcular la cobertura (Figura 11A). Esta técnica sin área permitió estimar: densidad, densidad relativa, frecuencia, frecuencia relativa, dominancia, dominancia relativa, y por sumatoria de los valores relativos, se obtuvo el valor de la importancia de la especie X_i (o género) en la comunidad Y (Miller, 1994; Gregory, 2013).

Con el listado de géneros y especies de *Jatropha* se realizaron curvas de Rango-Abundancia por sitio (Figura 1A); la secuencia de ordenación derivó de la relación \log_{10} de la proporción (p_i) de individuos de cada género y especie de *Jatropha* (Feinsinger, 2001); éstas curvas permiten describir en orden descendente, la estructura de la comunidad basada en la riqueza, abundancia y equidad de las especies o géneros (Begon *et al.*, 2006).

Disturbio

En cada uno de los sitios de muestreo se tomó una de las 20 líneas de 100 m utilizadas previamente y se seleccionaron al azar cinco de los cuadrantes trabajados, a los que se aplicó el método descrito por Martorell y Peters (2005), para calcular la intensidad de disturbio, mediante 15 indicadores agrupados en tres rubros: ganadería, actividades humanas y degradación de la tierra. En este estudio no fue posible cuantificar la superficie total modificada. Se calculó el índice de disturbio (ID) de cada sitio con la frecuencia relativa de cada uno de los indicadores y la suma total de estos; el ID varía entre 0 y 1 (nulo a máximo disturbio). Los datos se estandarizaron y resumieron a través de un análisis de componentes principales (ACP) utilizando el programa SAS versión 9.0., para este análisis no fue considerado el indicador INCE (evidencia de incendios) ya que no aportaba a la variación total explicada.

Estado de conservación de las poblaciones de *Jatropha*

Con los datos generados en campo, información de artículos científicos y registros de herbario, se aplicó el protocolo conocido como “Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México (MER)” de la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010), que asigna un estatus de riesgo a cualquier especie silvestre a través de la valoración de los criterios: (A) Características de la distribución geográfica; (B) Características del hábitat; (C) Vulnerabilidad biológica intrínseca; y (D) Impacto de la actividad humana. Cada uno de los criterios tiene un valor máximo 1. Las categorías derivadas de este método de evaluación de riesgo son: En Peligro de Extinción (P = mayor o igual a 2 puntos), Amenazada (A = mayor que 1.7 y menor que 2), Sujetas a Protección Especial (Pr = mayor o igual que 1.5 y menor que 1.7).

5. RESULTADOS

Especies y Unidades Ambientales

Las especies registradas y cotejadas para la región de estudio son: *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegees y *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram. (Figura 2A a 10A), que se distribuyen únicamente en cuatro de las seis Unidades Ambientales (UA) diferenciadas (Figura 1.1). Las variables que definen las unidades ambientales son temperatura, precipitación y elevación, y en las que se distribuyen las especies de *Jatropha* se caracterizan por presentar temperatura mínima superior a 0 °C, precipitaciones por arriba de 200 mm y elevaciones inferiores a 2500 m. En la UA2 se distribuye *J. oaxacana*, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii*; en la UA3 *J. rufescens*, *J. ciliata*, *J. oaxacana*, *J. neopauciflora*, *J. rzedowskii*; en la UA4, *J. rzedowskii*, *J. neopauciflora*; en la UA5 *J. rzedowskii*, *J. neopauciflora* (Figura 1.1).

Se destaca que la UA3 es la más rica en especies de *Jatropha*, ya que ahí concurren las cinco especies, luego la UA2 que contiene a tres, y las UA4 y UA5 que solo contienen a dos, y las UA1 y UA6 carecen de representación para el género. En cuanto a las especies, *J. neopauciflora* y *J. rzedowski* son las más conspicuas, concurren de acuerdo con la Figura 1.1, en cuatro UA (2, 3, 4 y 5), *J. oaxacana* en dos (UA 2 y 3), mientras que *J. rufescens* así como *J. ciliata* son las más restringidas, ya que solo habitan en la UA3. Esta última especie se encontró en una zona de cultivo de la localidad, alejada de la comunidad vegetal donde se encontró el resto de las especies, por lo que aparecen 16 sitios de muestreo, en lugar de 15 como se indica en metodología (Figura 1.1).

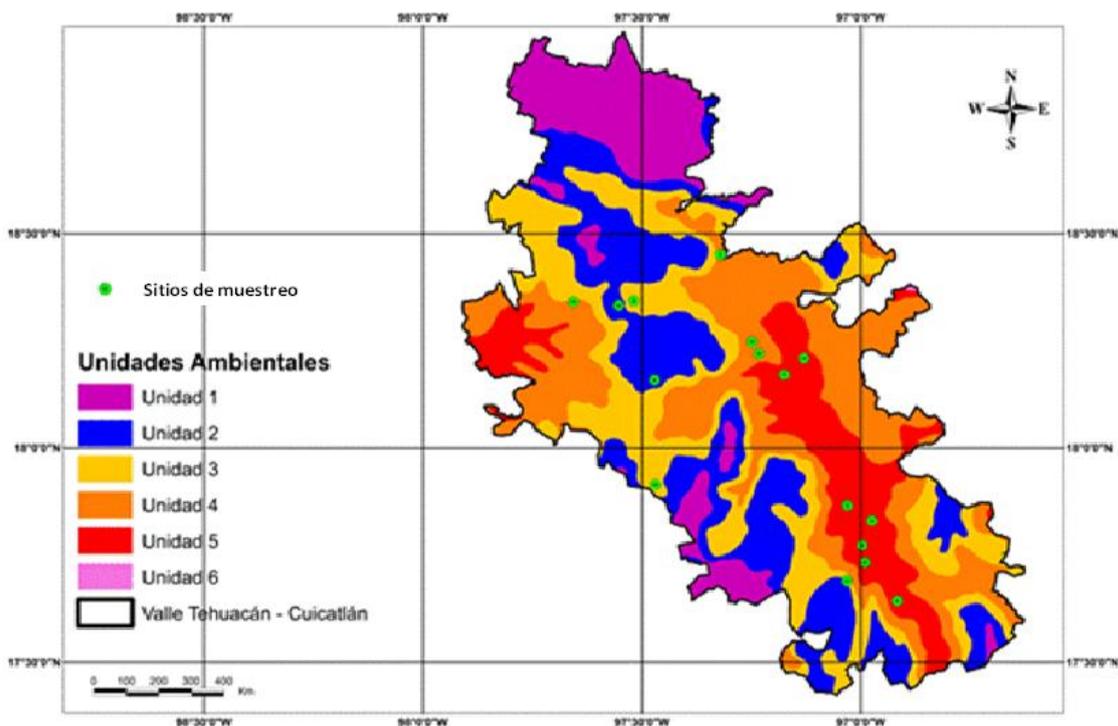


Figura 1.1. Unidades Ambientales (6), sitios de muestreo (16), en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Atributos Ecológicos

La riqueza de géneros en los puntos de muestreo varió de 16 a 42 (Cuadro 1.1). San Pedro Jaltepetongo-2 tiene la mayor riqueza de géneros (42) y especies de *Jatropha* (3), donde *J. rzedowskii* y *J. neopauciflora* son las más abundantes y de mayor

cobertura vegetal, comparado con *J. oaxacana* presente en el mismo sitio (Figura 1.2). Los sitios con menor riqueza de géneros (16, 21 y 21) y especies de *Jatropha* son La Mexicana, Santiago Domingullo y San Nicolás Tepoxtitlán, respectivamente (Figura 1.2). Las especies de mayor abundancia y cobertura vegetal en todos los sitios son *J. rzedowskii* y *J. neopauciflora*.

La vegetación acompañante, más abundante y persistente, en el Valle de Tehuacán y Zapotitlán, corresponde a matorral xerófito con predominio de los géneros *Agave*, *Mammillaria*, *Acacia*, *Mimosa*, *Parkinsonia* y *Baccharis*, mientras que en la región de la Cañada Oaxaqueña, la vegetación típica de la Selva Baja Caducifolia incluye abundantes ejemplares de *Bursera*, *Acacia*, *Agave*, *Opuntia* y *Mimosa*.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) fue calculado para todos los géneros; sin embargo, se presenta únicamente para el género *Jatropha* a nivel de especie (Cuadro 1.1). *J. neopauciflora* fue la más representada en la zona, mientras que *J. rufescens* sólo se registró en La Mexicana y *J. ciliata* en San Pedro Jaltepetongo-1 a orillas de cultivos dentro de la localidad, por lo cual no se calculó IVI ya que no se encuentra en una comunidad vegetal natural. El máximo y mínimo IVI fue registrado en San Nicolás Tepoxtitlán para *J. neopauciflora* (53.75 %) y *J. rzedowskii* (1.50 %), respectivamente.

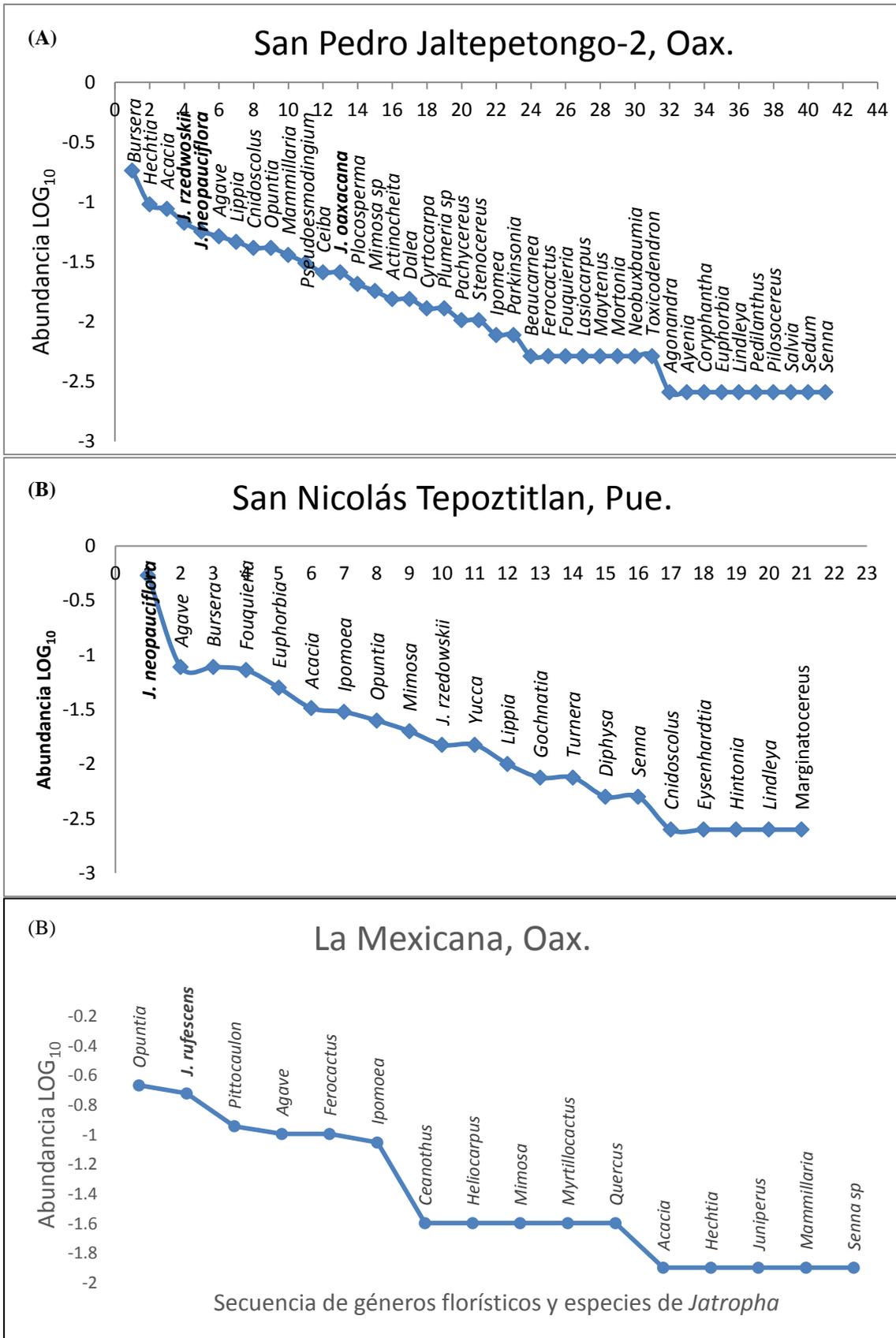


Figura 1.2. Curvas de Rango-Abundancia que muestran: a la comunidad vegetal más rica (A) San Pedro Jaltepetongo, Oaxaca, la de riqueza intermedia (B) San Nicolás Tepoztitlán, Puebla y la menos rica en especies (C) La Mexicana, Oaxaca.

Cuadro 1.1. Riqueza genérica e Índice de Valor de Importancia relativizado (IVI %) por especie de *Jatropha*.

Localidades	Riqueza de géneros	IVI <i>J.neopauciflora</i>	IVI <i>J.rzedowskii</i>	IVI <i>J.oaxacana</i>	IVI <i>J.rufescens</i>	<i>J. ciliata</i>
Santa Ana Teloxtoc	29	27.20	8.56	Ø	Ø	Ø
San Nicolás Tepoxtitlán	21	53.75	1.50	Ø	Ø	Ø
Zapotitlán de las Salinas	29	32.50	6.00	Ø	Ø	Ø
San Jerónimo Axochitlán	31	7.58	7.78	Ø	Ø	Ø
San José Axusco	24	2.04	14.8	Ø	Ø	Ø
San Rafael	36	15.26	9.92	Ø	Ø	Ø
San Pablo Tepetzingo	31	13.11	Ø	Ø	Ø	Ø
Caltepec	35	7.53	Ø	17.33	Ø	Ø
San Juan Bautista Cuicatlán	31	25.63	3.51	Ø	Ø	Ø
Casa Blanca	29	8.61	25.83	Ø	Ø	Ø
Santa María Tecomavaca	33	12.93	5.72	Ø	Ø	Ø
Valerio Trujano	32	19.91	20.91	Ø	Ø	Ø
Santiago Dominguillo	21	20.58	Ø	Ø	Ø	Ø
San Pedro Jaltepetongo-2	42	5.68	6.72	2.58	Ø	Ø
San Pedro Jaltepetongo-1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	X
La Mexicana	16	Ø	Ø	Ø	18.98	Ø

Ø Ausencia de registros de la especie; X Presencia de la especie

Disturbio

La perturbación en los sitios de muestreo y por consecuencia, de las comunidades vegetales donde habita *Jatropha*, es variable; el índice de disturbio fluctuó entre 0.22 y 0.82, con una media de 0.51 (Cuadro 1.2). Los sitios con mayor perturbación son Santiago Dominguillo, Santa Ana Teloxtoc, Zapotitlán de las Salinas y Caltepec, con ID superior a 0.7 (70 %), mientras que los sitios menos afectados son San

Rafael, San Pedro Jaltepetongo-2 y Santa María Tecomavaca, con ID inferior a 0.3 (30 %).

Cuadro 1.2. Índice de Disturbio (ID) calculado con indicadores de ganadería, actividades humanas y degradación de la tierra, para los sitios de muestreo.

Puebla	ID	Oaxaca	ID
Santa Ana Teloxtox	0.72	San Juan Bautista Cuicatlán	0.40
San Nicolás Tepoxtitlán	0.43	San Gabriel Casa Blanca	0.31
Zapotitlán de las Salinas	0.74	Santa María Tecomavaca	0.23
San Jerónimo Axochitlán	0.23	Valerio Trujano	0.38
San Jose Axusco	0.53	Santiago Domingullo	0.82
San Rafael	0.29	San Pedro Jaltepetongo-1	0.70
SanPabloTepetzingo	0.43	San Pedro Jaltepetongo-2	0.22
Caltepec	0.73	La Mexicana	0.53
Promedio±EE	0.51±0.20		0.44±0.21
Coficiente de variación	39%		50%

El análisis de Componentes Principales (ACP), indicó que los componentes 1 y 2 explican más de 60 % de la variación de disturbio total observado; el primer componente con un valor de 6.27 explica 48.27 % de la variación total y el componente 2 con un valor de 2.04 explica 15.74 %. En el componente uno las mayores cargas corresponden a ganadería, mientras que en el componente dos, a las variables de superficie de caminos humanos y extracción de leña (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3. Valores de carga de las variables por los dos primeros componentes principales.

VARIABLES	CP1	CP2
<i>Ganadería</i>		
Frecuencia de excremento de cabra (FREXCA)	0.3477	0.0009
Frecuencia de excremento de ganado (FREXGA)	0.3236	0.1310
Ramoneo (RAMO)	0.3568	-0.0616
Caminos del ganado (CAMGA)	0.3557	0.0018
Compactación del suelo (COSU)	0.2329	0.4037
<i>Actividades humanas</i>		
Extracción de leña (EXLE)	0.2545	0.3825
Senderos humanos (SEHU)	0.2049	-0.2071
Superficie de caminos humanos (SUCAHU)	0.0208	0.6169
Proximidad a asentamientos humanos (PRASHU)	0.2866	-0.0636
Contigüidad actividades humanas (COACHU)	0.1766	-0.0311
Cambio de uso de la tierra (USTI)	0.2823	0.1133
<i>Degradación de la tierra</i>		

Erosión (ERO)	0.2742	-0.3793
Presencia de suelo isla (ISLA)	0.3012	-0.2904

Por medio del ACP se definieron tres grupos (Figura 1.3), el primero integra a San Gabriel Casa Blanca, San Pedro Jaltepetongo, San Jerónimo Axochitlán y Santa María Tecomavaca, que presentan el menor índice de disturbio. El grupo dos lo integran San Pablo Tepetzingo, San José Axusco, La Mexicana, San Juan Bautista Cuicatlán, San Nicolás Tepoxtitlán y Valerio Trujano, con un índice de disturbio medio. En el grupo tres se encuentran Zapotitlán de las Salinas, Santa Ana Teloxtoc, Caltepec y Santiago Dominguillo, los sitios con mayor índice de disturbio.

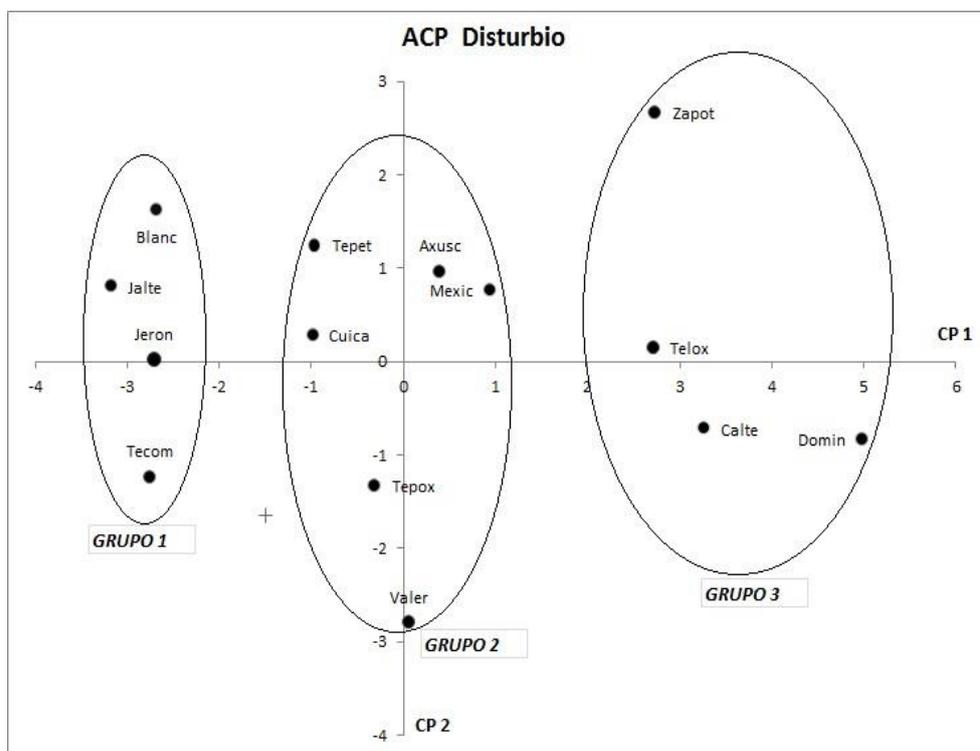


Figura 1.3. ACP de los principales agentes de disturbio en los sitios de muestreo. Grupo 1: Blanc=San Gabriel Casa Blanca, Jalte=San Pedro Jaltepetongo, Jeron=San Jerónimo Axochitán, Tecom=Santa María Tecomavaca; Grupo 2: Tepet=San Pablo Tepetzingo, Axusc=San José Axusco, Mexic=La Mexicana, Cuica=San Juan Bautista Cuicatlán, Tepox=San Nicolás Tepoxtitlán, Valer=Valerio Trujano; Grupo 3: Zapot= Zapotitlán de las Salinas, Telox=Santa Ana Teloxtoc, Calte=Caltepec, Domin= Santiago Dominguillo.

Estado de conservación de las poblaciones de *Jatropha*

La suma de los valores obtenidos de los cuatro criterios del método de evaluación de riesgo (MER) varió de 0.76 a 2.19 (Cuadro 1.4). De acuerdo con las categorías de riesgo

establecidas por este método, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* no se considerarían sujetas a protección; sin embargo, *J. oaxacana*, requiere protección especial y *J. ciliata* y *J. rufescens* se encuentran en peligro de extinción.

Cuadro 1.4. Categoría de riesgo para las especies de *Jatropha* mediante los criterios del MER, NOM-059-ECOL-2010.

CRITERIOS	ESPECIES EVALUADAS				
	<i>J. neopauciflora</i>	<i>J. rzedowskii</i>	<i>J. oaxacana</i>	<i>J. ciliata</i>	<i>J. rufescens</i>
A. Características de la distribución geográfica	0.36	0.45	0.73	0.82	0.82
B. Características del hábitat	0.22	0.22	0.44	0.44	0.78
C. Vulnerabilidad biológica intrínseca	0.17	0.17	0.30	0.43	0.39
D. Impacto de la actividad humana	0.00	0.10	0.10	0.50	0.20
Suma	0.76	0.95	1.58	2.20	2.19
CATEGORIA	Ninguna	Ninguna	Sujeta a Protección Especial (Pr)	En Peligro de Extinción (P)	En Peligro de Extinción (P)

6. DISCUSIÓN

Las cinco especies de *Jatropha* registradas en el presente estudio, ya habían sido corroboradas previamente (Hernández-Nicolás y Córdova-Téllez, 2012) y coinciden con las especies reportadas por Jiménez (en prensa) para esta región, a excepción de *Jatropha andreuxii* Müll. Arg., cuya distribución comienza en la Sierra Mixteca, aledaña a la zona de estudio. Sin embargo, estos resultados contrastan con lo citado por Fresno-Ramírez y Orozco-Ramírez (2013) y Córdova-Téllez *et al.* (en prensa), quienes para la misma zona estiman una riqueza de 6 a 11 especies resultantes de analizar la información disponible en diversos herbarios; la diferencia señalada en el número de especies de *Jatropha* se atribuye a sinonimias, posibles errores en la identificación del ejemplar y la potencial pérdida, fragmentación o modificación del hábitat, en donde posiblemente antes existieron las especies actualmente ausentes, pues en algunos casos la información es de hace más de 50 años; estos diferendos resaltan la

importancia de reinventariar la riqueza de especies y estimar el estado de conservación y riesgo de las especies de *Jatropha*.

La distribución de las especies de *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán está relacionada principalmente con elevación, temperatura y precipitación. Las características particulares que definieron las Unidades Ambientales de distribución de *Jatropha* fueron temperatura mínima superior a 0 °C, precipitación mayor a 200 mm anuales y elevación inferior a 2500 m; lo que coinciden con Govaerts *et al.* (2012), quienes mencionan que el género *Jatropha* se distribuye en regiones cálidas o tropicales secas. Jiménez (en prensa) identifica a las cinco especies de *Jatropha* (*ciliata*, *oaxacana*, *neopauciflora*, *rzedowski* y *rufescens*) en las comunidades vegetales de Bosque Tropical Caducifolio, Matorral Xerófilo y Bosque de Pino Encino, en elevaciones entre los 900 a 2200 m, estas características coinciden con las variables que definen las cuatro UA en donde se encontraron distribuidas las especies de *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, en contraste con las unidades uno y seis con climas más templados y húmedo, vegetación predominante de Bosque Pino, Encino, Tásate y Selva Alta perennifolia.

J. ciliata fue registrada a una elevación de 1708 m, clima semicálido, localizándose a orillas de terrenos de cultivo, denotando la vulnerabilidad de su persistencia. Rodríguez-Acosta *et al.* (2009), señalaron que a *J. ciliata* no la encontraron de forma silvestre pero sí en ejemplares herborizados del oriente de Puebla, colectados en bosque tropical caducifolio, entre 1050 y 2220 msnm, y Jiménez (en prensa) también describe a esta especie asociada a sitios cercanos a los poblados; por lo tanto, podría considerarse que *J. ciliata* tiene hábito viario más que silvestre, por lo que vive asociada a caminos, o en sitios diversos modificados por el hombre, donde se anticipa, que su variación genética y poder de adaptación se estaría vulnerando.

Por otro lado *J. rufescens* habita de forma silvestre en un ecotono de Matorral Xerófilo y Bosque Esclerófilo Caducifolio, en lomeríos, cerriles y terrenos escarpados; dicha condición relacionada con el relieve y sequía, posiblemente limitan la amplitud ecológica de su distribución. El grado de disturbio presente en el sitio fue moderado, causado principalmente por la actividad ganadera, extracción de leña y presencia de caminos.

J. oaxacana se registró en clima templado con temperatura entre 18 y 22°C, precipitación anual de 400 y 800 mm, y elevación entre 1500 y 2000 m, en bosque tropical caducifolio. También existe en Matorral Xerófilo y Bosque de Encino (mismo Bosque Esclerófilo Caducifolio). La amplitud de sitios con estas características es alta en la Reserva y no concuerda con la escasa distribución, indicativo de que otros factores están influyendo en la presencia de la especie.

Las especies con mayor presencia en la región de estudio son *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii*, en hábitats de clima semejantes al caso anterior y mayor amplitud topográfica, desde los 700 m de altitud. La vegetación dominante sigue siendo de matorral xerófilo y bosque tropical caducifolio, lo cual concuerda con lo descrito por Jiménez (en prensa). *J. neopauciflora* por su ubicua presencia, además de otras cualidades, es la única especie del género citada en la guía ecoturística de Tehuacán-Cuicatlán (Téllez-Valdés *et al.*, 2008).

La mayor riqueza de géneros y especies de *Jatropha* registradas en San Pedro Jaltepetongo es resultado de la heterogeneidad ambiental y baja intensidad de disturbio. En contraste, la reducida riqueza en Santiago Dominguillo corresponde con el alto grado de disturbio y en San Nicolás Tepoztitlán por la errática precipitación.

Los géneros que dominan la comunidad vegetal en el Valle de Tehuacán y Zapotitlán son característicos de matorral xerófilo, mientras que en la Cañada

Oaxaqueña, corresponden con los del bosque tropical caducifolio, aunque Meave *et al.* (2012) señalan que fisonómicamente, son dominantes las tetecheras, comunidades de cactáceas columnares.

En Zapotitlán, *J. neopauciflora* fue citada como única especie del género (Arias-Toledo *et al.*, 2000), mientras que en este estudio también se registró a *J. rzedowskii*. Brena-Bustamante (2012) señala la presencia de *J. neopauciflora* y *J. rzedowski* en San Rafael, Pue., acorde a este estudio, y señaló la presencia de *J. rzedowski* en Casa Blanca, Oax., especie que no fue detectada con este estudio, además localizó a *J. neopauciflora*. La variación observada entre resultados de los diferentes autores indica la importancia de la contribución del presente trabajo, para el conocimiento de la distribución y riqueza genética del género *Jatropha* en la zona.

En lo referente al IVI, el valor máximo observado en *J. neopauciflora* se obtuvo en San Nicolás Tepoxtitlán, lo que indica la importancia en la comunidad vegetal, posiblemente favorecida por las condiciones actuales de sucesión secundaria, generada después de un largo periodo de sobrepastoreo; condiciones que no favorecen a todas las especies ya que en este sitio también fue registrado el menor IVI para *J. rzedowskii*. El IVI registrado en *J. rufescens* la coloca como componente importante de la comunidad vegetal en el único sitio de registro, pero no se puede considerar endémica, como lo señala Méndez-Larios *et al.* (2004), ya que si existen otros registros de herbario en Puebla, Jalisco, Colima y Guerrero (Tropicos, 2013).

En cuanto a *J. ciliata* fue ubicada en un sitio con alta actividad humana y no de manera silvestre, tal como lo señala Jiménez (en prensa); adicionalmente, durante el estudio se observó que *J. ciliata* presenta floración aunque nula fructificación, lo que implica limitada reproducción y muy seguramente, reducción de la variación genética, cuestión que falta comprobar.

Es importante destacar que *J. neopauciflora* (Pue), *J. rufescens* (Pue) y *J. rzedowskii* (Oax, Pue) son consideradas endémicas para la región Tehuacán-Cuicatlán (Arias-Toledo *et al.*, 2000; Méndez-Larios *et al.*, 2004), el presente estudio ratifica el endemismo de *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* a escala nacional, pero a escala local, tienen amplia distribución en ambos estados; *J. rufescens*, por los resultados ecológicos se identifica como especie rara, aunque se localiza en otros estados del país, por lo que es necesario verificar la escasez poblacional para sustentar con mayor certeza el estatus de riesgo de la especie.

El disturbio cuantificado se debió principalmente a actividades humanas, entre ellas, la ganadería. De acuerdo con Martorell y Peters (2005), en el Valle de Tehuacán existen cargas positivas y elevadas en los agentes de disturbio.

El estado de conservación de las poblaciones de *Jatropha* sp. difiere entre especies. Los resultados del MER indican que *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* no entran en ninguna categoría de protección especial. No obstante *J. oaxacana* es considerada bajo protección especial (Pr), *J. ciliata* y *J. rufescens* en peligro de extinción (P), siendo estas últimas las más vulnerables, principalmente por el criterio “A” que se refiere a la distribución del taxón y el “B” sobre las características del hábitat, pero aún falta mucha información sobre todo en lo concerniente al criterio C que refiere la vulnerabilidad biológica intrínseca, para ratificar el estatus aquí asignado. Es importante destacar que ninguna de estas especies se encuentra actualmente en la NOM-059-ECOL-2010.

Aunque algunos aspectos del MER son vulnerables y subjetivos, el método facilita la toma de decisiones y permite la generación de hipótesis a probar en futuros estudios (Olson *et al.*, 2005). Los resultados aquí descritos sobre la distribución y estado actual de las especies de *Jatropha*, nos proporcionan el diagnóstico base, para continuar

con la elección de estrategias de conservación, y determinación de las especies prioritarias para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México.

7. CONCLUSIONES

La riqueza de géneros presentes en la zona de estudio varió en los diferentes puntos de muestreo, donde el género *Jatropha* es dominante en la estructura de la comunidad vegetal, e integra a *J. rzedowskii*, *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, *J. ciliata* y *J. rufescens*, de las cuales, las dos primeras son las de mayor valor de importancia, mientras que las dos últimas son las de menor importancia ecológica en términos del análisis de comunidades vegetales.

La distribución actual de las especies de *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán está relacionada principalmente con variables de elevación, temperatura y precipitación.

El estado de conservación de las comunidades donde habitan las poblaciones de *Jatropha* sp. es moderado, de regular condición de acuerdo con el índice de disturbio. Los principales factores que afectan a los hábitats de *Jatropha* son la actividad ganadera y humana, lo que se ve reflejado en comunidades vegetales de menor riqueza de géneros y especies. Las poblaciones de las especies *J. oaxacana*, *J. ciliata* y *J. rufescens*, son las más vulnerables, y las dos últimas se ubicaron en la categoría de Peligro de Extinción (P) principalmente por su escasa distribución y condiciones de hábitat, por lo cual es indispensable estudiar a fondo estas especies y dar seguimiento a las poblaciones actuales.

8. LITERATURA CITADA

Anderson, E.F. 1990. Succulent plant conservation studies and training in Mexico: Stage 1, Part 2, and Stage 2. World Wildlife Found, US. Internal report.

Arias-Toledo, A. A., M. T. Valverde-Valdés, y J. Reyes-Santiago. 2000. Las plantas de la Región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología UNAM, 80p.

- Barredo C., J. 1996. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio. Editorial RA-MA. Madrid, España. 264 p.
- Begon M., Townsend C. R., Harper J. L. 2006. Ecology. From Individuals to Ecosystems. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Boege, E. 2002. Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina. Instituto Nacional Indigenista (INI), Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe, México 68 p.
- Brena-Bustamante, P. 2012. El aprovechamiento en la estructura poblacional de *Agave kerchovei* Lem., en Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco Estado de México. 97p.
- Byers, D.S., 1967. The Prehistory of the Tehuacan Valley. University of Texas Press, Austin, Vol. 1, 331 p.
- CONABIO. 2013. Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Consultado en Julio 2013.
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>
- Córdova-Téllez L., E. Bautista R., A. Zamarripa C., J. A. Rivera L., A. Pérez V., O. M. Sánchez S., J. Martínez H., y J. A. Cuevas S. S/A. Diagnóstico y Plan Estratégico de *Jatropha* spp. en México. Red de *Jatropha*, Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos, SAGARPA. En prensa.
- Cottam G. y J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3):451- 460. URL <http://www.jstor.org/stable/1930167>.
- Dávila-Aranda, P. y R. Lira-Saade. 2002. La flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. T015. México, D. F.
- Dehgan B. 2012. *Jatropha* (Euphorbiaceae), Flora Neotropical Monograph 110. The New York Botanical Garden Press, New York, USA.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 1998. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, a la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, México, D. F., viernes 18 de septiembre de 1998, pp. 8-20. Consultado en Enero 2014. <http://tehuacan-cuicatlan.conanp.gob.mx/docs/Tehuacan.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF-segunda sección, 30 de Diciembre 2010, 1-78. Consultado en Enero del 2014.

http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

- Díaz S. J., y J. L. Blanco. 2000. Evaluación del potencial para acuicultura costera de camarón en el entorno de la laguna de Mar Muerto, mediante la aplicación de técnicas de análisis multicriterio con un SIG. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, México*.41: 62-80.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing Field Studies For Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Island, Washington, D. C. 212 p.
- Fresnedo-Ramírez, J., y Q. Orozco-Ramírez. 2013. Diversity and distribution of genus *Jatropha* in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60:1087–1104.
- García, E. 1998. "Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García)". Mapa Escala 1:1 000 000. México. D. F.
- Govaerts R, Frodin DG, Radcliffe-Smith A, Carter S. 2012. *World Checklist and Bibliography of Euphorbiaceae (with Pandaceae)*. Vol 4. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, UK.
- Gregory M. 2013. Welcome to the biology web. Ecology. Point-quarter method. Heady, H.F., Child, R.D., 1994. *Rangeland Ecology and Management*. Westview, Boulder.
- Hernández-Nicolás, N.Y., y L. Córdova-Téllez. 2012. Diversidad de *Jatropha spp.* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Resumen de carteles de la Primer feria de la agrobiodiversidad y agroproductos, SINAREFI. <http://snics.sagarpa.gob.mx>
- Hunt, D., 1999. *CITES Cactaceae Checklist, second edition* Royal Botanical Gardens, Kew.
- Jiménez R., J. S/A. *Jatropha*. Euphorbiaceae. Subfamilia Crotonoideae. En Medina L.R. (ed.). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología UNAM. En prensa.
- Martínez G., M., J. Jiménez R., R. Cruz D., Juárez A., R. García, A. Cervantes y H.R. Mejía. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 73(2): 155–281.
- Martorell, C. and E. M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 199-207.
- Meave, J. A., M. A. Romero-Romero, S. H. Salas-Morales, E. A. Pérez-García, and J. A. Gallardo-Cruz. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* 21 (1-2): 85-100.
- Méndez-Larios, I., E. Ortiz, y J. L. Villaseñor. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán,

- México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75(1): 87-104.
- Miller G., T. 1994. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México. 867 p.
- Mitchell, K. 2007. Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. <http://arxiv.org/pdf/1010.3303.pdf>
- Murray, S.1988. Estadística. Segunda Edición. Editorial McGraw Hill. Madrid, España.
- Olson, M. E., J. A. Lomelí y N. I. Cacho. 2005. Extinction threat in the *Pedilanthus* clade (Euphorbia, Euphorbiaceae), with special reference to the recently rediscovered *E. conzattii* (*P. pulchellus*). American Journal of Botany 92:634-641.
- Organization of American States (OAS). 1987. Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas de los Ríos San Miguel y Putumayo. Diagnóstico Regional. Comisión Mixta de Cooperación Amazónica - Ecuatoriano – Colombiana. Organization of American States - Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales.
- Ouinsavi, C., and N. Sokpon. 2010. Morphological Variation and Ecological Structure of Iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) Populations Across Different Biogeographical Zones in Benin. International Journal of Forestry Research 2010: 1-10.
- Rodríguez-Acosta, M., K. Vega-Flores, V. H. Gante-Cabrera, y J. Jiménez-Ramírez. 2009. Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla, México. Polibotánica 28: 37-48.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide, Software version 9.0. Cary, N.C. USA. 4424 p.
- Téllez-Valdés, O., M. Reyes C., P. Dávila A., K. Gutiérrez G., O. Téllez P., R. Álvarez E., A. González R., I. Rosas R., M. Ayala R., M. Hernández M., M. Murguía R., U. Guzmán C. 2008. Guía Ecoturística: Las plantas del Valle de Tehuacán-Cuicatán. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM, 54p. www.kew.org/ucm/groups/public/documents/.../kppcont_035786.pdf
- Trópicos.org 2014. Missouri Botanical Garden. Consultado el 26 Feb 2014 <http://www.tropicos.org>
- Wilson, P. J., and J. Provan. 2003. Effect of habitat fragmentation on levels and patterns of genetic diversity in natural populations of the peat moss *Polytrichum commune*. Proceedings of the Royal Society B 270: (1517) 881–886.

CAPITULO II. VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN POBLACIONES DE *Jatropha* (Euphorbiaceae), EN TEHUACÁN-CUICATLÁN, MÉXICO.

1. RESUMEN

La variación morfológica es aparentemente el resultado de una respuesta adaptativa a cambios en el ambiente o alteraciones de las condiciones climáticas. El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una región con amplia diversidad y endemismos para varias especies, favorecido por la posición geográfica, relieve, clima y aislamiento geográfico; que además, tiene una larga historia de ocupación humana. Es factible que estos factores estén influyendo en la estructura morfológica de las poblaciones de *Jatropha*. En el presente trabajo se cuantificó la variación morfológica de poblaciones de *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegey y *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram., en la Reserva de la Biofera Tehuacán-Cuicatlán durante el 2012. Se evaluaron 10 variables morfológicas cualitativas y 12 cuantitativas en 24 poblaciones de cinco especies de *Jatropha*. Se utilizaron 14 variables ambientales y se estimó el Índice de Disturbio (ID) en los sitios donde se encuentran las poblaciones. Esta información se analizó a través de Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis de conglomerados y Análisis Canónico de Correspondencias (ACC). El ACP para los caracteres morfológicos detectó variación interespecífica, formando dos grupos en el componente uno, el primero por las poblaciones de *J. ciliata* y *J. rufescens* y el segundo por *J. neopauciflora*, *J. oaxacana* y *J. rzedowskii*; las variables que definen estos grupos son longitud de peciolo, largo y ancho de la hoja; mientras que en el componente dos *J. ciliata* y *J. rufescens* se separan principalmente por el de número de semillas. Existe variación morfológica entre las poblaciones de *Jatropha* de las especies *J. neopauciflora* y *J. rzedowski*, que se define principalmente por el tamaño de la hoja, del

fruto y el número de semillas. El ACC mostró una correlación de 0.947 en el eje 1 y de 0.714 en el eje 2, para factores físicos-variables morfológicas, con un nivel de significancia de $p=0.10$. El eje 1 se correlacionó positivamente con la altitud (0.534) y amplitud de temperatura anual (0.417) y, negativamente, con la temperatura media anual (-0.507), por tanto, éstos son los factores que afectan significativamente la variación morfológica de las poblaciones de *Jatropha*. Estos resultados muestran que la variación morfológica en las poblaciones de *Jatropha* se asocia con las condiciones ambientales, la geografía y la identidad taxonómica. El índice de disturbio, aunque en algunos sitios es alto, no influye en la distribución, abundancia y variación de las especies.

Palabras clave: variación morfológica, variables ambientales, fragmentación, *Jatropha*

2. ABSTRACT

The morphological variation is apparently the result of an adaptive response to changes in the environment or changes in climatic conditions. The Tehuacan-Cuicatlan Valley is a region of wide diversity and endemism for several species, especially due by the geographic position, relief, climate, and geographical isolation; that in addition, it has a long history of human occupation. It is possible that these factors are influencing the morphological structure of the *Jatropha* populations. In the present work the morphological variation of populations of *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., *Jatropha neopauciflora* Pax, *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *Jatropha rufescens* Brandegees and *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram. was quantified in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere reserve during 2012. Ten qualitative morphological variables and 12 quantitative morphological variables were measured in 24 populations of five species of *Jatropha*. Besides, 14 environmental variables and the disturbance index (DI) were quantified in the locations where the populations are located. The data was subjected to a principal component analysis (PCA), cluster analysis and correspondence canonical analysis (CCA). The PCA for morphological characters detected intraspecies variation, with the establishment of two groups in the first component, the first one integrated by populations of *J. ciliata* and *J. rufescens*, and the second one by *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, and *J. rzedowskii*. The variables that define these groups are length of petiole and length and width of the leaf. In the second component, mainly the number of seeds separates *J. ciliata* and *J. rufescens*. There is morphological variation among the populations of *J. neopauciflora* and *J. rzedowskii*, primarily in leaf, fruit, and seed number size. The CCA showed a correlation of 0.947 in axis 1 and of 0.714 in axis 2 for physical factors-morphological variables, with a significance level of $p = 0.10$. Axis 1 was positively correlated with altitude (0.534) and

annual range temperature (0.417), and negatively, with average annual temperature (-0.507), therefore, these factors significantly affect the morphological variation of the *Jatropha* populations. These results show that morphological variation in the *Jatropha* populations is associated with environmental conditions, geography, and taxonomic identity. The disturbance index, although in some places is high, does not affect the distribution, abundance, and variation of the species.

Key words: morphological variation, environmental variables, fragmentation, *Jatropha*

3. INTRODUCCIÓN

La pérdida y fragmentación del hábitat se produce de forma natural, por cambios en la composición del paisaje a través del tiempo (Wiegand *et al.*, 2005), aunque recientemente y a causa de las actividades humanas, las modificaciones al paisaje han ido en aumento y con ello la extinción de especies (Huxel y Hastings, 1999). La fragmentación llega a tener efectos deletéreos sobre la diversidad genética dentro de una especie, por la disminución en los niveles de flujo de genes, particularmente cuando los individuos o poblaciones se encuentran distantes. Si las poblaciones se vuelven muy pequeñas y aisladas, e incapaces de adaptarse a los cambios de su entorno, correrán el riesgo de extinción (Wilson y Provan, 2003).

Cambios menos drásticos suceden cuando las adaptaciones de las especies a los cambios en la estructura y función de los ecosistemas, pueden producir modificaciones en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, lo que resultaría con el tiempo, en el desarrollo de ecotipos.

Varios estudios han indicado que la variación morfológica es aparentemente el resultado de una respuesta adaptativa a cambios en el ambiente, como ejemplo, la variación en las características de crecimiento y los rasgos fenológicos pueden estar asociados con una franja de latitud y de altitud (Kleinschmit, 1993; Beaulieu *et al.*, 2004) o con alteraciones de las condiciones climáticas (Bruschi *et al.*, 2003).

El género *Jatropha* es de los más diversos de la familia Euphorbiaceae con un aproximado de 175 especies y con amplia distribución principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Webster, 1994). En México el género se encuentra representado con 45 especies, de las cuales 77 % son endémicas de selvas bajas y matorrales xerófilos (Martínez *et al.*, 2002).

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una región con amplia riqueza de especies del género *Jatropha* (Córdova-Téllez *et al.*, en prensa), esta zona se distingue por un alto grado de diversidad y endemismos, los cuales parecen haber sido favorecidos por la posición fitogeográfica del área, su relieve y sus condiciones climáticas, así como por el aislamiento geográfico de la zona, el cual podría haberse originado desde el Plioceno cuando apareció el Eje Neovolcánico Transversal (Rzedowski, 1988).

Esa área también tiene una larga historia de ocupación humana (Byers, 1967), y una población rural cuyas principales actividades son la ganadería extensiva, agricultura y extracción de productos de recolección forestales no maderables. Estas actividades han dado como resultado la transformación del paisaje en un complejo mosaico de parches de vegetación natural fragmentada bajo diferentes formas de uso de la tierra (Anderson, 1990).

Es factible que los factores expuestos con antelación estén influyendo en la estructura morfológica de las poblaciones de *Jatropha*, por lo cual, el presente trabajo tuvo como objetivo verificar si hay variación morfológica en diversas poblaciones de cinco especies de *Jatropha* que se distribuyen en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. La hipótesis anticipada fue comprobar que los patrones de variación morfológica de dichas poblaciones, están determinados por factores ambientales y por el disturbio causado en los sitios.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y poblaciones de muestreo

La región de estudio corresponde a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, que se encuentra en el sureste del estado de Puebla y noreste de Oaxaca, entre los paralelos 17°32'24.00" y 18°52'55.20" de latitud norte y los meridianos 96°59'24.00" y 97°48' 43.20" de longitud oeste, altitud de 200 a 3,500 msnm, donde

predomina un ambiente semiárido, con presencia de matorrales xerófilos y selva baja caducifolia de bosque espinoso, bosque de encino, bosque de pino-encino y pastizal (DOF,1998). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1990), el clima es cálido semi-desértico BS₀hw" (w)(e)(g), con temperatura y precipitación media anual de 21 °C y 380 mm.

En 15 localidades de la región de estudio se ubicaron 24 poblaciones silvestres de *Jatropha*, de las cuales 13 corresponden a *Jatropha neopauciflora* Pax y ocho a *Jatropha rzedowskii* J. Jiménez Ram, por ser las de mayor distribución y solo se ubicó una población de *Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv., una de *Jatropha oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, y otra población para *Jatropha rufescens* Brandegee; las últimas dos especies fueron catalogadas en peligro de extinción, de acuerdo con el resultado del Capítulo I del presente estudio. De cada población se seleccionaron cinco plantas, en cada una de las cuales se recolectaron cinco hojas maduras, cinco flores y cinco frutos; el material botánico se colocó en solución GAA (Glicerol, agua destilada y alcohol, en proporción 1:1:1) y se transportó al laboratorio (Figura 12A).

Variables evaluadas

Variables morfológicas: En las estructuras recolectadas se midieron las siguientes variables cualitativas y cuantitativas: hoja madura [largo (LAHO), ancho (ANHO), forma, número de lóbulos foliares (LOHO), forma de la base, forma del borde, pubescencia y pigmentación por antocianinas]; peciolo en hoja madura [longitud (LOPE), pubescencia, pigmentación]; inflorescencia [longitud (LOFL), pubescencia, sexo, longitud de peciolo de flor masculina (LPFM) y femenina (LPFF)]; fruto [grosor de pericarpio (GRPE), número de semillas (NSEM), largo (LOFR), ancho (ANFR), relación largo/ancho (RLAF) y forma del fruto].

Variables ambientales: Para evaluar la influencia de los factores ambientales en la variación morfológica de las poblaciones de *Jatropha*, se obtuvo información climática de la base de datos WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), y de suelo, substrato, elevación, relieve, y vegetación de CONABIO (2013).

Índice de Disturbio (ID): Se calculó en los distintos sitios donde se encuentran las poblaciones de *Jatropha* por el método de Martorell y Peters (2005), que consiste en medir la intensidad de disturbio, mediante 15 indicadores agrupados en tres rubros: ganadería, actividades humanas y degradación de la tierra. Se calculó el índice de disturbio (ID) con la frecuencia relativa de cada uno de los indicadores y la suma total de éstos; el índice se acota entre 0 y 1 (nulo a máximo disturbio).

Análisis de datos

La información se concentró en hojas de cálculo en Microsoft Excel, con la cual se efectuaron los siguientes análisis:

Componentes principales (ACP), para evaluar la influencia de las variables cuantitativas en la diferenciación morfológica intra e interespecífica de *Jatropha*. Inicialmente, se estandarizó la matriz básica de datos formada por 24 poblaciones y 12 variables morfológicas; luego se calculó el coeficiente de correlación entre caracteres. La matriz obtenida se sometió al procedimiento de ordenación para obtener los vectores y valores característicos en tres dimensiones o componentes principales. Enseguida se elaboró una gráfica para describir las relaciones entre las unidades de estudio (poblaciones) en un espacio bidimensional formado por el primero y segundo componentes.

Análisis de conglomerados, para evaluar la semejanza morfológica de las poblaciones de *Jatropha*. En este caso, se calculó una matriz de disimilitud entre poblaciones con el Coeficiente de Sorensen; a la matriz resultante se le aplicó un

análisis de conglomerados mediante ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada (UPGMA, por sus siglas en inglés) y el agrupamiento derivado de este análisis se representó en un dendrograma.

Análisis canónico de correspondencias (ACC), el cual se efectuó para evaluar la influencia de los factores climáticos en la variación morfológica de las especies de *Jatropha*. Previo a lo anterior, se efectuó un análisis de componentes principales para seleccionar entre las 14 variables del clima y el índice de disturbio (Índice dis), aquellas que diferenciarían a las áreas de estudio: temperatura media anual (TemMedAn), temperatura media del trimestre húmedo (TeMeTrHúm), Temperatura media del trimestre seco (TeMeTrSe), temperatura media del trimestre cálido (TeMeTrCa), temperatura media del trimestre frío (TeMeTrFr), precipitación del trimestre cálido (PreTriCa), rango o amplitud de temperatura anual (RanTemAn), precipitación anual (PreAnu), Precipitación del Trimestre Húmedo (PreTriHu), y precipitación del trimestre seco (PrecTriSe), suelos, relieve, vegetación. El ACP seleccionó a los siguientes factores: altitud, temperatura media anual, rango de temperatura anual, precipitación anual, precipitación del trimestre cálido e índice de disturbio (Cuadro 3), que fueron considerados para el ACC.

El ACC requirió de dos matrices de datos, la primera se elaboró con 24 poblaciones y 6 variables morfológicas (LAHO, ANHO, LOPE, NSEM, LOFR, ANFR); y la segunda se conformó de 24 poblaciones y las 5 variables ambientales ya referidas. Los análisis de componentes principales, conglomerados y canónicos de correspondencia se efectuaron con el programa PC-ORD versión 6.0 (McCune y Mefford, 2011). Nótese que sólo se consideran las variables cuantitativas, ya que las cualitativas no son adecuadas para este tipo de análisis, por lo cual solo se usaron para completar la descripción morfológica de las especies.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes principales para variables morfológicas

El análisis de componentes principales para los caracteres morfológicos evaluados detectó variación morfológica intra e interespecífica. Los dos primeros componentes explican 43.2 y 30.2 % de la variación total observada, respectivamente (Cuadro 2.1). En el CP1 las variables largo de hoja (LAHO), ancho de hoja (ANHO) y longitud de peciolo (LOPE) contribuyeron mayormente a la variación explicada, mientras que en el CP2 fueron número de semillas (NSEM), longitud de fruto (LOFR) y ancho de fruto (ANFR) (Cuadro 2.1). El alto porcentaje de la variación explicada (73.4 %) en los dos primeros componentes, permite considerar que este análisis refleja una interpretación bastante aceptable de la variación entre las poblaciones estudiadas (Pla, 1986).

Cuadro 2.1. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes de 24 poblaciones de *Jatropha*, variación morfológica.

Variable	CP1	CP2
LAHO	-0.9682	-0.1288
ANHO	-0.9718	-0.1476
LOHO	-0.7881	0.4713
LOPE	-0.9465	-0.1224
LOFL	-0.7896	0.4911
LPFM	-0.0469	0.429
LPFF	-0.742	-0.6156
GRPE	-0.0126	-0.4969
NSEM	-0.1941	-0.9009
LOFR	0.2843	-0.8669
ANFR	-0.1707	-0.8329
RLAF	0.6814	-0.203
Valor propio	5.18	3.62
Varianza explicada	43.2%	30.2%

La dispersión de las poblaciones en el plano de los dos primeros CP muestra dos grupos formados por las variables que éstos representan (Figura 2.1). En el componente 1 se diferencian las únicas poblaciones de *J. ciliata* y *J. rufescens*, que se caracterizan

por presentar hojas y pecíolo de mayor tamaño y mayor número de semillas en el caso de *J. rufescens*; el componente 2 diferencia notablemente a *J. ciliata* de *J. rufescens* y se observa la tendencia de diferenciación entre las poblaciones *J. rzedwoskii* y *J. oaxacana* respecto de *J. neopauciflora*, la cual presenta frutos más grandes y con mayor número de semillas.

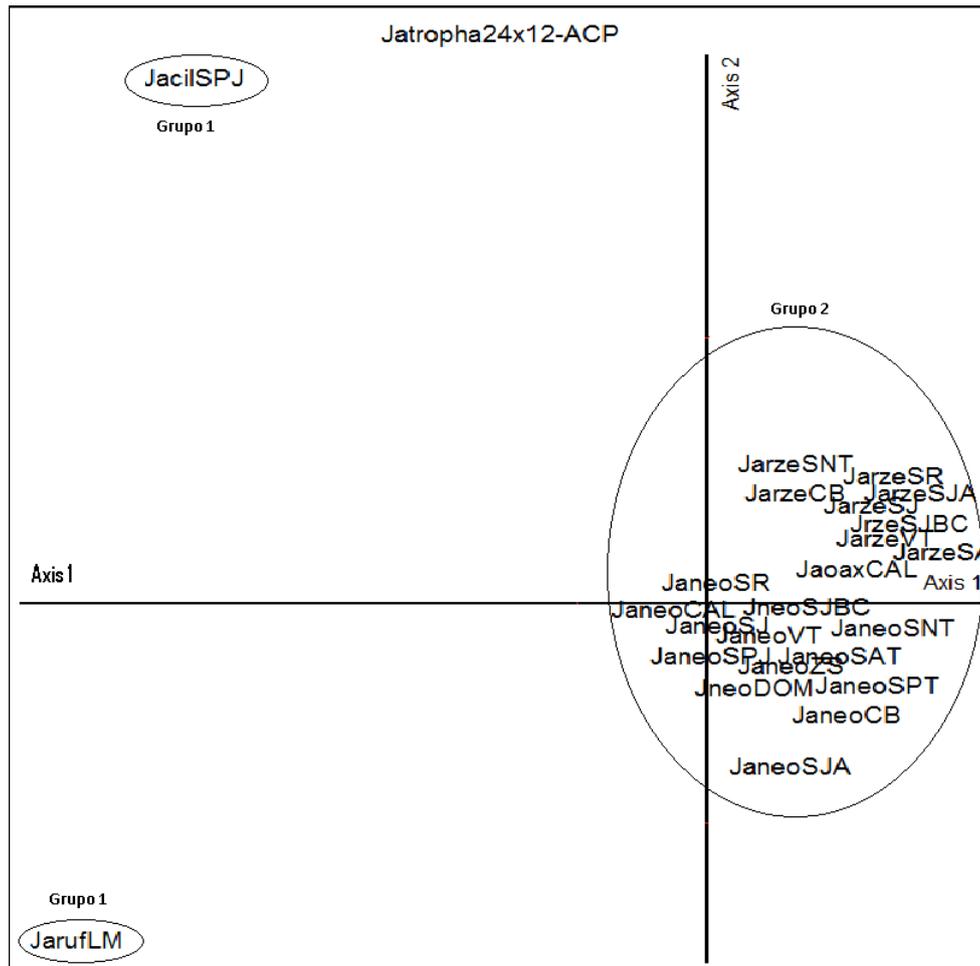


Figura 2.1. Dispersión de 24 poblaciones de cinco especies de *Jatropha* en los dos primeros componentes principales.

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados (Figura 2.2) corrobora la formación de dos principales grupos, el primero que separa a *J. ciliata* y *J. rufescens* y el segundo con las poblaciones restantes, con la diferenciación de dos subgrupos, el (A) que integra poblaciones de *J. rzedwoskii* y *J. neopauciflora* y el (B) de *J. neopauciflora* y *J.*

oaxacana. Este agrupamiento es consistente con el de componentes principales, que tienen como variante principal el tamaño de la hoja, lo que puede estar relacionado a factores ambientales, pues se ha planteado que la variación geográfica en la morfología refleja respuestas fenotípicas a gradientes ambientales, así como la historia evolutiva de las poblaciones y especies; lo que puede indicar cambios locales o regionales en las condiciones ambientales (Elison *et al.*, 2004).

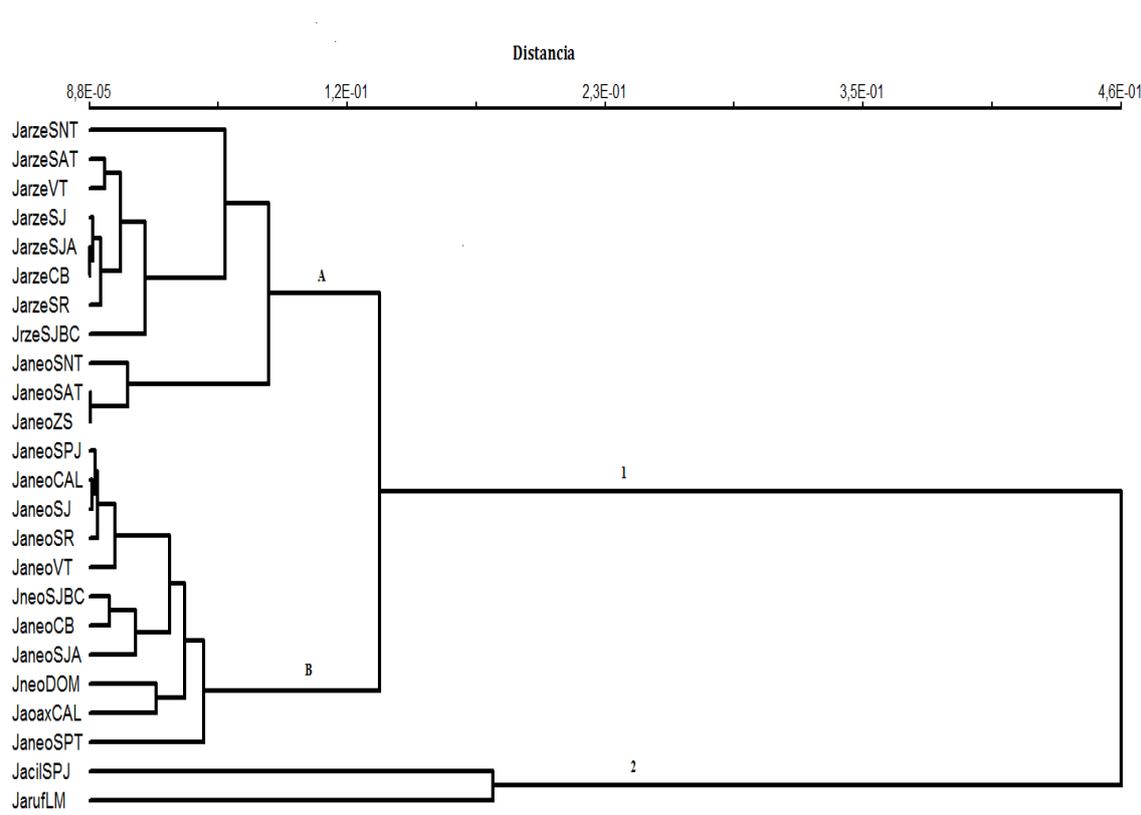


Figura 2.2. Dendrograma de 24 poblaciones y 5 especies de *Jatropa*, caracteres morfológicos.

Debido a que el primer grupo difiere en gran medida del resto y solo registra una población por especie, se consideró pertinente realizar un análisis de componentes principales solo para las especies que incluyen al menos dos poblaciones y se usó a la población de *J. oaxacana* como testigo. Los resultados muestran que los dos primeros componente explican 52.6 y 16.7 % de la variación total observada, respectivamente (Cuadro 2.2). En el CP1 las variables largo de hoja (LAHO), ancho de hoja (ANHO),

longitud de peciolo (LOPE), longitud de flor (LOFL), longitud de pedicelo de la flor femenina (LPFF), número de semillas (NSEM) contribuyeron mayormente a la variación explicada; mientras que en el CP2, las variables de mayor importancia fueron la longitud del fruto (LOFR) y la relación largo/ancho de fruto (RLAF) (Cuadro 2.2). Es posible observar en este segundo análisis que la variación fue tanto en hoja como en flor.

Cuadro 2.2. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes, 22 poblaciones de *Jatropha*, variación morfológica.

Variab les	CP1	CP2
LAHO	-0.89	-0.09
ANHO	-0.93	-0.06
LOHO	0.28	-0.10
LOPE	-0.89	-0.17
LOFL	-0.89	-0.08
LPFM	-0.52	0.10
LPFF	-0.88	-0.11
GRPE	-0.45	-0.46
NSEM	-0.92	0.11
LOFR	-0.39	-0.80
ANFR	-0.76	0.55
RLAF	0.44	-0.87
Valor propio	6.3	2.0
Varianza explicada	52.6%	16.7%

Respecto a la dispersión de las poblaciones en el plano de los dos primeros componentes principales, se advierte que en el primer componente se forman tres grupos: el grupo uno por poblaciones de *J. neopauciflora*, las cuales presentan hojas y flores de mayor tamaño que las poblaciones de las otras especies; el dos por *J. oaxacana* y el tres por *J. rzedwoskii*. Sin embargo, en el CP2 se diferencian tres poblaciones de *J. neopauciflora* que corresponden a las localidades de San Pablo Tepetzingo (SPT), San Gabriel Casa Blanca (CB) y San José Axusco (SJA), principalmente por presentar fruto más grande (Figura 2.3).

Estos resultados sugieren que la variación entre las poblaciones de la misma especie, está dada por la ubicación geográfica de las poblaciones, lo que influye para

producir condiciones similares de disponibilidad de recursos y condiciones ambientales, que inciden para generar una mayor semejanza en caracteres morfológicos.

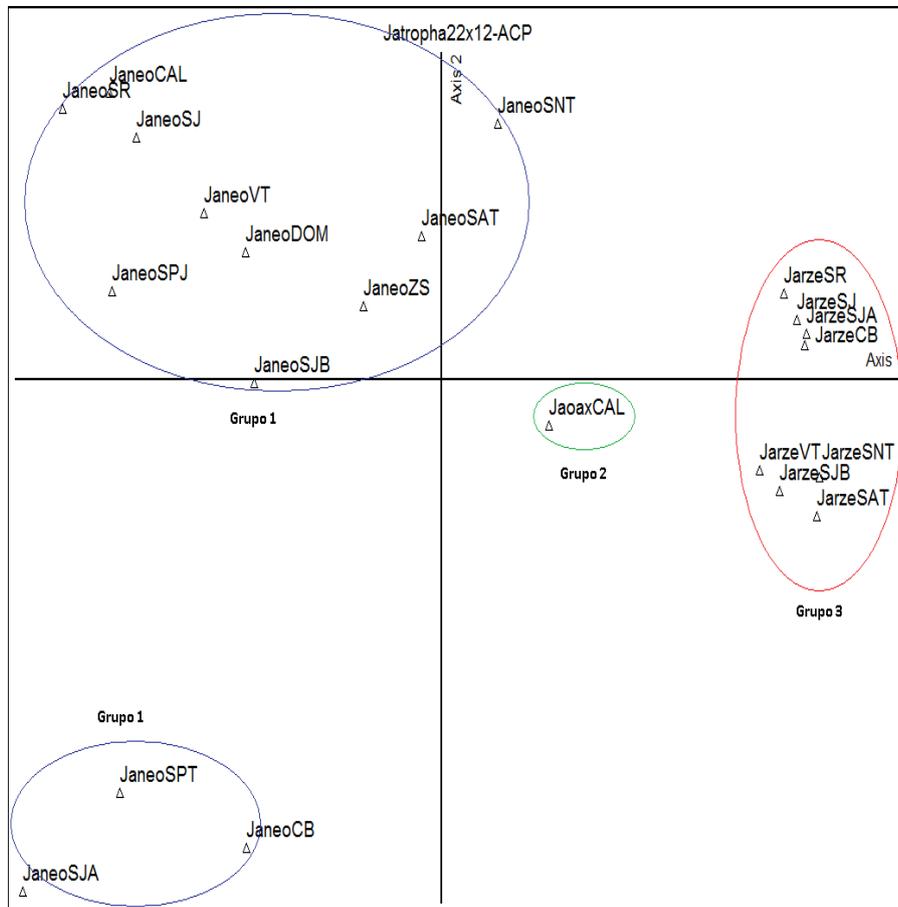


Figura 2.3. Dispersión de 22 poblaciones de *Jatropha* en los dos primeros componentes principales, con base en caracteres morfológicos.

Componentes principales para variables ambientales e índice de disturbio

La variación ambiental de las distintas localidades donde habita *Jatropha* se resume en los dos primeros componentes que explican 80.7 % de la variación total observada. En el CP1 la temperatura media anual, temperatura media del trimestre húmedo, del trimestre seco, del trimestre cálido y del trimestre frío y la precipitación del trimestre cálido contribuyen mayormente a la variación total explicada; mientras que en el CP2 las de mayor importancia son el rango de temperatura anual, precipitación anual, precipitación del trimestre húmedo y del trimestre seco (Cuadro 2.3). Esto es, las variables que están influyendo sobre la diferenciación de los caracteres morfológicos de

las poblaciones de *Jatropha* son temperatura y precipitación media anual, mientras que el índice de disturbio es irrelevante para la diferenciación de los sitios de estudio.

Cuadro 2.3. Vectores y valores propios de los dos primeros componentes principales en 24 poblaciones de *Jatropha*, variables ambientales.

VARIABLES	CP1	CP2
Altitud	0.5855	0.6594
TemMedAn	-0.9547	-0.271
RanTemAn	0.0693	0.8991
TeMeTrHu	-0.978	-0.1503
TeMeTrSe	-0.9202	-0.3715
TeMeTrCa	-0.9515	-0.2762
TeMeTrFr	-0.9507	-0.2892
PrecAnu	0.5264	-0.8347
PreTriHu	0.4646	-0.8679
PreTriSe	0.5479	-0.8232
PreTriCa	0.8932	-0.3928
Suelos	0.4216	-0.6787
Relieve	-0.0102	-0.6902
Vegetación	0.6389	0.1575
Índice dis	0.2845	0.3136
Valor propio	7.12	4.97
Varianza explicada	47.52	33.19

La dispersión de las poblaciones en los dos primeros componentes principales forma cuatro grupos (Figura 2.4). El primero integra poblaciones de *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* de San José Axusco, San Jerónimo y Casa Blanca, que se localizan geográficamente cercanas, en la zona de transición de la Mixteca y la Cañada; el segundo grupo se integra por poblaciones de *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* de Domingullo, V. Trujano, S. P. Jaltepetongo y S. J. B. Cuicatlán, que pertenecen a la zona de la cañada; el tercer grupo se forma por las poblaciones de *J. neopauciflora*, *J. rzedowskii*, *J. oaxacana* y *J. ciliata* de S. A. Teloxtoc, S. N. Tepoztlán, Zapotitlán de las Salinas, Caltepec, S. P. Tepetzingo y S. P. Jaltepetongo, todas éstas pertenecen a la zona de la Mixteca, excepto la población de *J. ciliata* de S.P. Jaltepetongo; el cuarto grupo lo forma *J. rufescens*, *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii*, de La Mexicana y San

Rafael, estas poblaciones se encuentran geográficamente alejadas; sin embargo, aunque en el componente uno se agrupan, en el componente dos éstas se separan por la variable precipitación.

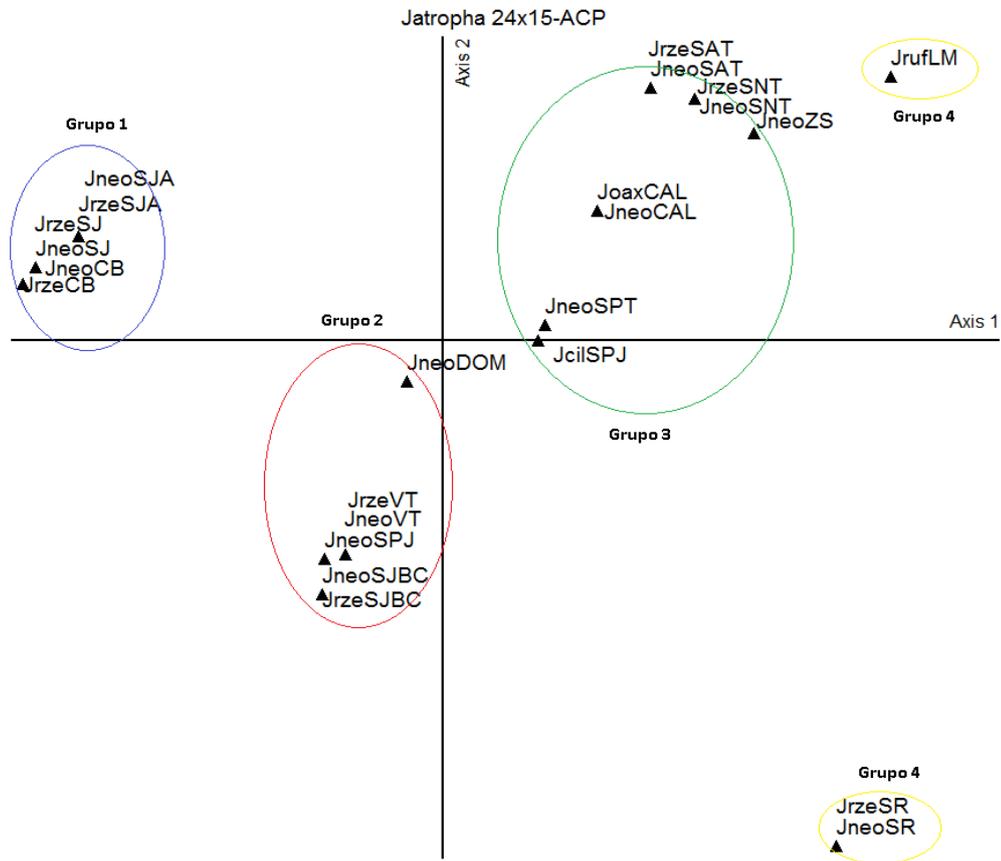


Figura 2.4. Dispersión de 24 poblaciones de *Jatropha* en los dos primeros componentes principales, con base en variables ambientales e Índice de Disturbio.

Análisis canónico de correspondencia

El ACC de las poblaciones de *Jatropha* indica una correlación de 0.947 en el eje 1 y de 0.714 en el eje 2, para factores físicos-variables morfológicas, con un nivel de significancia de $p=0.10$. El eje 1 se correlacionó positivamente con la altitud (0.534) y rango de temperatura anual (0.417) y, negativamente, con la temperatura media anual (-0.507), así, éstos son los factores que afectan significativamente la variación morfológica de las poblaciones de *Jatropha*.

La dirección e influencia de los vectores que representan los factores ambientales (Figura 2.5) indica claramente que, la variación morfológica en el grupo uno (poblaciones de *J. rufescens* de La Mexicana y *J. ciliata* de S. P. Jaltepetongo), se explica por el rango de temperatura anual y altitud.

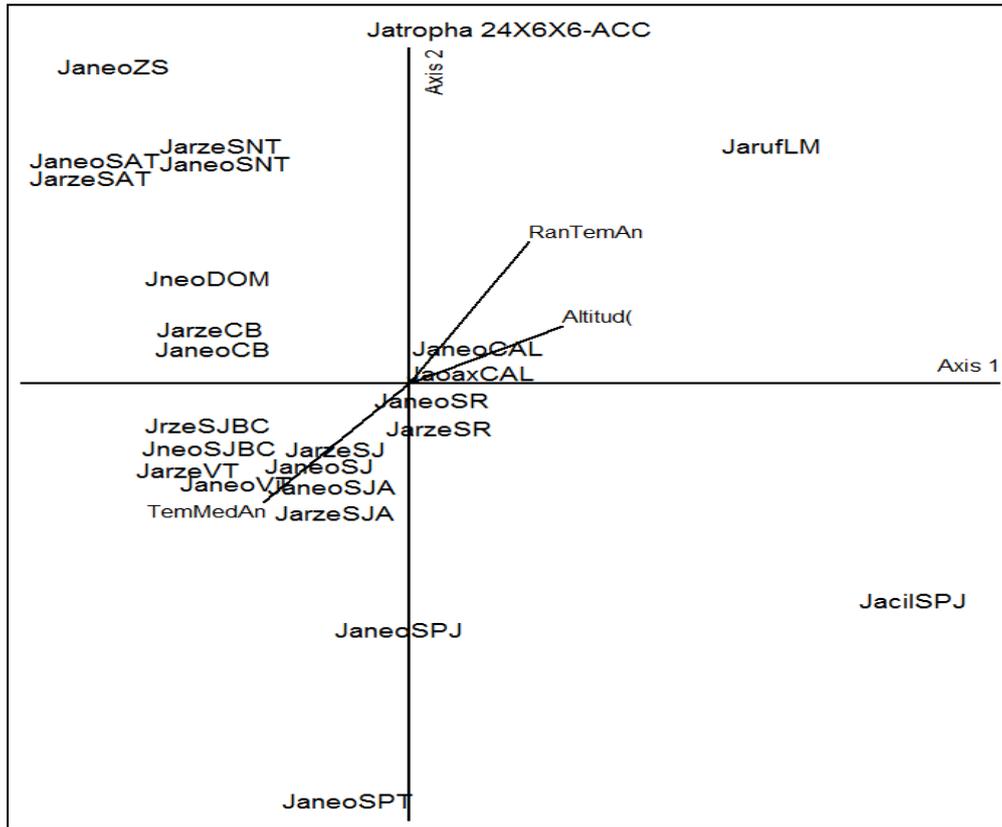


Figura 2.5. Diagrama de ordenación de 24 poblaciones de cinco especies de *Jatropha*, que indica la influencia de los factores ambientales en la variación morfológica.

Las diferencias en el tamaño de hoja entre estas especies está fuertemente correlacionada con la altitud, temperatura y precipitación, estas dos últimas variables son a menudo correlacionada con la variación morfológica en otras especies Elison *et al.* (2004) en *Sarracenia purpurea*, reportan diferencias en el tamaño y forma fuertemente correlacionadas con la temperatura, la precipitación anual, la disponibilidad de amonio y de calcio (. De modo semejante, Casas *et al.* (1999) encuentran que la diferencia ambiental más importante para explicar la variación morfológica en poblaciones de *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es

la precipitación anual. Entonces, estas dos variables se definen como las de mayor influencia en la variación morfológica entre especies de diversos géneros.

Otro factor ambiental fuertemente correlacionado con la variación morfológica, es el edáfico (Ouinsavi y Sokpon, 2010), el cual no fue considerado en el presente trabajo.

La variación en tamaño de hoja, flor y fruto observada entre las poblaciones de *Jatropha* respecto a factores ambientales (temperaturas medias anuales, altitud y precipitación), probablemente es un indicio del desarrollo de la capacidad de adaptación a las condiciones del medio. Aun cuando Camussi *et al.* (1985) han mencionado que las acciones humanas afectan los rasgos morfológicos de las plantas, en el presente estudio no hubo correlación entre el índice de disturbio calculado para los sitios y la variación morfológica.

Debido a que la principal variable que diferencia a estas poblaciones es el tamaño de la hoja, es posible entender que la temperatura es la variable ambiental de mayor peso. Al respecto Taylor y Sexton (1972) proponen que el tamaño de hoja se ajusta para mantener la temperatura de la hoja cerca del óptimo para fotosíntesis y prevención del daño térmico, entonces hay una correlación entre el tamaño de la hoja y la temperatura, ya que esta última tiende a disminuir conforme aumenta la altura. Así tendremos hojas de mayor tamaño en sitios menos cálidos. Semejante conclusión obtuvieron Ackerly *et al.* (2002), quienes mencionaron que en sitios de exposición norte (medios más frescos) hay ausencia de hojas pequeñas, mientras que en exposiciones sur (medios más cálidos), se presenta mayor variación en el tamaño de las hojas. En general, argumentan que el tamaño de las hojas está comprometido con la asimilación del carbono, las relaciones hídricas y el balance de energía. En otro apunte, se indica que la temperatura mínima local (por gradiente altitudinal) influye inversamente en el

tamaño de hoja, estimado por área foliar, caso comprobado en *Dodonaea viscosa* subsp. *angustissima* (Guerin *et al.*, 2012). Entre la información aportada por estos autores, destaca que las diferentes morfologías deben ser probadas en términos fisiológicos o de aptitud, y que las variaciones temporales y espaciales también ocurren potencialmente a través del flujo genético, cuestión que todavía falta comprobar.

Los resultados obtenidos apoyan también, la diferenciación entre especies, pero en especial, la que existe entre *J. oaxaca* y *J. rzedowskii*, ya que esta última había sido considerada como *J. oaxacana*, hasta que Jiménez y Torres (1994) la describieron como una especie distinta.

6. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la variación morfológica en las poblaciones de *Jatropha* se asocia con las condiciones ambientales, la geografía y la identidad taxonómica. No fue posible estimar variación morfológica intraespecífica en *J. ciliata*, *J. oaxacana*, *J. rufescens* debido a que solo se localizó una población por especie. Existe variación morfológica entre las diferentes poblaciones de *Jatropha* de las especies *neopauciflora* y *rzedowskii*, que se define principalmente por el tamaño de la hoja, del fruto y el número de semillas. Los factores ambientales que influyen en la diferenciación morfológica de las poblaciones son principalmente temperatura, precipitación y altitud. El índice de disturbio, aunque en algunos sitios es alto, no influye en la distribución, abundancia y variación de las especies.

7. LITERATURA CITADA

Ackerly D. D., C. A. Knight, S. B. Weiss, K. Barton, and K. P. Starmer. 2002. Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: contrasting patterns in species level and community level analyses. *Oecologia* 130 (3): 449-457. Available at: <http://works.bepress.com/knight/16>

- Anderson, E.F., 1990. Succulent plant conservation studies and training in Mexico: Stage 1, Part 2 and Stage 2. World Wildlife Found, US. Internal report.
- Byers, D. S. 1967. The Prehistory of the Tehuacan Valley. University of Texas Press, Austin, Vol. 1, 331 pp.
- Beaulieu J., M. Perron, and J. Bousquet, 2004. Multivariate patterns of adaptive genetic variation and seed source transfer in *Picea mariana*. Canadian Journal of Forest Research 34 (3): 531–545.
- Bruschi P., G. G. Vendramin, F. Bussotti, and P. Grossoni. 2003. Morphological and molecular diversity among Italian populations of *Quercus petraea* (Fagaceae). Annals of Botany 91 (6): 707–716.
- Camussi A., E. Ottaviano, T. Calinski, and Z. Kaczmarek. 1985. Genetic distances based on quantitative traits. Genetics 111 (4): 945–962.
- Casas, A., J. Caballero, A. Valiente-Banuet, J. A. Soriano, y P. Davila. 1999. Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central México. American Journal of Botany 86 (4):522-533.
- Córdova-Téllez L., E. Bautista R., A. Zamarripa C., J. A. Rivera L., A. Pérez V., O. M. Sánchez S., J. Martínez H., y J. A. Cuevas S. 2014. Diagnóstico y Plan Estratégico de *Jatropha* spp. en México. Red de *Jatropha*, Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos, SAGARPA. En prensa.
- CONABIO. (2013). Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Consultado el 13-07-2013 en <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1998. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, a la región denominada

Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, México, D. F., viernes 18 de septiembre de 1998, pp. 8-20. Obtenido de <http://tehuacan-cuicatlan.conanp.gob.mx/docs/Tehuacan.pdf>

- Ellison A. M., L. H. L. Buckley, T. E. Miller, and N. J. Gotelli. 2004. Morphological variation in *Sarracenia purpurea* (Sarraceniaceae): geographic, environmental, and taxonomic correlates. *American Journal of Botany* 91(11): 1930–1935.
- García E. 1990. Climas, 1: 4000 000. IV.4.10 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Guerin, G. R., H. Wen y A. J. Lowe. 2012. Leaf morphology shift linked to climate change. *Biology letters*, publicado on line el 4 de julio de 2012, doblado de rsbl.royalsocietypublishing.org, on March 30, 2014.
- Hijmans R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965–1978.
- Huxel, G. R., and A. Hastings. 1999. Habitat loss, fragmentation, and restoration. *Restoration Ecology* 7 (3): 309-315.
- Jiménez R., J., y R. Torres C. 1994. Especie nueva del género *Jatropha* (Euphorbiaceae) de la sección Mozinna. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 65 (1): 1-5.
- Kleinschmit K. 1993. Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 50, no. 1, pp. 166–185.
- Martínez G., M., J. Jiménez R., R. Cruz D., Juárez A., R. García, A. Cervantes y H.R. Mejía. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 73(2): 155–281.

- Martorell, C. and E. M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 199-207.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, versión 6. MjM Software. Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Ouinsavi, C., and N. Sokpon. 2010. Morphological Variation and Ecological Structure of Iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) Populations across Different Biogeographical Zones in Benin. *International Journal of Forestry Research* 2010: 1-10.
- Pla, L. E. 1986. Análisis Multivariado: Métodos de Componentes Principales. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 94 p.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Taylor, S. C. y O. J. Sexton. 1972. Some implications of leaf tearing in Musaceae. *Ecology* 53: 143-149.
- Webster, G. L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:33-144.
- Wiegand, T., E. Revilla, and K. A. Moloney. 2005. Effects of habitat loss and fragmentation on population dynamics. *Conservation Biology* 19 (1): 108–121.
- Wilson, P. J., and J. Provan. 2003. Effect of habitat fragmentation on levels and patterns of genetic diversity in natural populations of the peat moss *Polytrichum commune*. *Proceedings of the Royal Society B* 270: (1517) 881–886.

CAPITULO III. USOS DE ESPECIES DE *Jatropha* Y COMPOSICIÓN

QUÍMICA DE SUS SEMILLAS

1. RESUMEN

El nombre *Jatropha* deriva de las palabras griegas *jatros* = médico y *trophe* = alimento, esto sugiere que las especies del género tradicionalmente han sido aprovechadas por estas cualidades. Considerando la amplia riqueza del género en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, en el presente estudio se inventarió el aprovechamiento tradicional de las especies de *Jatropha* y se analizó la composición química de las semillas. En 15 localidades se aplicaron encuestas semiestructuradas en una muestra de 20 hogares en cada comunidad y con los datos se calculó el nivel de uso significativo y el valor relativo de uso por especie. En el análisis químico de la almendra de la semilla se determinó proteína cruda, lípidos, ceniza, ésteres de forbol y perfil de ácidos grasos. La encuesta fue contestada por 243 informantes, 104 mujeres y 137 hombres, principalmente mayores de 30 años y de ocupación en el hogar y campesinos. Las especies citadas fueron *J. neopauciflora* Pax, *J. oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *J. rufescens* Brandegees, y *J. rzedowskii* J. Jiménez Ram.; los usos registrados fueron medicinal, alimenticio, ornamental y otros. El nivel de uso significativo como alimento no resultó importante, pero sí para uso medicinal. Entre las especies, *J. neopauciflora* registra el mayor nivel de uso significativo (9.05 %). Esta especie se usa en 13 padecimientos, los de mayor valor relativo de uso son: problemas dentales (dolor, sensibilidad, caries, mal aliento, pigmentación amarilla y aflojamiento de dientes) con 35.39 % y bucales (herpes labial, gingivitis y candidiasis oral) con 32.92 %; y hemostático (7.41 %). El contenido promedio de proteína cruda y lípidos totales es de 24.61 y 35.55 %, respectivamente y no se detectaron ésteres de forbol, causantes de toxicidad en las semillas. Los principales ácidos grasos detectados fueron los

insaturados, oleico (27.98 %) y linoleico (46.18 %); en menor proporción los saturados, palmítico (13.77 %) y esteárico (10.05 %). El nivel de uso para las especies de *Jatropha* es bajo, lo que se confirma por indicadores etnobotánicos, que detectan que las especies no tienen aceptación cultural y por lo mismo, el uso tiende a ser esporádico. Por otra parte, los altos contenidos de proteínas, ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) y ausencia de ésteres de forbol hacen que la semilla de las especies analizadas sea propicia para la alimentación.

Palabras clave: Especies de *Jatropha*, semillas, ácidos grasos, usos, proteínas, ésteres de forbol.

2. ABSTRACT

The name of *Jatropha* derive from the Greek words *jatros* = doctor and *trophe* = food, this suggests that the species of this genus have traditionally been use by these qualities. Considering the wide richness of this genus in the Biosphere Reserve Tehuacan-Cuicatlan, in the present study the traditional uses of the species of *Jatropha* and the chemical composition of their seeds were recorded. A semi-structured survey was applied in 15 communities, with 20 informants by location, and the data was used to calculate the significative level of use and the relative value of use by species. In the seed chemical composition crude protein, total lipids, ashes, phorbol esters of and fatty acid profile were measure. The survey was respond by 243 informants, 104 women and 137 men, most of the older than 30 years and with occupation as homemaker and agricultures. The cited species were *J. neopauciflora* Pax, *J. oaxacana* J. Jiménez Ram & R. Torres, *J. rufescens* Brandegee, and *J. rzedowskii* J. Jiménez Ram.; the uses registered were food, medicinal, ornamental, and other; the significative level of use was not significant for food, while it was significant for medicinal use. Among species, *J. neopauciflora* presents the highest significave level of use (9.05 %). This species is used in 13 illness, and the highest relative level of use correspond to dental problems (pain, tenderness, cavities, bad breath, yellow pigmentation and loosening of teeth) with 35.39 %, oral (cold sores, gingivitis and oral candidiasis) 32.92 % and haemostatic (7.41 %). The average content crude protein and total lipids was 24.61 and 35.55 %, respectively, and there was not presence of phorbol esters. The principal fatty acids detected were the unsaturated oleic (27.98 %) and Linoleic (46.18 %) and to a lesser extent the saturated palmitic (13.77 %) and stearic (10.05 %). The level of use for *Jatropha* species is low, which is confirmed with ethnobotanical indicators, these means that do not have cultural acceptance, and their uses tend to be sporadic. On the other

hand the high contents of protein, unsaturated fatty acids (oleic and Linoleic), and absence of phorbol esters make the seed from the analyzed species suitable for food uses.

Key words: *Jatropha* species, seeds, fatty acids, uses, proteins, phorbol esters.

3. INTRODUCCIÓN

El género *Jatropha* (Euphorbiaceae) está representado por 175 especies, y se distribuye principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Webster, 1994). La contribución del género para la biodiversidad mexicana es de 45 especies (20 % del total mundial) distribuidas en 15 entidades. Martínez *et al.* (2002) señalan 77 % de endemismo. El nombre *Jatropha* deriva de las palabras griegas (*jatros*) que significa médico y (*trophe*) que significa alimento, esto sugiere que las especies del género tradicionalmente han sido conocidas y aprovechadas porque tienen propiedades medicinales y cualidades alimentarias como las semillas de variedades no tóxicas de *J. curcas*, consumidas en regiones de Veracruz y Norte de Puebla, México (Heller, 1996; Martínez-Herrera *et al.*, 2006). Por lo que se sabe, México es el único país donde se pueden encontrar genotipos de *Jatropha* tóxicos y no tóxicos de forma natural, documentando su uso para consumo humano. En localidades de Sinaloa, México se consume la semilla de *J. platyphylla*, ya sea tostada o en la elaboración de platillos regionales (Makkar *et al.*, 2010). Recientemente se han descrito otros usos para las especies de *Jatropha*, más enfocados a la industria, como la extracción del aceite de las semillas de *J. curcas*, para ser utilizado como sustituto del diesel, gracias a sus propiedades físico-químicas (Makkar *et al.*, 1998). Para otras especies del género, el uso está relacionado con las propiedades fitoquímicas de las semillas y látex, las que incluyen ingredientes activos farmacológicos como hemostáticos (Osoniyi y Onojobi, 2003; Oduola *et al.*, 2005), antibacterianos (Aiyelaagbe *et al.*, 2000; Aiyelaagbe, 2001; Canales *et al.*, 2005; Ravindranath *et al.*, 2003), antifúngicos (Hamza *et al.*, 2006; Van Den Bout-van den Beukel *et al.*, 2008), antimaláricos (Baraguey *et al.*, 2000, 2001), antiparasitarios (Baraguey *et al.*, 2000), y tóxicos, para producir insecticidas (Aiyelaagbe y Gloer, 2008; Bullangpoti *et al.*, 2011).

En cuestión de bioremediación, *J. dioica*, es una planta útil para extraer Zinc, ya que acumula $6,250 \text{ mg kg}^{-1}$, más del 50% del requerido ($10,000 \text{ mg kg}^{-1}$) para ser considerada una planta hiperacumuladora, también logra acumular 30.5 mg kg^{-1} de Cadmio y 28 mg kg^{-1} Níquel (González y González-Chávez, 2006), por lo que tiene potencial de uso en la bioremediación de suelos.

También tiene potencial en la industria textil, los tallos y hojas jóvenes de *J. gossypifolia* se utilizan como colorante vegetal para teñir hilo de algodón color marrón (Kumar y Singh, 2012). Por su buena apariencia y coloridas flores, *J. gossypifolia*, *J. integerima*, *J. multifida*, *J. podagrica* y *J. pandurifolia* son utilizadas como ornamentales (Krishnan y Paramathma 2009).

Con base en el conocimiento tradicional, de entre todos los usos resulta relevante el alimentario. Considerando que el 95 % del total de las calorías para la alimentación humana mundial provienen de tan solo 30 cultivos mayores (FAO, 1998), es evidente que el hombre ha dependido de un porcentaje mínimo de las especies conocidas para satisfacer esta demanda. Por ello, es importante ampliar el estudio en conservación y aprovechamiento de especies vegetales de vida silvestre, que puedan contribuir a resolver problemas como la falta de alimentos, energía y medicina, que incrementarán en los años venideros.

La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales ha adquirido especial relevancia en las dos últimas décadas, debido a la pérdida acelerada del conocimiento tradicional y de la degradación de los bosques, sobre todo en la región tropical (Caniago y Siebert, 1998). No obstante, el análisis de los datos etnobotánicos no es una tarea sencilla, pues una alta proporción es de carácter descriptivo (Alexiades, 1996). En años recientes, se han desarrollado técnicas cuantitativas que permiten estimar la importancia relativa de ciertas plantas útiles, en comparación con otras, dentro del mismo contexto

cultural (Phillips y Gentry, 1993; Bruni *et al.*, 1997; Ankli *et al.*, 1999). Estas técnicas se basan en el consenso de los informantes como criterio cuantitativo, bajo el supuesto de que un elevado número de citas para un uso específico, es indicativo de la validación social, como ejemplo, de la relación histórica entre la planta y el problema de salud, indicando también una mayor probabilidad de la eficacia y de la presencia de actividad farmacológica (Hidalgo-Báez *et al.*, 1999).

Considerando la amplia riqueza del género *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Hernández *et al.*, en preparación) y con énfasis en la importancia de la composición química de las semillas, en el presente estudio se hará el inventario de las formas de aprovechamiento tradicional de las especies de *Jatropha* y se analizará la composición química de las semillas de algunas de las especies. Se anticipa que puede existir variación química en las semillas de *Jatropha* sp., que explicará o confirmará, la forma de aprovechamiento que le han destinado los habitantes de la región.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Corresponde con la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán México, una zona semiárida que ocurre en los límites de los estados de Puebla y Oaxaca, con una extensión de 490,186 ha, entre los paralelos 17°32'24.00" y 18°52'55.20" de latitud norte y los meridianos 96°59'24.00" y 97°48' 43.20" de longitud oeste (RBTC, 2014: mapa en <http://tehuacan-cuicatlan.conanp.gob.mx/docs/mtehuacan.pdf>). Dominan el Bosque Tropical Caducifolio del Balsas, la vegetación Xerófila del Valle de Tehuacán y, en menor proporción, los Bosques Templados de las Sierras Meridionales.

Caracterización del aprovechamiento tradicional

Se aplicaron encuestas semiestructuradas de tipo etnobotánico para determinar el conocimiento, importancia y los usos principales de cinco especies (*J. ciliata* Sessé ex Cerv., *J. neopauciflora* Pax, *J. oaxacana* J. Jiménez Ram. & R. Torres, *J. rufescens* Brandegee, y *J. rzedowskii* J. Jiménez Ram.) presentes en 15 localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, con la certeza de que en cada comunidad se distribuye por lo menos, una especie del género (Hernández *et al.*, en preparación). Se utilizó una muestra de 20 viviendas seleccionadas al azar en cada una de las 15 localidades, lo que permitió recolectar información en un total de 300 entrevistas. Se aplicó el formato de encuesta (Anexo 1), que se apoyó con fotografías y especímenes de herbario de cada especie, autenticados con claves taxonómicas (Jiménez, en prensa), para que los entrevistados pudieran identificar la especie.

Los datos obtenidos se organizaron en Microsoft Excel y para cada una de las especies se estimó el grado de consenso en el uso de las especies y la importancia cultural de esas especies en la región, mediante los siguientes índices:

Nivel de Uso Significativo: Se calculó dividiendo el número de citas para la especie entre el número de informantes encuestados. Establece que aquellos usos que son citados con una frecuencia superior o igual a 20 %, por las personas encuestadas, pueden considerarse significativos desde el punto de vista de aceptación cultural y, por lo tanto, merecen su evaluación y validación científica (Germosén-Robineau, 1995).

Valor relativo de uso por especie: El número de usos de la especie *i* entre el total de entrevistados, multiplicado por 100.

Colecta de semillas

Por tratarse de un Área Natural Protegida, fue preciso obtener un permiso para la colecta de semilla por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT, Oficio N°SGPA/DGGFS/712/3439/12), y adicionalmente, se requirió de la aprobación de las autoridades ejidales locales. Por estas circunstancias y la disponibilidad de semilla, solo fue factible coleccionar en cuatro de las 15 localidades: Zapotitlán de las Salinas y Santa Ana Teloxtoc del estado de Puebla; Casa Blanca y La Mexicana del estado de Oaxaca; las semillas recolectadas fueron de las especies *J. rufescens*, *J. rzedowskii* y *J. neopauciflora*.

Determinación de humedad de la harina

Se utilizó la termobalanza (OHAUS, MB 200), en la que se colocaron dos gramos de almendra (semilla sin tegumentos que incluye: albumen oleaginoso, embrión y cotiledones) molida, a una temperatura de 95 °C por 60 min, método sugerido por la AOAC (1995) para la determinación de humedad en harinas para consumo humano.

Perfil químico y ésteres de forbol

La proteína cruda, lípidos y ceniza también fueron determinados con base en método estándar de la AOAC descrito a continuación:

Determinación de contenido de grasas: Se pesaron 3 g de muestra que fue depositada en cartuchos soxhlet y colocada en el extractor de grasa. Para el arrastre de grasa de la muestra se utilizó éter de petróleo, durante 4 h. Posteriormente se evaporó el exceso de éter con ayuda de una parrilla. La muestra restante se colocó en el desecador por una hora para eliminar restos de éter de petróleo y se determinó el peso del vaso con la muestra. Los resultados son expresados en porcentaje.

Determinación de proteínas (Método de Kjendahl): La técnica se llevó a cabo en tres etapas: digestión, destilación y titulación. Para la digestión se utilizó entre 0.3 y 0.4 g de muestra de almendra molida, que fue vertida en un matraz micro-kjendahl, con 1 g de tableta catalítica previamente pulverizada y mediante una parrilla de calentamiento se le adicionó 4 ml de H₂SO₄. El proceso de destilación se realizó con la

unidad de destilización BÜCHI 323. Se retiró el matraz receptor de nitrógeno y se tituló el destilado con una solución de HCl 0.1N. Los resultados se expresan en porcentaje de nitrógeno. Dado que el principal componente de las proteínas es el nitrógeno (N), la relación entre el nitrógeno proteico ingerido y el perdido se llama balance de nitrógeno. Por lo tanto, esta determinación nos indica qué tan grande es el aporte de proteínas que nos daría una muestra.

Determinación de cenizas: Se pesaron 5 g de almendra molida en un crisol, la muestra fue precalcificada con ayuda de un mechero y por último en la mufla (Thermolyne 6000 furnace), cuidando que la temperatura no pasara de 550 °C, para evitar que los cloruros se volatizaran; se suspendió el calentamiento cuando las cenizas se presentaron blancas o grises. El proceso de enfriamiento fue en un desecador por 1 h y se cuantificó el peso final. Los resultados se expresan en porcentaje de cenizas.

Extracción y cuantificación de ésteres de forbol: Se efectuaron de acuerdo al método propuesto por Makkar *et al.* (1998), que consiste en: a una muestra de 2 g de harina de almendra, se agregan 20 ml de metanol, que con ayuda del ultrarrax se agita por 30 segundos y después se centrifuga a 3500 rpm para separar el sobrenadante, el cual se deposita en un matraz y se coloca en un rotavapor; para obtener una mayor concentración de la muestra se repiten los pasos anteriores; la muestra obtenida se transfiere a un tubo falcon de 15 ml, al cual se agrega 4 ml de alcohol y 2 ml de tetrahidrofurano, que con ayuda del termoblock se concentra la muestra a 2 ml que es centrifugada a 15,000 rpm para ser inyectada al HPLC. Se utilizó como estándar 12,13 miristato forbol (sigma), el cual presenta un tiempo de retención de 25 min. Los resultados se expresaron como mg g⁻¹ de harina equivalente a 12,13-miristato forbol.

Perfil de ácidos grasos: El aceite de la semilla se extrajo con éter de petróleo (40 a 60 °C) en una relación de 1:20 (w/v) por 8 h bajo condiciones de agitación a

temperatura ambiente. Después de centrifugar, el disolvente fue removido usando nitrógeno gaseoso. Los metil éster se obtuvieron por el método de la AOAC (1995). Los ácidos grasos fueron analizados por cromatografía de gases (GC-14A, Shimadzu, Japón) usando un instrumento con un automuestreador (AOC-20s, Shimadzu, Japón), auto inyector y una columna Varian capilar carbowax (50 m × 0.25 mm ID) y un detector de ionización de flama (FID). La temperatura programada fue de 160 °C a 225°C, con nitrógeno como gas acarreador, a un flujo de 1 ml/min. Se corrió una mezcla de metil ésteres y los tiempos de retención fueron usados para la identificación de los picos de la muestra. El contenido de ácido grasos se estimó en términos de porcentaje de acuerdo al área total de cada uno de los picos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del aprovechamiento tradicional

Se entrevistaron a 243 informantes (81 %) de las 300 encuestas programadas, de las cuales 104 corresponden al sexo femenino y 137 al masculino, con 47 % de edad entre 50 y 85 años, 40 % entre 30 y 49 años y 13 % entre 11 y 29 años. Las ocupaciones se agruparon en ama de casa (36 %), campesino (40 %), comerciantes (10 %) y otros (12 %). Resulta evidente que el conocimiento del uso de las especies en estudio se concentra en amas de casa y campesinos, con edad superior a 30 años, por lo que es importante promover la transferencia de conocimiento a las generaciones jóvenes.

La información obtenida indica diferencias contrastantes para cada especie, en cuanto a su nombre común, usos, padecimiento que atiende (para el caso de uso medicinal), parte(s) de la planta usada(s), preparación-administración, y los índices calculados (Cuadro 3.1). Los usos registrados para las especies de *Jatropha* (a excepción de *J. ciliata* que no registro ningún uso) fueron clasificados en medicinal, alimenticio, ornamental y otros; los dos primeros son los más importantes y confirman

las principales propiedades que se atribuyen a este género, implícitas en el significado Griego, *jatros*=médico y *trophe*= alimento (Heller 1996; Martínez-Herrera *et al.*, 2006).

Los valores de nivel de uso como alimento no fueron significativos en ningún caso: 10.70, 7.82 y 2.06 % para *J. rzedowskii*, *J. neopauciflora* y *J. oaxacana*, respectivamente, lo que implica que las semillas de estas especies, aunque son ocasionalmente consumidas, en realidad no tienen aceptación cultural como alimento. Específicamente, en ocho de las 15 localidades de la región, se informó que consumen la semilla directamente de la planta, tostada y en algunos platillos regionales. Es importante destacar que los entrevistados señalaron que al comer la semilla cruda y en grandes cantidades, se produce malestar estomacal y vómito, causas probables por las que se limita el consumo y se tiene baja aceptación cultural.

El uso medicinal es el más citado entre los 243 entrevistados, principalmente para *J. neopauciflora* que se utiliza para atender 13 padecimientos, en contraste con dos y uno para *J. rzedowskii* y *J. oaxacana*, respectivamente. Entre los padecimientos indicados con mayor valor de uso significativo, que corresponden a *J. neopauciflora* son: problemas dentales (dolor, sensibilidad, caries, mal aliento, pigmentación amarilla y aflojamiento de dientes) con 35.39 % y bucales (herpes labial, gingivitis y candidiasis oral) con 32.92 %; esta especie también fue importante para atender hemorragias como cicatrizante (7.41%). Aunque *J. rzedowskii* y *J. oaxacana* también se utilizan para atender alguno de estos padecimientos, sus valores de uso significativo son bastante bajos (0.41%). La función medicinal para atender estos padecimientos corresponde al látex, el cual se aplica directamente. En relación a lo anterior, Canales *et al.* (2005) documentaron las propiedades bactericidas del látex de *J. neopauciflora* en Tehuacán-Cuicatlán.

Respecto a las enfermedades bucales de origen fúngico, se mencionó el algodoncillo que corresponde con la candidiasis oral (causada por el hongo *Candida albicans*) y que es tratada tradicionalmente con el látex de *J. neopauciflora*. El tratamiento de la candidiasis tanto en adultos como en bebés, se documenta por primera vez para esta especie. Falta hacer estudios farmacobiológicos, como en *J. multifida* L. de Tanzania, que demostró la alta efectividad antifúngica en más de una cepa (Hamza *et al.*, 2006); posterior a este estudio Van Den Bout-van den Beukel *et al.* (2008) ratifican la propiedad curativa para esta especie y además determinan que es genotóxica, causando interacciones farmacocinéticas cuando se utiliza de forma concomitante con agentes antiretrovirales.

El uso del látex como cicatrizante ha sido documentado en *J. gossypifolia* por Oduola *et al.* (2005) en Nigeria y en *J. curcas* también de África Tropical, de acuerdo con Osoniyi y Onojobi (2003), quienes mencionan que el látex posee actividades procoagulantes y anticoagulantes. *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii* son especies usadas por su látex como cicatrizantes en Tehuacán-Cuicatlán, lo que al menos para *J. neopauciflora*, es ahora citado y documentado como otra de las aportaciones del presente estudio, y que consecuentemente, requiere de estudios para comprobar la actividad hemostática en laboratorio. Para *J. rzedowskii* se tiene el antecedente de Escobedo-Martínez *et al.* (2013) sobre la actividad antioxidante y vasoconstrictora, que ayuda a la cicatrización en el caso de heridas; no obstante, refieren que la efectividad de los extractos es reducida si faltan células endoteliales vasculares.

El valor relativo de usos fue de 9.05, 2.88, 1.64, y 0.41 % para *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, *J. rzedowskii* y *J. rufescens*, respectivamente (Cuadro 3.1). Estos datos indican que *J. neopauciflora* es la especie mayormente utilizada en la región Tehuacán-Cuicatlán.

Cuadro 3.1. Información de usos y etnofarmacológica de las especies de *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Nombre científico y común	Usos	Padecimiento	Partes usadas	Preparación-administración	No. citas	No. Localidades	Nivel de uso significativo (%)	Valor relativo de uso (%)
<i>Jatropha neopauciflora</i> Sangre de grado Sangre de cristo Cuetlaxcolotl (Náhuatl)	Alimento		semilla	Se consume directamente o tostada con sal. Cruda, causa vomito en grandes cantidades.	19	2	7.82	9.05
	Medicinal	Calvicie y pérdida del color del cabello.	Hojas, tallo y látex	Infusión o shampoo para lavar el cabello.	9	1	3.70	
		Acné	Látex	Se elaboran jabones de tocador.	1	1	0.41	
		Presión arterial	Hojas y tallo	En té, administración oral.	3	2	1.23	
		Cólicos menstruales	Hojas y tallo	En té, administración oral.	1	1	0.41	
		Diabetes	Hojas y tallo	En té, administración oral.	4	3	1.65	
		Problemas dentales (dolor, sensibilidad, caries, halitosis, pigmentación amarilla y aflojamiento)	Látex	Se aplica directamente o como enjuague bucal.	86	11	35.39	
		Enfermedades renales	Hojas y tallo	En té, administración oral.	3	3	1.23	
		Enfermedades bucales (herpes labial, gingivitis y candidiasis oral)	Látex	Se aplica directamente o como enjuague bucal.	80	13	32.92	
		Gastritis	Hojas y tallo	En té, administración oral.	1	1	0.41	
		Cicatrizante	Látex	Se aplica directamente	18	5	7.41	
		Infección en oído y garganta	Látex	Se aplica directamente	3	2	1.23	
		Piquetes de mosquitos	Látex	Se aplica directamente	1	1	0.41	
		Pterigión (Carnosidad del ojo)	Látex	Se aplica directamente en ojos	2	2	0.82	

Cuadro 3.1. Información de usos y etnofarmacológica de las especies de *Jatropha* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Nombre científico y común	Usos	Padecimiento	Partes usadas	Preparación-administración	No. citaciones	No. Localidades	Nivel de uso significativo (%)	Valor relativo de uso (%)
<i>Jatropha oaxacana</i> Nuez de mote, Varinuez, Tu deba (Mixteco)	Alimento		Semilla	Se consume directamente	5	2	2.06	2.88
	Medicinal	Problemas dentales (dolor, sensibilidad, caries, halitosis, pigmentación amarilla y aflojamiento)	Látex	Se aplica directamente.	1	1	0.41	
<i>Jatropha rzedowskii</i> Aceitillo, coyol, coyolito, piñon, Tepechcoyoli (Náhuatl)	Alimento		Semilla	Se consume directamente.	26	4	10.70	1.64
	Medicinal	Cicatrizante	Látex	Se aplica directamente.	1	1	0.41	
		Contra veneno de víbora	Hojas, tallo y látex	Infusión, administración oral y en herida.	1	1	0.41	
	Ornato		Toda la planta	Se adorna como árbol de navidad.	1	1	0.41	
<i>Jatropha rufescens</i> Hoja de queso	Envolturas		Hoja	Para envolver queso fresco.	6	1	2.47	0.41

Perfil químico y ésteres de forbol

Se detectó una ligera variación en los compuestos analizados en el perfil químico y ésteres de forbol (Cuadro 3.2). El contenido de humedad de la harina analizada varió de 4.06 a 4.96 %, con un promedio de 4.15 %, similar a lo registrado (4.46 %) en varias accesiones de *J. curcas* (Bautista, 2010). Estos valores están dentro de las nomas de la FAO/WHO (1998), que sugieren de 4 a 7 % en harinas de trigo, maíz, entre otros, sin afectar sus propiedades alimenticias.

Cuadro 3.2. Resultados del perfil químico en semillas de tres especies de *Jatropha*.

*Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Ácidos Grasos (%)	Cenizas (%)	Ésteres de Forbol (mg/g)
1	4.06	23.37	36.6	3.67	ND
2	4.11	24.94	34.79	2.86	ND
3*	----	----	----	----	ND
4	3.96	24.11	35.3	2.80	ND
5	4.48	26.02	35.49	2.53	ND
Promedio	4.15	24.61	35.55	2.96	

Número de muestra: 1 = *J. rufescens* (La Mexicana, Oax.); 2 = *J. rzedowskii* (Casa Blanca, Oax); 3 = *J. rzedowskii* (Zapotitlan, Pue.); 4 = *J. neopauciflora* (S. A. Teloxtoc, Pue); 5 = *J. neopauciflora* (Zapotitlan, Pue.). *Se obtuvo muy poca muestra de esta especie por lo cual solo se determinó ésteres de forbol.

El promedio de contenido de proteína cruda fue 24.61 %, con una ligera variación entre especies y procedencia de la muestra para el caso de *J. neopauciflora*. Este valor es muy similar al reportado (25.12 %) en *J. curcas* (Bautista, 2010) y se encuentra dentro del rango (19 a 33 %) reportado por Martínez *et al.* (2010).

El contenido de ácidos grasos varió de 34.79 a 36.6 % con un promedio de 35.55 %, inferior a lo reportado para *J. curcas*, con promedios superiores a 45 % (Makkar *et al.*, 1998; Bautista, 2010; Martínez *et al.*, 2010).

En ninguna de las especies *J. rufescens*, *J. rzedowski* y *J. neopauciflora*, se detectaron ésteres de forbol, lo cual resulta relevante porque la ausencia de tóxicos justifica la posibilidad de su consumo. Estos tóxicos se han reportado en semillas de otras especies como *J. curcas* L., *Jatropha elliptica* (Pohl) Oken, *Jatropha glauca* Vahl, *Jatropha gossypifolia* L., *Jatropha aceroides* (Pax & K.Hoffm.) Hutch., *Jatropha macrantha* Müll. Arg., *Jatropha integerrima* Jacq. (Siam *et al.*, 2009).

Otros estudios han demostrado que aun cuando no se detectan ésteres de forbol en el aceite de la semilla, pueden contenerse otros compuestos antinutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas y fitatos, de naturaleza termolábiles, así que, tostar a las semillas es recomendable para facilitar su eliminación (Makkar *et al.*, 2010). Esto podría explicar por qué la gente de la Región de la Reserva Tehuacán-Cuicatlán argumenta que es mejor comer la semilla tostada.

Perfil de ácidos grasos

Los principales ácidos grasos detectados en las especies estudiadas fueron cuatro saturados y seis insaturados (Cuadro 3.3), que coinciden con los que se expresan en mayor proporción en *J. curcas*. (Ovando-Medina *et al.*, 2011). En general, los ácidos grasos saturados se encuentran en menor proporción que los insaturados, y dentro de los primeros los más abundantes son palmítico y esteárico, con promedios de 13.77 y 10.05 %, respectivamente. Los mismos autores reportan promedios para muestras de *J. curcas* de palmítico (12.8 %) y esteárico (6.1 %), ligeramente inferiores a los del presente estudio. Los ácidos grasos saturados se encuentran en menor proporción y únicamente el ácido palmítico tiene un porcentaje promedio importante (13.77 %). Martínez-Herrera *et al.* (2006) reportan 10.5 a 13.0 % palmítico y 2.3 a 2.8 esteárico. Heller (1996) reporta 15.38 palmítico y 6.24 % en esteárico.

Cuadro 3.3. Perfil de ácidos grasos en tres especies de *Jatropha*.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4	Muestra 5	Promedios
<i>Ácidos grasos saturados</i>					
Mirístico (C ₁₄ H ₂₈ O ₂)	0.83	0.24	0.74	0.77	0.64
Palmitico (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	10.11	13.63	16.50	14.84	13.77
Margarico (C ₁₇ H ₃₄ O ₂)	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14
Estearico (C ₁₉ H ₃₈ O ₂)	9.65	9.95	9.47	11.15	10.05
<i>Ácidos grasos insaturados</i>					
Palmitoleico (C ₁₆ H ₃₀ O ₂)	0.28	1.01	0.71	0.70	0.68
Oleico (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	30.05	30.09	26.73	25.08	27.98
Linoleico (C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	48.46	44.55	45.07	46.64	46.18
Linolénico (C ₁₉ H ₃₂ O ₂)	0.25	0.14	0.35	0.37	0.28
Araquidónico (C ₂₁ H ₄₂ O ₂)	0.12	0.14	0.07	0.10	0.11
Ricinoleico (C ₁₉ H ₃₆ O ₃)	ND	ND	0.10	0.12	0.11

Número de muestra: 1 = *J. rufescens* (La Mexicana, Oax.); 2 = *J. rzedowskii* (Casa Blanca, Oax); 4 = *J. neopauciflora* (S. A. Teloxtoc, Pue); 5 = *J. neopauciflora* (Zapotitlan, Pue.).

De los ácidos grasos insaturados, los más abundantes son linoleico y oleico, con promedio de 27.98 y 46.18 %, respectivamente (Cuadro 3.3). Ovando-Medina *et al.* (2011) para estos ácidos en *J. curcas* reporta promedios de 38.7 y 40.7%, respectivamente, que difieren ligeramente a los del presente estudio. Al respecto Martínez-Herrera *et al.* (2006) reporta para *J. curcas* (41.5 a 48.8 % oleico, 34.6 a 44.4 % linoleico; y Heller (1996) encontró 40.23 % oleico y 36.32 % linoleico. Estos ácidos son esenciales en la alimentación y buen funcionamiento del cuerpo humano.

Es importante resaltar la presencia de ácido ricinoleico, con un promedio de 0.11% en las dos muestras de *J. neopauciflora* (4 y 5). Ovando-Medina *et al.* (2011) también encontraron este ácido en muestras de *J. curcas* colectadas en Chiapas; pero no se ha referido en muestras del ecotipo considerado no tóxico de esta misma especie. El ácido ricinoleico se encuentra en concentraciones de 90 % en semillas higuerrilla (*Ricinus communis* L.), especie que pertenece a la misma familia del género *Jatropha* (Tunaru *et*

al., 2012). La importancia de este ácido, de acuerdo con este autor, radica en su efecto como laxante e inductor del parto en mujeres embarazadas al administrarse vía oral, ya que interviene en la actividad celular del músculo liso tanto intestinal como uterino, a través de receptores del prostanoide EP₃. No se encontró en la literatura sobre las dosis que causan estos efectos; sin embargo, esto podría ser la razón por la cual, las personas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán pueden consumir las semillas aparentemente sin efectos, pero es conocido que en altas cantidades, algunas personas sufren por diarrea y vómito.

6. CONCLUSIONES

Los principales usos registrados en *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, *J. rzedowskii* son el medicinal y el alimenticio, mientras que *J. ciliata* no registra ningún uso y *J. rufescens* es utilizada solo como envoltura de productos frescos. Los padecimientos atendidos más importantes son los relacionados con problemas dentales, enfermedades bucales y como cicatrizante, para lo cual se utiliza el látex. El nivel de uso para las especies de *Jatropha* es bajo, lo que confirma por indicadores etnobotánicos, que no tienen aceptación cultural, y el uso tiende a ser esporádico.

Para la alimentación se consume la semilla cruda y tostada, pero la semilla cruda de algunas especies provoca malestares digestivos. Las semillas de *J. neopauciflora*, *J. rzedowskii* y *J. rufescens* presentan altos contenidos de proteínas, alta concentración de los ácidos oleico y linoleico, y ausencia de ésteres de forbol, lo que las hace propicias para la alimentación. El problema para el consumo lo puede representar la presencia de ácido ricinoleico en *J. neopauciflora*, que aún en bajas concentraciones, podría provocar diarrea y vómito al consumir la semilla cruda en altas cantidades. Tostar la semilla permite la eliminación de tóxicos termolábiles, lo cual es una buena práctica tradicional. Se indica la

necesidad de continuar con estudios químicos para precisar las propiedades alimentarias y farmacológicas registradas en la presente investigación.

7. LITERATURA CITADA

- Aiyelaagbe, O. O. 2001. Antibacterial activity of *Jatropha multifida* roots. *Fitoterapia* 72 (5):544-546.
- Aiyelaagbe, O. O., E. K. Adesogan, O. Ekundayo, B. A. Adeniyi. 2000. The antimicrobial activity of roots of *Jatropha podagrica* (Hook). *Phytotherapy Research* 14 (1): 60-62.
- Aiyelaagbe O. O. and J. B. Gloer. 2008. Japodic acid, a novel aliphatic acid from *Jatropha podagrica* Hook. *Records of Natural Products* 2 (4): 100-106.
- Alexiades, M. 1996. Selected Guidelines For: Ethnobotanical Research: A field Manual. Edited by Miguel N. Alexiades, Scientific Publications Department. New York Botanical Garden, New York, 239 p.
- Ankli, A., O. Sticher, and M. Heinrich. 1999. Medical ethnobotany of the Yucatec Maya: Healers' consensus as a quantitative criterion. *Economic Botany* 53(2): 144-160.
- A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist, 15th Ed. Washington D.C.
- Baraguey, C., A. Blond, I. Correia, J-L. Pousset, B. Bodo, C. Auvin-Guette. 2000. Mahafacyclin A, a cyclic heptapeptide from *Jatropha mahafalensis* exhibiting β -bulge conformation. *Tetrahedron Letters* 41 (3):325-329.
- Baraguey, C., A. Blond, I. Correia, J-L. Pousset, B. Bodo, C. Auvin-Guette. 2001. Isolation, structure and synthesis of mahafacyclin B, a cyclic heptapeptide from the latex of *Jatropha mahafalensis*. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*, (17): 2098-2103.
- Bautista R. E. 2010. Tolerancia a la desecación y caracterización química de semillas de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) colectadas en el Totonacapan. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México 85p.
- Bruni, A.; Ballero, M. and Poli, F. 1997. Quantitative Ethnopharmacological Study of the Campidano Valley and Urzulei district, Sardinia, Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 57: 97-124.
- Bullangpoti, V., N. Khumrungsee, W. Pluempanupat, Y. Kainoh, and U. Saganpong. 2011. Toxicity of ethyl acetate extract and ricinine from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pesticide Science* 36 (2):260-263.

- Canales M., T. Hernández, J. Caballero, A. Romo de Vivar, G. Avila, A. Duran, and R. Lira. 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 (3):429-439.
- Caniago, I. and S. Siebert. 1998. Medicinal plants ecology, knowledge and conservation in Kalimantan, Indonesian. *Economic Botany* 52 (3): 229-250.
- Escobedo-Martínez, C., I. E. Reyes-Ramírez, A. García-Arredondo, A. Rojas-Molina y R. G. Enríquez H. 2013. Estudios farmacológicos preliminares: actividad antioxidante y vasoconstrictora de extractos orgánicos provenientes de la planta medicinal *Jatropha rzedowskii*, colectada en la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. P. 147. En: Memorias de la 9ª. Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales Dra. Luisa Urania Román Marín. 29 a 31 de mayo 2013. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- FAO. 1998. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma. 510 p.
- FAO/WHO. 1998. Protein quality evaluation *In* Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp 23 Farrel R.E. RNA Methodologies: A laboratory guide for isolation and characterization. Academic Press. 531 p.
- Germosén-Robineau, L. 1995. Hacia una Farmacopea Vegetal Caribeña. Edición TRAMIL 7. Enda – Caribe, UAG & Universidad de Antioquia. Santo Domingo. 696 p.
- González R. C., and M. C. A. González-Chávez. 2006. Metal accumulation in wild plants surrounding mining waste. *Environmental Pollution* 144:4
- Hamza O. J. M., C. J. P. van den Bout-van den Beukel, M. I. N. Matee, M. J. Moshi, F. H. M. Mikx, H. O. Selemani, Z. H. Mbwambo, A. J. A. M. Van der Ven, and P. E. Verweij. 2006. Antifungal activity of some Tanzanian plants used traditionally for the treatment of fungal infections. *Journal of Ethnopharmacology* 108: 124-132.
- Heller, J. 1996. Physic Nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Rome, Italy. 66 p.
- Hernández N., L. Córdova T., A. Romero M., J. Jiménez R., R. Lobato O. & J. A. Cuevas S. Diagnóstico ecológico para la conservación de *Jatropha* sp. (Euphorbiaceae) y sus hábitats, en la Reserva Tehuacán-Cuicatlán, México. En preparación. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation*
- Hidalgo-Báez, D., M. Ricard, J. Gaviria, y J. Estrada. 1999. Aportes a la Etnofarmacología de los Páramos Venezolanos. *Ciencia* 7(1): 23-32.

- RBTC, 2014. Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Mapa Topográfico. <http://tehuacan-cuicatlan.conanp.gob.mx/docs/mtehuacan.pdf>, consultado el 29 de marzo 2014.
- Jiménez R., J. S/A. *Jatropha*. Euphorbiaceae. Subfamilia Crotonoideae. En Medina L.R. (ed.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología UNAM. En prensa.
- Krishnan P.R., and M. Paramathma. 2009. Potentials and *Jatropha* species wealth of India. *Current Science* 97 (7): 1000-1004.
- Kumar A., and N. Singh. 2012. *Jatropha gossypifolia* L.: a potential genetic resource for herbal dye. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59 (5):949-954.
- Makkar H. P. S., A. O. Aderibigbe, and K. Becker. 1998. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chemistry* 62 (2):207-215.
- Makkar H. P. S., V. Kumar, O. O. Oyeleye, A. O. Akinleye, M. A. Angulo-Escalante, K. Becker. 2010. *Jatropha platyphylla*, a new non-toxic *Jatropha* species: Physical properties and chemical constituents including toxic and antinutritional factors of seeds. *Food Chemistry* 125 (1):63-71.
- Martínez G., M., J. Jiménez R., R. Cruz D., Juárez A., R. García, A. Cervantes y H.R. Mejía. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 73(2): 155–281.
- Martínez-Herrera J., P. Siddhuraju, G. Francis, G. Dávila-Ortíz, and K. Becker. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry* 96 (1):80-89.
- Martínez H., J., A. L. Martínez A., H. Makkar., G. Francis, y K. Becker. 2010. Characterization of Different Provenances of *Jatropha Curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research* 39 (3):396-407.
- Oduola T., G.O Adeosun, T. A. Oduola, G. O. Avwioro, and M. A. Oyeniye. 2005. Mechanism of action of *Jatropha gossypifolia* stem latex as a haemostatic agent. *European Journal of General Medicine* 2 (4): 140-143.
- Osoniyi O., and F. Onajobi. 2003. Coagulant and anticoagulant activities in *Jatropha curcas* latex Omolaja Osoniyi, Funmi Onajobi. *Ethno-pharmacology* 89: 101-105.
- Ovando-Medina, I., F. J. Espinosa-García, J. Núñez-Farfán, and M. Salvador-Figueroa. Genetic Variation in Mexican *Jatropha curcas* L. estimated with seed oil fatty acids. *Journal of Oleo Science* 60(6): 301-311.

- Phillips O., and A. Gentry. 1993. The useful Plants of Tambopata, Perú: I. Statistical Hypotheses Test with a New Quantitative Technique. *Economic Botany* 47 (1): 15-32.
- Ravindranath N., B. Venkataiah, C. Ramesh, P. Jayaprakash, and B. Das. 2003. Jatrophene, a Novel Macrocyclic Bioactive Diterpene from *Jatropha*
- Siam, P., Diego, B., Sujatha, M., Makkar, H. P. S., Manish, R. L., Reddy, A. R. 2009. Narrow genetic and apparent phenetic diversity in *Jatropha curcas*: Initial success with generating low phorbol ester interspecific hybrids. *Nature Precedings*. hdl:10101/npre.2009.2782.1.
- Tunaru S., T. F. Althoffa, R. M. Nüsingb, M. Dienerc, and S. Offermanns. 2012. Castor oil induces laxation and uterus contraction via ricinoleic acid activating prostaglandin EP₃ receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 109 (23): 9179–9184.
- Van Den Bout-van den Beukel C. J. P, O. J. M. Hamza, M. J. Moshi, M. I. N. Matee, F. Mikx, D. M. Burger, P.P. Koopmans, P.E. Verweij, W. G. E. J. Schoonen, A. J. A. M. Van Der Ven. 2008. Evaluation of Cytotoxic, Genotoxic and CYP450 Enzymatic Competition Effects of Tanzanian Plant Extracts Traditionally Used for Treatment of Fungal Infections. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 102 (6):515-526.
- Webster, G. L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:33-144.

CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES GENERALES

En la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán el género *Jatropha* es dominante en la estructura de la comunidad vegetal de los sitios de muestreo, e integra a *J. rzedowskii*, *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, *J. ciliata* y *J. rufescens*. Las dos primeras especies son las de mayor valor de importancia, mientras que las dos últimas son las de menor importancia ecológica en términos del análisis de comunidades vegetales. La distribución actual de las especies de *Jatropha* en la Reserva está relacionada principalmente con variables de elevación, temperatura y precipitación. Estos resultados son consistentes con lo obtenido en la correlación de las variables morfológicas con respecto a la variación morfológica de las especies de *Jatropha*.

El estado de conservación de las comunidades donde habitan las poblaciones de *Jatropha* sp. es moderado, de regular condición de acuerdo con el índice de disturbio. Los principales factores que afectan a los hábitats de *Jatropha* son la actividad ganadera y humana, lo que se ve reflejado en comunidades vegetales de menor riqueza de géneros y especies.

Las poblaciones de las especies *J. oaxacana*, *J. ciliata* y *J. rufescens*, son las más vulnerables, y las dos últimas se ubicaron en la categoría Peligro de Extinción (P) principalmente por su escasa distribución y condiciones de hábitat, por lo cual es indispensable estudiar a fondo estas especies y dar seguimiento a las poblaciones actuales.

La variación morfológica en las poblaciones de *Jatropha* se asocia con las condiciones ambientales, la geografía y la identidad taxonómica. No fue posible estimar variación morfológica intraespecífica en *J. ciliata*, *J. oaxacana*, y *J. rufescens* debido a que solo se localizó una población por especie. Sin embargo, se encontró que existe variación

morfológica entre las diferentes poblaciones de *J. neopauciflora* y *J. rzedowskii*, que se define principalmente por el tamaño de la hoja, del fruto y el número de semillas. Los factores ambientales que influyen en la diferenciación morfológica de las poblaciones son principalmente temperatura, precipitación y altitud, factores ya descritos como prioritarios en las Unidades Ambientales donde se distribuyen las especies de *Jatropha*. Por otro lado, el índice de disturbio, aunque en algunos sitios es alto, no influye en la distribución, abundancia y variación de las especies.

Los principales usos registrados en *J. neopauciflora*, *J. oaxacana*, *J. rzedowskii* son el medicinal y el alimenticio, mientras que *J. ciliata* no registró ningún uso y *J. rufescens* fue utilizada solo como envoltura de productos frescos. Los padecimientos atendidos más importantes son los relacionados con problemas dentales, enfermedades bucales y como cicatrizante, para lo cual se utiliza el látex. El nivel de uso para las especies de *Jatropha* es bajo, lo que confirma por indicadores etnobotánicos, que no tienen aceptación cultural, y que el uso tiende a ser esporádico. Esto se ve reflejado en las características de los informantes que se concentra en amas de casa y campesinos, con edad superior a 30 años, por lo que es importante promover la transferencia de conocimiento a las generaciones jóvenes.

La semilla es consumida cruda y tostada, pero la semilla cruda de algunas especies provoca malestares digestivos si se consume en grandes cantidades. Las semillas de *J. neopauciflora*, *J. rzedowskii* y *J. rufescens* presentan altos contenidos de proteínas, alta concentración de los ácidos oleico y linoleico, y ausencia de ésteres de forbol, lo que las hace propicias para la alimentación; sin embargo, se registro la presencia de ácido ricinoleico. Este ácido puede representar problemas para el consumo de semillas de *J. neopauciflora*, donde fue encontrado en bajas concentraciones, pero que al consumir la

almendra cruda en grandes cantidad podría provocar diarrea y vómito. Tostar la semilla permite la eliminación de tóxicos termolábiles, lo cual es una buena práctica tradicional.

2. RECOMENDACIONES

En la Norma Mexicana de protección especial para especies nativas de México de flora y fauna silvestres (NOM-059-SEMARNAT-2010), solo registra a *Jatropha giffordiana* en la categoría de peligro de extinción. La información obtenida en el presente estudio indica que *J. rufescens* y *J. ciliata* se encuentran en peligro de extinción y a *J. oaxacana* como amenazada. Por lo cual, es importante concentrar esfuerzos en generar información más precisa sobre estas especies, que ayuden a ratificar el estatus aquí planteado. Entre los puntos a considerar para ello sería: constatar el índice de rareza por medio del criterio de distribución geográfica a nivel nacional; en caso de encontrar poblaciones de dichas especies en otros sitios, se recomienda realizar el índice de impacto antropogénico y características de habitat donde se encuentren. Además generar información sobre la categoría “C” del MER, Biología Intrínseca del Taxón, del apartado de genética, pues no hay estudios al respecto.

Se acentúa la necesidad de continuar con estudios químicos para precisar las propiedades alimentarias y farmacológicas registradas en la presente investigación, principalmente en las propiedades del látex de las especies reportadas ya que esta característica abre la posibilidad de un uso en la industria farmacéutica. En cuanto a los estudios químicos de las semillas se recomienda hacer análisis de agentes antinutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas y fitatos que no fueron incluidos en el presente estudio, para ahondar sobre el potencial alimenticio y en un momento dado poder difundirlo para tratar de rescatar el consumo tradicional de estas semillas en la región.

ANEXOS

Anexo 1A. Formato de encuesta, estudio Etnobotánico.



Encuesta No. _____

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CAMPUS

MONTECILLO

Alumna: Nancy Yazmin Hernández Nicolás

CUESTIONARIO SOBRE USOS LOCALES DEL GENERO *JATROPHA* EN LOCALIDADES DE PUEBLA Y OAXACA.

Nombre: _____ Edad: _____ Ocupación _____

Fecha _____ Localidad: _____

1.- ¿Conoce la planta que se muestra a continuación? (Mostrar colectas herborizadas de las 5 especies y marque con **X** la(s) especies que conozca)

Jatropha ciliata *Jatropha rufescens*

Jatropha neopauciflora *Jatropha rzedowskii*

Jatropha oaxacana

2.- ¿Cuál es el nombre por el cual conoce a ésta planta? (Nombre común)

3.- ¿Esta planta tiene alguna utilidad o importancia para usted?

4.- ¿Cuál es el uso(s) o importancia que tiene la planta?

Medicinal Ornamental Forrajero

Artesanal Como alimento Otros (especifique) _____

5.- ¿Qué parte de la planta es la que utilizan?

Raíz Tallo Semilla

Hojas Fruto Flor

6.- ¿Cuál es la forma de uso, o el procedimiento realizado para usar la planta?

En infusión o té Se consume directamente Se muele

Se aplica directamente Se cocina

Otra (especifique procedimiento) _____

7.- ¿Cómo o quien le enseñó a usar esta planta?

Papá <input type="checkbox"/>	Hermano <input type="checkbox"/>	Primo <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
Mamá <input type="checkbox"/>	Hermana <input type="checkbox"/>	Prima <input type="checkbox"/>	(especifique)_____
Abuelo <input type="checkbox"/>	Tío <input type="checkbox"/>	Vecino <input type="checkbox"/>	_____
Abuela <input type="checkbox"/>	Tía <input type="checkbox"/>	Vecina <input type="checkbox"/>	_____

8.- ¿Ha observado una reducción en la cantidad de plantas en el campo?

Sí No

En caso de ser afirmativa la respuesta pasar a la pregunta 9 y 10

9.- Considerando las siguientes categorías ¿En qué medida considera que ha sido reducida la cantidad de plantas?

Mucho <input type="checkbox"/>	Poco <input type="checkbox"/>
Regular <input type="checkbox"/>	Por completo <input type="checkbox"/>

10.- Mencione algunos lugares o parajes en donde ha disminuido o desaparecido la planta.

GRACIAS

Figura 1A. Curvas de rango-abundancia de las comunidades vegetales de Puebla y Oaxaca.

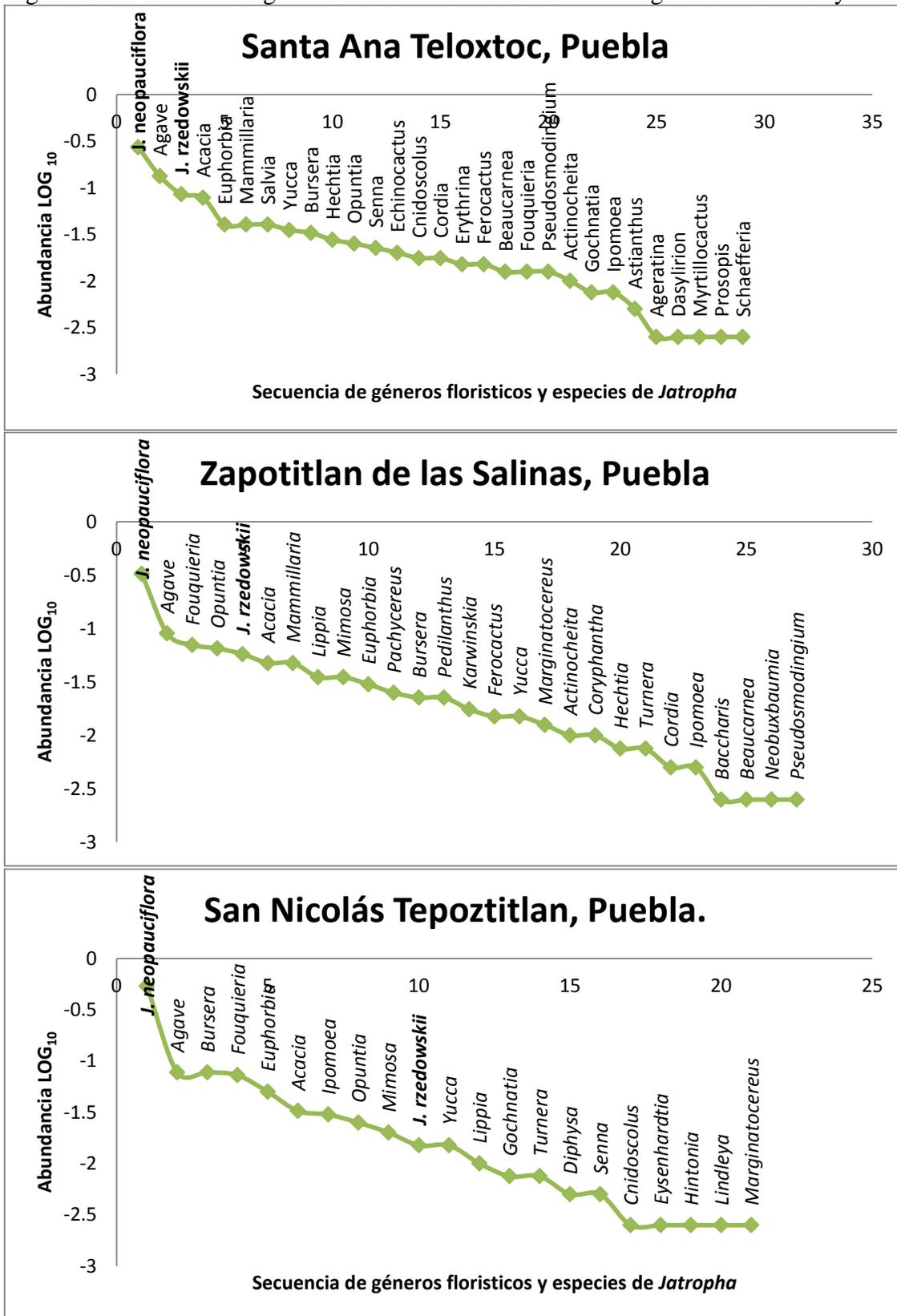


Figura 1A. Continuación.

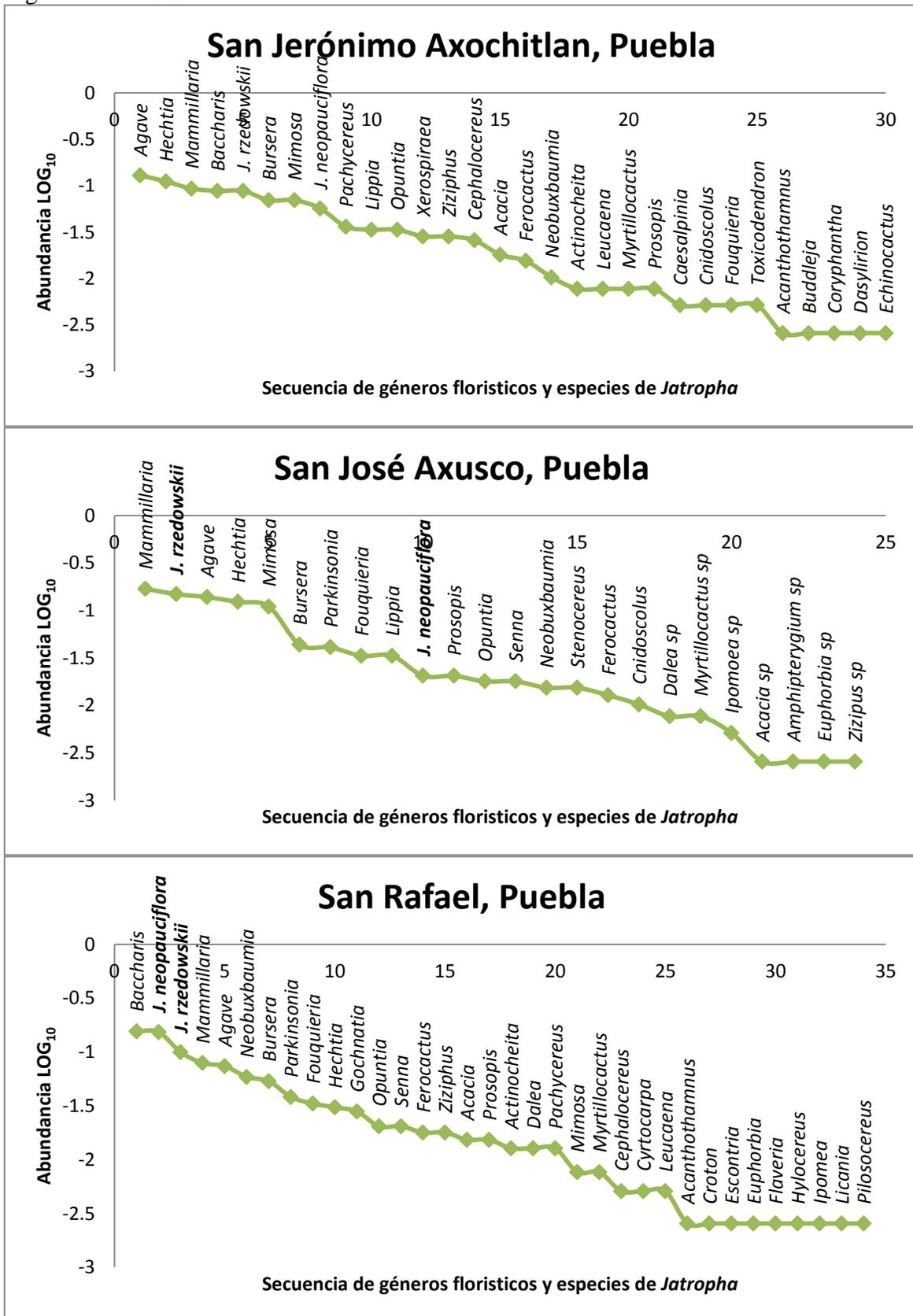


Figura 1A. Continuación.

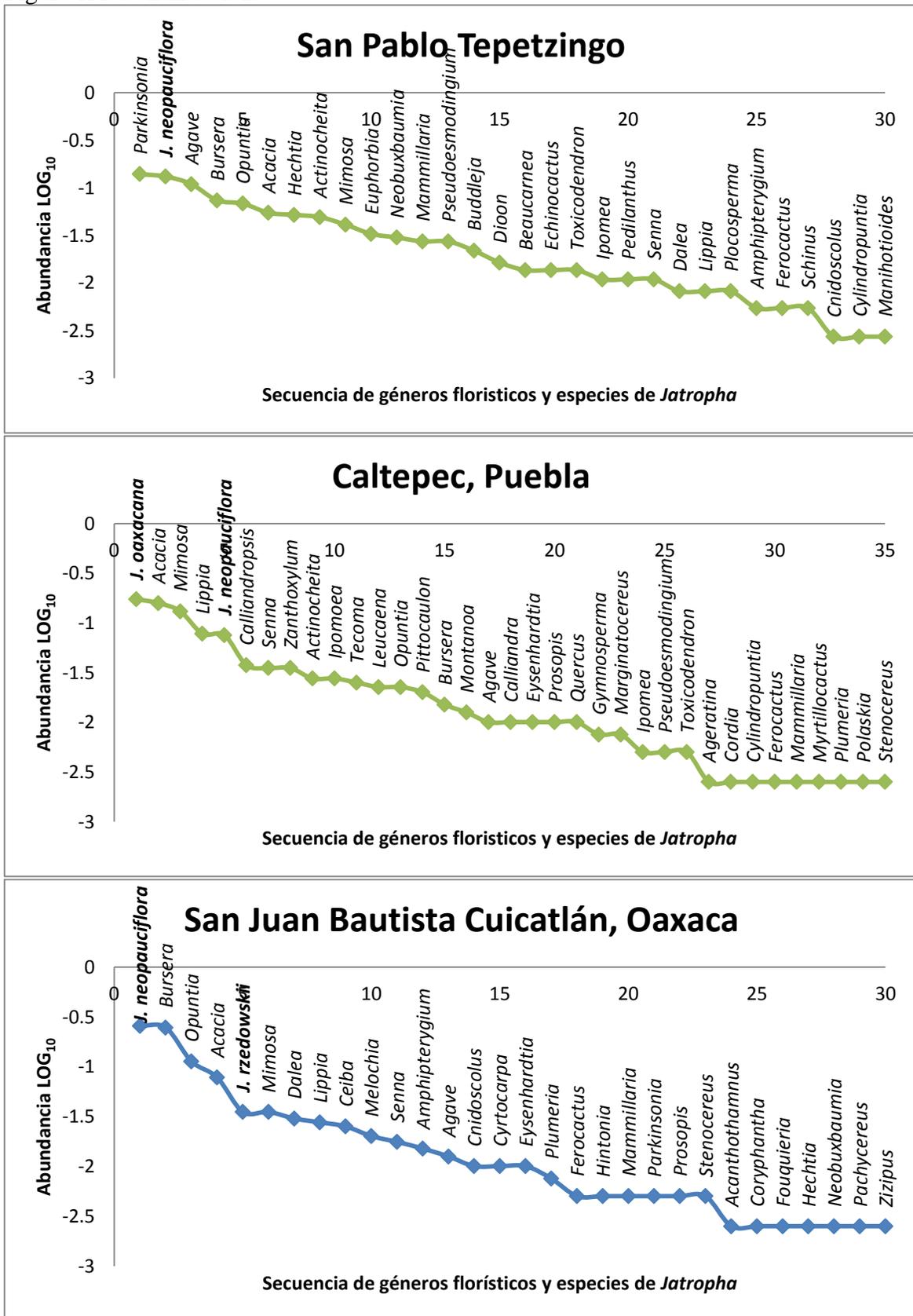


Figura 1A. Continuación.

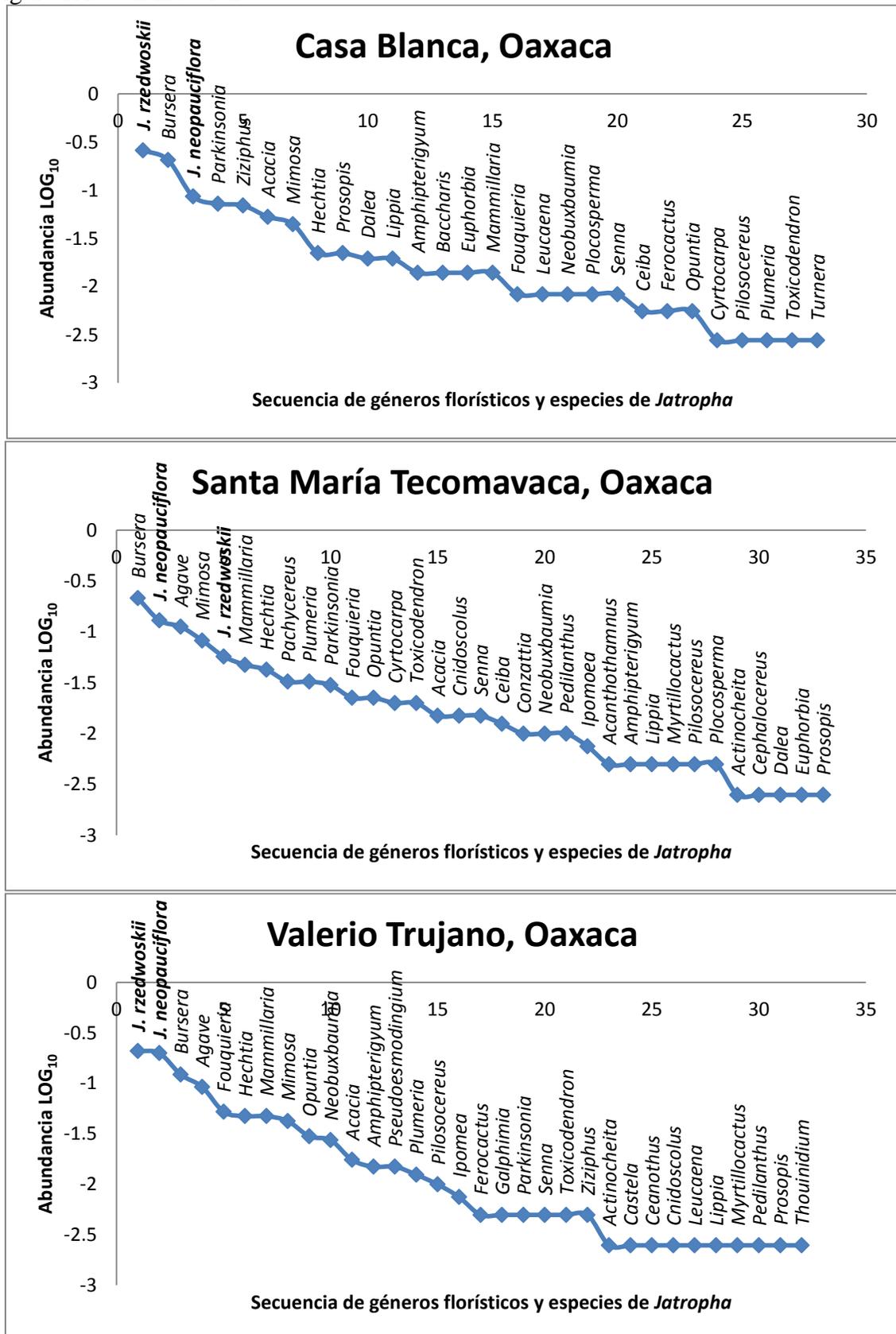


Figura 1A. Continuación.

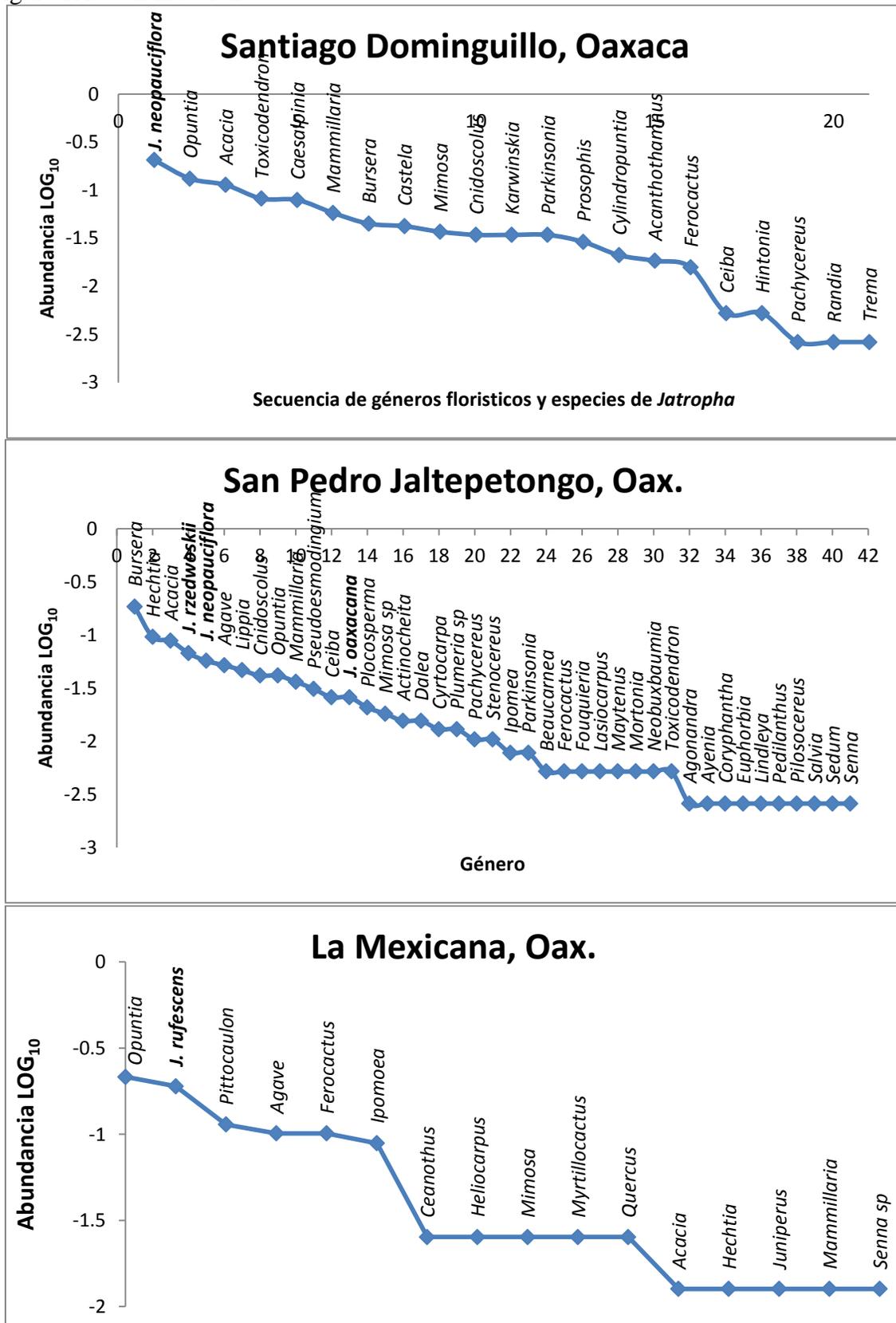




Figura 2A. Frutos de *Jatropha neopauciflora* y hojas senescentes



Figura 3A. Planta de *Jatropha neopauciflora* en floración.



Figura 4A. Planta de *Jatropha rzedowskii* en floración.



Figura 5A. Frutos de *Jatropha rzedowskii*.



Figura 6A. Frutos de *Jatropha oaxacana*.



Figura 7A. Planta de *Jatropha oaxacana* en floración.



Figura 8A. Plantas de *Jatropha ciliata*.



Figura 9A. Plantas de *Jatropha ciliata* en floración.



Figura 10A. Plantas de *Jatropha rufescens*.



Figura 11A. Medición a individuo de *J. neopauciflora*, para cobertura vegetal.



Figura 12A. Toma de datos para variación morfológica, laboratorio en Colegio Postgraduados-Montecillo.