

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Jatropha dioica* EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF *Jatropha dioica* IN THE NORTHERN CENTER OF MEXICO

Jesús M. Martínez-Calderas¹, Jorge Palacio-Núñez^{1*}, Juan F. Martínez-Montoya¹, Genaro Olmos-Oropeza¹
Fernando Clemente-Sánchez¹, Gerardo Sánchez-Rojas²

¹Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. 78622, México. (biologo99mx@yahoo.com.mx), (jpalacio@colpos.mx), (fmontoya@colpos.mx), (olmosg@colpos.mx), (clemente@colpos.mx). ²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Pachuca, Hidalgo, México. C.P. 42184. (gsanchez@uaeh.edu.mx).

RESUMEN

La planta sangre de grado (*Jatropha dioica*) habita en climas áridos o semiáridos, se usa en medicina tradicional y podría utilizarse como materia prima industrial, por lo cual tiene importancia económica para los pobladores rurales. Aspectos básicos sobre su distribución y abundancia se desconocen, así como los factores ambientales que las determinan. El objetivo de este estudio fue determinar su distribución, abundancia y las variables que influyen en su densidad de tallos, altura y biomasa de tallos. El área de estudio comprendió 86 493 km², y el diseño de muestreo consistió en ubicar sitios mediante una rejilla de 5×5 km usando el programa ArcGIS 9.2 y cartografía base 1: 250 000, y se seleccionó al azar el 3 % de cuadros (234 sitios de muestreo). El trabajo en campo se realizó entre febrero de 2011 y marzo de 2013. En cada sitio se registró la abundancia y se midió la altura de los tallos, altitud y pendiente del terreno en parcelas de 10×100 m. La subprovincia fisiográfica (SPF), los tipos de vegetación y de suelo se registraron mediante cartografía. Una tabulación de equivalencia entre altura y biomasa a partir de 500 tallos con diferente altura se ajustó a cada individuo medido en campo. La abundancia, altura y peso de los tallos entre las SPF, tipo de vegetación, tipo de suelo, pendiente y altitud del terreno se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis en cada caso. Hubo diferencias significativas en densidad y peso entre todas las variables. La altura fue diferente sólo en tipo de vegetación y pendiente. La abundancia de tallos de *J. dioica* fue mayor en terrenos con poca pendiente y con vegetación de matorral,

ABSTRACT

Leatherstem plants (*Jatropha dioica*) live in arid and semiarid climates, it is used in traditional medicine and could also be utilized as an industrial raw material, which is why this plant is vital to the economy of rural populations. The fundamental aspects of its distribution and abundance are unknown, as well as the environmental factors that determine them. The objective of this study was to determine its distribution, abundance, and the variables that influence its density, height, and biomass of stems. The area of study consisted of 86 493 km², and the sampling design consisted in locating sites using a grid of 5×5 km with the software program ArcGIS 9.2 and scale 1: 250 000, and 3 % of the squares were randomly selected (234 sampling sites). We conducted the fieldwork from February 2011 to March 2013. We registered the abundance and height of stems in each site and measured the altitude and slope of the terrain in plots of 10×100 m. By mapping, we registered the physiographic subprovinces (PSP), the types of vegetation and the types of soil. For every individual measured in the field, we adjusted a tabulation of equivalence between height and biomass from 500 stems with different heights. The abundance, height, and weight of the stems between de PSPs, type of vegetation, type of soil, slope, and altitude of the terrain were analyzed using the Kruskal-Wallis non-parametric test in each case. There were significant differences in density and weight between every variable. The height was only different in the type of vegetation and slope. The abundance of stems of *J. dioica* was higher in terrains with little slope and with scrub vegetation, the distribution in North-central Mexico is broad, and the habitat conditions influence the distribution and abundance.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2018. Aprobado: agosto, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 53: 433-446. 2019.

es una especie de distribución amplia en el centro-norte de México, y esta distribución y su abundancia están influidas por las condiciones del hábitat.

Palabras clave: *Jatropha dioica*, zonas áridas, recursos naturales, alternativas de uso, medicina tradicional, disponibilidad de uso.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones restringidas de humedad en las regiones áridas y semiáridas son difíciles para los habitantes rurales y para los organismos nativos (Sosa *et al.*, 2006). La fisiología de las comunidades vegetales varía y se reconoce una serie de ellas (Rzedowski, 1978). De estas, el matorral xerófilo es dominante y ocupa cerca de 40 % de la superficie de México (González-Medrano, 2003). En estas zonas existen especies de la flora con potencial para obtener productos económicamente redituables para uso en la industria de la cosmética, cordelería (Canales *et al.*, 2006), alimentación, medicina (Cervantes-Ramírez, 2002) y curtiduría (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). Algunas de estas especies pertenecen al género *Jatropha*, el cual tiene especial relevancia por el uso del aceite de las semillas para la producción de biodiesel (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013). Varias especies se usan tradicionalmente como alimento, medicina y ornamental (Alanís-Garza *et al.*, 2007; Manzanero-Medina *et al.*, 2009).

Una especie de este género con potencial de usos múltiples es *Jatropha dioica*, conocida en la región como “sangre de grado”. Su distribución es desde el norte al centro del país, de preferencia en climas secos cálidos y semicálidos (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013), en los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor, 2016). Desde el punto de vista antrópico, esta especie se usa en México para fines medicinales antimicrobianos (Alanís-Garza *et al.*, 2007), vaginitis, uretritis, blenorragia, nefritis, gastroenteritis, estomatitis, conjuntivitis, congestión renal, amigdalitis, como antiséptico local, contra la caída del cabello y para la debilidad (Manzanero-Medina *et al.*, 2009). Además, contiene una cantidad significativa de taninos y otros subproductos de importancia potencial

Keywords: *Jatropha dioica*, arid zones, natural resources, alternative use, traditional medicine, availability of use.

INTRODUCTION

The restricted conditions of humidity in the arid and semiarid regions are difficult for the rural inhabitants and the native organisms (Sosa *et al.*, 2006). The physiognomy of the vegetal communities varies, and a series of them is recognized (Rzedowski, 1978). From these, the xerophytic scrub is dominant and occupies about 40 % of the surface of Mexico (González-Medrano, 2003). In these regions, there are vegetal species with potential to obtain products economically profitable for their use in cosmetic industry, cordage (Canales *et al.*, 2006), feeding, medicine (Cervantes-Ramírez, 2002), and tannery (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). Some of these species belong to the genus *Jatropha*, which is especially relevant because of the use of its seed oil to produce biodiesel (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013). Several species are used traditionally as a food source, medicine and as an ornament (Alanís-Garza *et al.*, 2007; Manzanero-Medina *et al.*, 2009).

One species of this genus with multiple potential uses is *Jatropha dioica*, known as “leatherstem” in the region. It’s distributed from the north to the center of the country, especially in dry warm and semi-warm climates (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013) in the states of Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Mexico City, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, and Zacatecas (Villaseñor, 2016). In Mexico, people use this species as medicine, as it exerts antimicrobial effects (Alanís-Garza *et al.*, 2007), and its used to treat vaginitis, urethritis, gonorrhoea, nephritis, gastroenteritis, stomatitis, conjunctivitis, renal congestion, sore throat, as a local antiseptic, and against hair loss and weakness (Manzanero-Medina *et al.*, 2009). Also, it contains a significant amount of tannins and other subproducts of potential importance in the tannery industry (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000).

A significant issue with these species and its potential use is that the fundamental aspects about their biology are unknown; besides, the intensity of

en la industria de la curtiduría (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000).

Un gran problema con estas especies con potencial de uso, es que se desconocen aspectos básicos sobre su biología; además, se desconoce la intensidad de su uso, así como su distribución y abundancia. Ante esto, es necesario conocer su ecología, distribución y abundancia (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013) para proveer conocimiento para un uso y manejo adecuados (Estrada-Castillón *et al.*, 2012). Como en otras regiones áridas o semiáridas del mundo, en el centro-norte de México se presentan problemas ecológicos por fragmentación, principalmente debido a la ganadería extensiva (*i.e.* Van Auken, 2000; Foroughbakhch *et al.*, 2009). Por esto, para proporcionar opciones reales y mejorar la condición de vida de habitantes en las áreas rurales de zonas áridas y semiáridas, se buscan estrategias para implementar los sistemas de aprovechamiento promoviendo el uso racional y la conservación de los recursos (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000).

Como especie nativa, *J. dioica* presenta varias bondades porque puede crecer en estas condiciones climáticas, además de ser relativamente abundante (Estrada-Castillón *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2015). Por todo esto, se le puede considerar un recurso potencial para uso alternativo en las regiones áridas y semiáridas, donde es necesario profundizar en estudios enfocados a su aprovechamiento. El objetivo del presente estudio fue estudiar la abundancia, altura y peso de los tallos de *J. dioica*, y las variables que influyen en su distribución y abundancia en el centro-norte de México. La hipótesis fue que la distribución y abundancia para el aprovechamiento de *J. dioica* están en función de las características de las SPF, así como de tipos de vegetación, tipos de suelo, pendiente del terreno y altitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende la región centro-norte de México que abarca parte de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y Querétaro, con extensión de 86 493 km² (Figura 1). La fisiografía varía entre plana o ligeramente ondulada, a escabrosa, con grandes llanuras y sierras intercaladas generalmente aisladas (INEGI, 2005a). El área incluye parcial o totalmente las provincias fisiográficas (PF) Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental, Mesa del Centro,

its use is also unknown, as well as its distribution and abundance. Because of this, it is essential to learn about its ecology, distribution, and abundance (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013) in order to provide knowledge about its proper use and handling (Estrada-Castillón *et al.*, 2012). As is the case in other arid or semiarid regions of the world, in North-central Mexico there are ecological problems due to fragmentation, mainly because of the extensive livestock farming (*i.e.* Van Auken, 2000; Foroughbakhch *et al.*, 2009). It is for this reason that to provide real options and improve the quality of life of the people who live in the rural areas of arid and semiarid regions, we need to look for strategies to implement the systems of exploitation promoting the rational use and conservation of the resources (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000).

As a native species, *J. dioica* presents a vast array of virtues; it can grow in these climate conditions, and it is relatively abundant (Estrada-Castillón *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2015). For all these reasons, we consider it as a potential resource for alternative use in arid and semiarid regions, where it is necessary to deepen studies focused on its exploitation. The objective of this study was to determine the abundance, height, and weight of the stems of *J. dioica*, as well as the variables that influence its distribution and abundance in North-central Mexico. We hypothesized that the distribution and abundance of *J. dioica* for its exploitation depends in the characteristics of the PSPs, as well as on the type of vegetation, type of soil, slope, and altitude of the terrain.

MATERIALS AND METHODS

Area of study

The area of study corresponds to the North-central region of Mexico, which covers part of the states of Durango, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, and Querétaro, with an extension of 86 493 km² (Figure 1). The physiography varies between flat or slightly wavy to rugged, with great plains and intercalated mountain ranges, generally isolated (INEGI, 2005a). The area includes either total or partially the physiographic provinces (PP): Northern Plains, Sierra Madre Oriental, Central Mexican Plateau, Sierra Madre Occidental, and the Trans-Mexican Volcanic Belt (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990). From these PP, we considered, totally or partially,

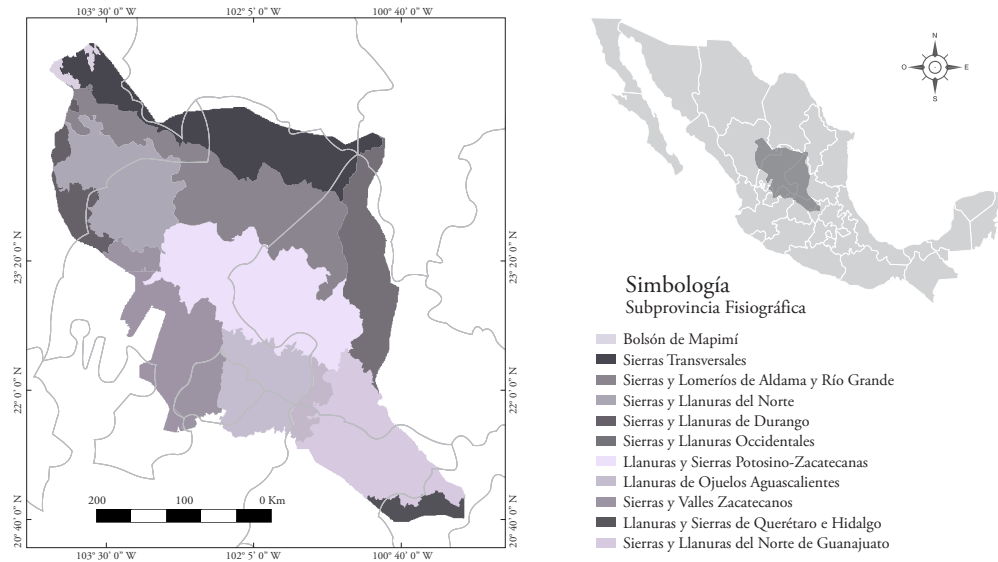


Figura 1. Mapa del área de estudio mostrando las subprovincias fisiográficas (completas o parciales) y los límites estatales dentro de la región centro-norte de México.
Figure 1. Map of the area of study with the physiographic sub-provinces (complete or partial) and the state limits within the North-central region of Mexico.

Sierra Madre Occidental y Eje Neovolcánico (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990). Varias subprovincias fisiográficas (SPF) de estas PF se consideraron total o parcialmente. Para Llanuras del Norte se consideró parcialmente a la SPF Bolsón de Mapimí. Para la PF Sierra Madre Oriental se incluyó parcialmente a las SPF Sierras Transversales y Sierras y Llanuras Occidentales. Para Mesa del Centro se incluyó totalmente a las SPF Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, Sierras y Llanuras del Norte, Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes y parcialmente a Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. La PF Sierra Madre Occidental incluyó parcialmente a Sierras y Llanuras de Durango y Sierras y Valles Zacatecanos. De la PF Eje Neovolcánico se incluyó una porción de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. En toda esta área predomina el clima seco a semiseco, con época de lluvia entre junio y septiembre (SNIARN, 2005). Los tipos de vegetación presentes, según su extensión, son matorral desértico micrófilo, pastizal, matorral crasicaule, mezquital, huizachal, matorral subtropical, pastizal-huizachal, mezquital-izotal, izotal, bosque de encino y vegetación halófila (INEGI, 2005b).

En el área, según INEGI (2007), hay 19 tipos de suelo: Castañozem háplico, Castañozem lúvico, Castañozem calcárico, Feozem háplico, Fluvisol háplico, Litosol, Planosol éutrico, Planosol háplico, Planosol mólico, Regosol calcárico, Regosol éutrico, Regosol háplico, Solonetz órtico, Xerosol calcárico, Xerosol gípsico, Xerosol háplico, Xerosol lúvico y Yermosol háplico, siendo los más abundantes Xerosol háplico, Litosol, Xerosol calcárico y Castañozem háplico. En la cartografía todos ellos presentan tex-

several Physiographic Subprovinces (PSPs). For the Northern Plains, we considered a part of the Bolsón de Mapimí PSP. For the Sierra Madre Oriental PP, we partially included the Sierras Transversales and the Sierras y Llanuras Occidentales PSPs. For the Central Mexican Plateau, we completely included the PSPs of Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, Sierras y Llanuras del Norte, Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, and partially the Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. For the Sierra Madre Occidental PP, we partially included Sierras y Llanuras de Durango and Sierras y Valles Zacatecanos. From the Trans-Mexican Volcanic Belt PP, we included a portion of Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. In this area, the dry and semi-dry climate predominates, with the rainy season between June and September (SNIARN, 2005). The vegetation that we observed, according to its extension, were microphyll desert scrub, grassland, crassicaule scrub, mezquital, huizachal, subtropical scrub, grassland-huizachal, mezquital-izotal, izotal, oak forest, and halophyte vegetation (INEGI, 2005b).

In the area, according to INEGI (2007), there are 19 types of soil: Haplic kastanozem, Luvic kastanozem, Calcárico kastanozem, Haplic phaeozem, Haplic fluvisol, Lithosol, Eutric planosol, Haplic planosol, Mollic Planosol, Calcárico regosol, Eutric regosol, Haplic regosol, Orthic solonetz, Calcic xerosol, Gypsic xerosol, Haplic xerosol, Luvic xerosol, and Haplic yermosol; the most abundant types were Haplic xerosol, Lithosol, Calcic xerosol, and Haplic kastanozem. During soil mapping, we observed that every type of soil has a medium texture, which is why we did not

tura media, por lo que esta variable no se incluyó en el estudio. Se incluyeron todas las topoforras presentes en el área de estudio, donde el terreno fluctuó de plano o casi plano a escarpado, con altitud mínima registrada de 1160 m en un valle, y máxima de 2297 m en una zona montañosa.

Toma de datos en campo

El trabajo de campo se realizó de febrero a mayo de 2011 y 2012, y febrero y marzo de 2013, que son los meses secos, pero es cuando los tallos de *J. dioica* son más visibles porque no están cubiertos por otras especies del lugar. Para ubicar los puntos de muestreo se generó una rejilla con cuadros de 5×5 km (7962 cuadros) usando el programa informático ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006) y cartografía base 1: 250 000, y considerando los mapas de: 1) división política, 2) suelos, 3) provincias y subprovincias fisiográficas, 4) uso de suelo y vegetación y, 5) el modelo digital de elevación. Toda esta información se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1991, 2005 a,b, 2007 y 2008).

Debido a la extensión del área y el costo del esfuerzo de muestreo, se seleccionó al azar el 3 % de cuadros (234 sitios de muestreo) mediante un diseño simple aleatorio. Con esta cuadrícula se garantizó que los puntos aleatorios de muestreo quedaran separados al menos 5 km uno de otro y distribuidos de manera proporcional dentro del área de estudio. Las coordenadas del centroide de cada sitio se localizaron en campo con GPS Garmin V y, para la toma de datos, se realizaron parcelas de 10×100 m. La SPE, el tipo de vegetación y el de suelo se obtuvieron de INEGI (2005b y 2007). La altitud se obtuvo con GPS y se dividió en cinco clases: <1350 m, 1350 a 1600, 1601 a 1850, 1851 a 2100, y >2100 m. La pendiente del terreno se midió con clinómetro Suunto PM-5 y también se catalogó en cinco clases siguiendo las propuestas por Aramburu y Escibano (2006), que son nula o suave ($NS = >3^\circ$), moderada ($M = 3-10^\circ$), fuerte ($F = >10-20^\circ$), muy fuerte ($MF = >20-30^\circ$) y escarpada ($E = >30^\circ$).

Jatropha dioica es una especie clonal y se constató que una planta, derivada de una sola raíz, puede tener de uno a más de 20 tallos que afloran, pero es necesario excavar para determinar cuáles tallos pertenecen a cada planta. Ante esto, los análisis se realizaron para los tallos individuales, y no para individuos, independiente de su número de tallos. En cada parcela se registró el número y la altura individual de los tallos. La abundancia se estimó mediante densidad de tallos, expresado en tallos ha^{-1} . Para obtener el peso seco se recolectaron 500 tallos en toda la gama de alturas, y se secaron (sin hojas, en caso de tenerlas) en estufa a 65 °C, hasta obtener peso constante; con esto se realizó una tabulación de equivalencia entre altura y peso, la cual se ajustó a cada individuo medido en campo.

include this variable in the study. We included all the landforms present in the area of study, where the terrain fluctuated from flat or almost flat to uneven, with a registered minimum and maximum altitude of 1160 m in a valley and 2297 m in a mountainous area, respectively.

Field data collection

We conducted the fieldwork from February to May 2011 and 2012, and during February and March 2013, the dry months, but it is also when the stems of *J. dioica* are more visible because other endemic species do not cover them. To localize the sampling sites, we generated a grid with squares of 5×5 km (7962 squares) using the software ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006) and mapping scale of 1: 250 000, also considering the maps of: 1) political division, 2) soils, 3) physiographic provinces and subprovinces, 4) use of soil and vegetation, and, 5) the digital model of elevation. We collected all this information from the Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1991, 2005 a,b, 2007 and 2008).

Due to the extension of the area and the cost of sampling effort, we randomly selected 3 % of the squares (234 sampling sites) with a simple random design. With this grid, we assured that the sampling sites were at least 5 km apart from each other and distributed proportionally within the area of study. In the field, we localized the centroid coordinates of each site with the GPS Garmin V and, for data collection, we made plots of 10×100 m. From INEGI (2005b and 2007) we obtained the PSPs, the type of vegetation and the type of soil. We measured the altitude with the GPS and divided it into five classes: <1350 m, 1350 to 1600, 1601 to 1850, 1851 to 2100, and >2100 m. We measured the slope of the terrain with the inclinometer Suunto PM-5 and classified it in five classes according to the ones proposed by Aramburu and Escibano (2006), which are: null or gentle ($NS = >3^\circ$), moderate ($M = 3-10^\circ$), strong ($F = >10-20^\circ$), very strong ($MF = >20-30^\circ$), and steep ($E = >30^\circ$).

Jatropha dioica is a clonal species and we confirmed that one plant, from a single root, can have one or more than 20 emerging stems, but it is necessary to dig in order to determine which stems belong to each plant. Because of this, we analyzed individual stems, not the individuals, regardless of their number of stems. In each plot, we registered the number and height of every stem. We used the density of stems to estimate the abundance, expressed as stems ha^{-1} . To measure the dry weight, we collected 500 stems of every height, and dried them (without leaves, in case they had any) in a stove at 65 °C, until they reached a constant weight; with this, we created a tabulation of equivalence between height and weight, and we adjusted it to every individual measured in the field.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron para validar la densidad, la altura y el peso de los tallos entre las SPF del área de estudio, el tipo de vegetación y de suelo, la pendiente del terreno y la altitud. Los datos de campo tuvieron una gran dispersión de valores y no se ajustaron a una distribución normal. Cuando la normalidad de los datos no se puede asumir, se requiere de una prueba no paramétrica (*i.e.* Gotfryd y Hansell, 1985) y se usó la de Kruskal-Wallis (KW) que prueba la diferencia de tratamientos o grupos de muestras independientes o de resultados de muestreo independientes (*i.e.* Vergura *et al.*, 2009). Cuando hay diferencia de tratamientos, se realiza la prueba *pos hoc* de Dunn que provee un método de comparación múltiple mediante la comparación de medianas de tratamiento (Gardiner, 1997). Ambas pruebas y modelo se realizaron con el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, 2004) con $p \leq 0.05$. El programa Excel se usó para mostrar estos resultados de manera gráfica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 119 (51.3 %) sitios se identificó *J. dioica*, cuya abundancia expresada como densidad de tallos fue de 1281.9 tallos ha^{-1} . La especie se localizó en todas las SPF, pero con diferencia significativa en su densidad (KW: $H=28.19$, $p=0.006$). Fue más abundante en Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas seguida de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (Cuadro 1), con los valores más bajos en Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato y en Bolsón de Mapimí. Con estos resultados se confirma la distribución amplia de la especie dentro del área de estudio (*i.e.* Estrada-Castillón *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2015). Respecto a su abundancia, no se encontró información en la literatura. Everitt *et al.* (1981) reportaron una densidad de 201 plantas ha^{-1} en el sur de Texas, mientras que Molina *et al.* (2015) encontraron 333 plantas ha^{-1} en el matorral xerófilo en el estado de Nuevo León. Esta información parece menor a la de estos resultados para la densidad de tallos y para la de la mayoría de las subprovincias, con excepción de Bolsón de Mapimí y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, sin embargo, esos autores mencionan individuos, no tallos, por lo que esta información pudo no ser comparable.

La altura de los tallos varió de 4.6 a 113 cm, sin diferencia (KW: $H=9.93$, $p=0.446$) entre las SPF, con los valores mayores en Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y Sierras y Llanuras de Durango, y la menor altura promedio se observó en Sierras y Valles Zacatecanos. En este sentido, Calderón y Rzedowski

Statistical analysis

We conducted statistical analysis to validate the density, height, and weight of the stems in the different PSPs in the area of study, the type of vegetation and soil, the slope of the terrain and the altitude. The data collected from the field showed a high-value dispersion and did not adjust to a normal distribution. When it is not possible to assume the normality of the data, a non-parametric test is required (*i.e.* Gotfryd and Hansell, 1985), and we used the Kruskal-Wallis (KW) test that analyses the different treatments or groups of independent samples or the results of independent samplings (*i.e.* Vergura *et al.*, 2009). When there are differences between the treatments the *pos hoc* Dunn test is required, which provides a method for multiple comparisons by comparing the medians of treatment (Gardiner, 1997). We conducted both tests and models with the program STATISTICA 7.1 (StatSoft, 2004) with $p \leq 0.05$, and used Excel to show this results in a graphic way.

RESULTS AND DISCUSSION

We identified *J. dioica* in 119 (51.3 %) sites, its abundance, expressed as the density of stems, was 1281.9 stems ha^{-1} . We found the species in every PSP, but with a significant difference in its density (KW: $H=28.19$, $p=0.006$). It was more abundant in Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas followed by Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (Table 1), we observed the lowest values in Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato and Bolsón de Mapimí. With these results, we confirm the broad distribution of the species within the area of study (*i.e.* Estrada-Castillón *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2015). In the literature, there is no information regarding its abundance. Everitt *et al.* (1981) reported a density of 201 plants ha^{-1} in the south of Texas; meanwhile, Molina *et al.* (2015) found 333 plants ha^{-1} in the xerophytic scrub in the state of Nuevo León. This information seems minor in comparison with these results of the density of the stems and for most subprovinces, except Bolsón de Mapimí and Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato; however, those authors refer to individuals, not stems; thus, this information is not comparable.

The height of the stems varied from 4.6 to 113 cm, without any differences (KW: $H=9.93$, $p=0.446$) between the PSP, the highest values were from Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo and Sierras y Llanuras de Durango, we observed the lowest average height in Sierras y Valles Zacatecanos. In this respect, Calderón

Cuadro 1. Densidad de tallos media, altura y peso medio de tallos de *J. dioica* en las subprovincias fisiográficas (SPF) en la región centro-norte de México.
Table 1. Average density, height, and weight of the stems of *J. dioica* in the physiographic subprovinces (PSPs) in the North-central region of Mexico.

SPF	Densidad		Altura (cm)	Peso medio (kg ha ⁻¹)	
	Tallos ha ⁻¹				
BM	70.0d	± 59.0	65.4 ± 37.8	1.0d	± 1.70
ST	784.2c	± 289.7	62.7 ± 15.7	6.4cd	± 17.60
SLARG	842.8c	± 237.1	60.3 ± 15.3	7.7c	± 19.61
SLN	838.8c	± 177.5	67.3 ± 13.0	7.1c	± 15.49
SLD	1165.0bc	± 148.9	73.7 ± 4.9	9.6c	± 14.29
SLO	1639.0b	± 387.6	54.8 ± 22.7	15.5b	± 32.83
LSPZ	2738.9a	± 712.1	52.3 ± 12.8	20.6a	± 42.79
LOA	795.4c	± 153.4	51.3 ± 16.1	4.3d	± 8.39
SVZ	915.0c	± 504.9	49.1 ± 15.3	6.7cd	± 22.87
LSQH	2473.3a	± 162.0	74.5 ± 13.2	26.9a	± 26.94
SLNG	58.1d	± 204.0	63.9 ± 17.1	3.8d	± 12.01

Literales diferentes en cada columna muestran diferencias significativas. Abreviaturas: SPF=subprovincia fisiográfica, BM=Bolsón de Mapimí, ST=Sierras Transversales, SLARG=Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, SLN=Sierras y Llanuras del Norte, SLD=Sierras y Llanuras de Durango, SLO=Sierras y Llanuras Occidentales, LSPZ=Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, LOA=Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, SVZ=Sierras y Valles Zacatecanos, LSQH=Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, SLNG=Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. ❖ The different literals in each column show significant differences. Abbreviations: PSP=physiographic subprovince, BM=Bolsón de Mapimí, ST=Sierras Transversales, SLARG=Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, SLN=Sierras y Llanuras del Norte, SLD=Sierras y Llanuras de Durango, SLO=Sierras y Llanuras Occidentales, LSPZ=Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, LOA=Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, SVZ=Sierras y Valles Zacatecanos, LSQH=Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, SLNG=Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato.

(2001) mencionan que la altura de *J. dioica* oscila entre 50 a 150 cm, pero el valor promedio encontrado en el presente estudio varió entre 49.1 a 74.5 cm, por lo que se acerca al límite inferior reportado por esos autores y de hecho, tallos con altura menor a 50 cm fueron abundantes.

La altura de los tallos no se reflejó en su peso, pues mientras que para peso hubo diferencia entre las SPF (KW: H=21.79, p=0.046), para la altura no la hubo. Para ambos casos, los valores mayores se encontraron en Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, y las menores en Bolsón de Mapimí, Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato y Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes. En cuanto al peso de los tallos, no hay estudios en los que se les haya evaluado; el mayor peso y altura de los tallos en LSQH se puede asociar a una mayor precipitación (500-600 mm) y los menores valores en BM asociados

and Rzedowski (2001) mention that the height of *J. dioica* varies from 50 to 150 cm, but the average value found in this study varied between 49.1 and 74.5 cm, these values approach the lower limit reported by those authors and in fact, the stems with a height lower than 50 cm were abundant.

The height of the stems was not related to its weight; in the PSPs, we observed differences in the weight of the stems (KW: H=21.79, p=0.046), but not in their height. In both cases, we observed the highest values in Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo and Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas, and the lowest in Bolsón de Mapimí, Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, and Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes. No other study has evaluated the weight of the stems; the highest values of weight and height of the stems in LSQH are related to greater precipitation (500-600 mm), and the lowest values in

a menor precipitación (200-300 mm) (CONABIO, 2001).

Respecto a vegetación, *J. dioica* sólo estuvo presente en nueve tipos, donde su densidad de tallos mostró diferencias (KW: $H=20.89$, $p=0.002$). Estuvo ausente o no se localizó en vegetación halófito, matorral subtropical y pastizal-huizachal. Los tipos de vegetación más característicos con *J. dioica* para la región centro-norte de México son los matorrales (Granados-Sánchez *et al.*, 2011; Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013) en los cuales esta planta presentó su mayor densidad de tallos. Si bien estos últimos autores mencionan que se distribuye principalmente en el matorral desértico rosetófilo, en los resultados este tipo de matorral fue el segundo en importancia, superado por el micrófilo. Así, la mayor densidad poblacional se presentó en el matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicaule e izotal (Cuadro 2). Los menores valores se localizaron en mezquital-izotal y bosque de encino. Respecto a su altura, en matorral crasicaule seguido de matorral desértico rosetófilo se encontraron las plantas más altas (KW: $H=25.08$, $p=0.003$), mientras que en mezquital-izotal, bosque de encino e izotal, las menores.

El peso de los tallos presentó relación con los tipos de vegetación (KW: $H=21.20$, $p=0.002$); los más

BM are related to lower precipitation (200-300 mm) (CONABIO, 2001).

Referring to the vegetation, *J. dioica* was only present in nine types, where its density of stems showed differences (KW: $H=20.89$, $p=0.002$). It was absent or not localized in halophyte vegetation, subtropical scrub, and grassland-huizachal. The most characteristic type of vegetation with *J. dioica* for the North-central region of Mexico are the scrubs (Granados-Sánchez *et al.*, 2011; Fresnedo-Ramírez and Orozco-Ramírez, 2013), in which this plant showed its greatest stem density. Even though these last authors mention that it is mainly distributed in the roseate desert scrub, in our results, this type of scrub was the second most important, after the microphyll. Thus, we observed the highest populational density in the microphyll desert scrub, roseate desert scrub, crassicaule scrub, and izotal (Table 2). We localized the lowest values in mezquital-izotal and oak forest. Regarding its height, we found the tallest plants in the crassicaule scrub, followed by the roseate desert scrub (KW: $H=25.08$, $p=0.003$), and the lowest heights in mezquital-izotal, oak forest, and izotal.

The weight of the stems and the type of vegetation are related (KW: $H=21.20$, $p=0.002$); we found the

Cuadro 2. Densidad de tallos media, altura y peso medio de tallos de *J. dioica* en los tipos de vegetación (TV) en la región centro-norte de México.

Table 2. Average density, height, and weight of the stems of *J. dioica* in the types of vegetation (TV) in the North-central region of Mexico.

TV	Densidad		Altura (cm)	Peso medio (kg ha ⁻¹)	
	Tallos ha ⁻¹				
BE	6.4c	± 4.3	35.8b	± 17.9	0.6c ± 0.21
H	429.4cd	± 361.4	57.7a	± 36.2	343.0a ± 14.53
Iz	1509.6b	± 168.2	44.2b	± 10.5	26.1ab ± 95.17
Mz	883.0c	± 313.4	57.5a	± 18.8	8.9b ± 22.31
Mz-I	13.9d	± 1.5	31.8b	± 39.8	16.0b ± 51.90
MC	1715.1b	± 409.3	68.3a	± 16.1	19.4ab ± 35.12
MDM	5073.3a	± 4044.4	58.3a	± 14.3	9.3b ± 27.47
MDR	1799.0b	± 327.7	61.7a	± 15.6	8.2b ± 27.01
Pn	890.9c	± 131.8	51.9a	± 15.8	3.1c ± 7.45

Literales diferentes en cada columna muestran diferencias significativas. Abreviaturas: BE=bosque de encino, H=huizachal, Iz=izotal, Mz=mezquital, Mz-I=mezquital-izotal, MC=matorral crasicaule, MDM=matorral desértico micrófilo, MDR=matorral desértico rosetófilo, Pn=pastizal natural. ❖ The different literals in each column show significant differences. Abbreviations: BE=oak forest, H=huizachal, Iz=izotal, Mz=mezquital, Mz-I=mezquital-izotal, MC=crassicaule scrub, MDM=microphyll desert scrub, MDR=roseate desert scrub, Pn=natural grassland.

pesados se encontraron en huizachal, izotal y matorral crasicaule, mientras que en bosque de encino y pastizal se encontraron los de menor peso. La altura y el peso no se relacionaron de manera directa y no se encontraron referencias sobre la relación de la altura y del peso de esta planta con los tipos de vegetación donde se desarrolla. Los tallos de mayor altura se localizaron en matorral crasicaule, pero tuvieron el tercer lugar en cuanto a peso.

El sobrepastoreo de los pastos ha ocasionado una sucesión vegetal regresiva, donde ahora predominan las plantas leñosas y malezas de bajo o nulo valor forrajero (*i.e.* Holechek *et al.*, 1989; Kerley y Whitford, 2000), además de propiciar la degradación del suelo (Gibbens *et al.*, 1983; Hennesy *et al.*, 1983). El crecimiento de las plantas leñosas es muy limitado en la presencia de pastos, y su establecimiento requiere la creación de claros (Bush y Van Auken, 1995; Van Auken, 2000; Flores y Yeaton, 2000). Este tipo de plantas, entre las que figura *J. dioica* (Calderón y Rzedowsky, 2001), son indicadoras de alteraciones en las comunidades vegetales en ecosistemas áridos (*i.e.* Whitford *et al.*, 1998; De Soyza *et al.*, 2000; Van Auken, 2000). Entonces, *J. dioica* también es una especie favorecida por el sobrepastoreo, sin embargo, al igual que para las SPE, la ubicación de cada sitio de muestreo fue al azar, por lo que cada uno de estos sitios pudo tener diferente condición en cuanto al clima puntual, el estado de conservación y otras variables no consideradas. Estos resultados coincidieron en general con su mayor abundancia (densidad de tallos) en los matorrales (Granados-Sánchez *et al.*, 2011; Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013), pero su mayor peso y mayor altura no se explican con las variables usadas, sobre todo a escala tan grande.

Jatropha dioica estuvo presente sólo en 12 de los 18 tipos de suelo encontrados en el área de estudio, de los cuales Fluvisol háplico, Planosol éútrico, Planosol háplico, Planosol mólico, Solonetz órtico y Xerosol gípsico fueron restrictivos, donde esta planta estuvo ausente, o no fue detectada. Salvo Fluvisol que puede presentar problemas de inundación y salinidad-sodicidad, en general, estos son suelos delgados y de baja productividad (INEGI, 2004; IUSS, 2007). Valenzuela *et al.* (2015) mencionan que esta planta se localiza preferentemente en terrenos pedregosos. La densidad poblacional de tallos fue significativamente mayor (KW: $H=46.27$, $p=0.009$) en Regosol calcárico seguido por Litosol, Xerosol háplico y Regosol éútrico;

heaviest in huizachal, izotal, and crassicaule scrub; meanwhile, in oak forest and grassland we found the lightest. The height and weight were not directly related, and we did not find references about the relation of the height and weight of this plant with the types of vegetation where it develops. We found the longest stems in crassicaule scrub, but they were the third place regarding its weight.

Overgrazing has developed in a regressive vegetal succession, now woody plants and weed with low or no forage value predominate (*i.e.* Holechek *et al.*, 1989; Kerley and Whitford, 2000), it also propitiates soil degradation (Gibbens *et al.*, 1983; Hennesy *et al.*, 1983). The growth of woody plants is very limited in the presence of grasses, and its establishment requires the creation of clearings (Bush y Van Auken, 1995; Van Auken, 2000; Flores y Yeaton, 2000). These types of plants, where we can find *J. dioica* (Calderón y Rzedowsky, 2001), are indicators of modifications in the vegetal communities in arid ecosystems (*i.e.* Whitford *et al.*, 1998; De Soyza *et al.*, 2000; Van Auken, 2000). Thus, *J. dioica* is a species also favored by overgrazing; however, as well as for the PSPs, the localization of each sampling site was random, which is why each one of these sites may have a different condition regarding its climate, the state of conservation, and other variables not considered. In general, these results agree with our observations of the highest abundance (density of stems) in the scrubs (Granados-Sánchez *et al.*, 2011; Fresnedo-Ramírez, and Orozco-Ramírez, 2013), but does not explain the higher weight and height observed with the variables used, especially on such a large scale.

Jatropha dioica was only present in 12 of the 18 types of soil found in the area of study, from which Haplic fluvisol, Eutric planosol, Haplic planosol, Mollic planosol, Orthic solonetz, and Gypsic xerosol were restrictive, where the plant was absent or not detected. Except for Fluvisol, that can suffer inundations and salinity-sodicity; in general, these are thin soils with low productivity (INEGI, 2004; IUSS, 2007). Valenzuela *et al.* (2015) mention that this plant prefers rocky terrains. The populational density of stems was significantly higher (KW: $H=46.27$, $p=0.009$) in Calcaric regosol, followed by Lithosol, Haplic xerosol, and Eutric regosol; in general, these soils are more profound and can be fertile, like Eutric regosol. In the other types of soil, the density was lower, especially in Luvic xerosol,

son en general más profundos y pueden ser fértiles, como el caso de Regosol éútrico. En los demás tipos la densidad fue menor, sobre todo en Xerosol lúvico, Castañozem lúvico y Yermosol háplico; salvo Castañozem, son suelos asociados a baja precipitación y bajo contenido de materia orgánica. Cabe mencionar que los Regosoles están constituidos por material mineral no consolidado de grano fino, en pendientes o regiones montañosas, mientras que los Litosoles son suelos muy delgados, con limitaciones por roca continua (INEGI, 2004; IUSS, 2007).

El tipo de suelo no se relacionó con la altura de tallos (KW: $H=23.81$, $p=0.161$), pero si con el peso (KW: $H=25.77$, $p=0.0105$). Las plantas más pesadas se encontraron en Regosol éútrico y calcárico seguido de Castañozem calcárico y háplico, presentando el menor en Castañozem lúvico y Xerosol lúvico (Cuadro 3). En los suelos pedregosos Regosol éútrico y calcárico se observaron valores significativamente mayores; los suelos más orgánicos y no precisamente pedregosos Castañozem háplico y calcárico (INEGI, 2004; IUSS, 2007) tuvieron valores intermedios, mientras que en Castañozem lúvico hubo valores bajos.

Luvic kastanozem, and Haplic yermosol; except for kastanozem, these soils are associated to low precipitation and low content of organic matter. It is important to mention that Regosols are constituted by mineral, not consolidated, fine-grained material, in slopes or mountainous regions, while Lithosols are thin soils, with limitations because of the continuous rock (INEGI, 2004; IUSS, 2007).

There was no relation between the type of soil and the height of the stems (KW: $H=23.81$, $p=0.161$), but there was a relationship with their weight (KW: $H=25.77$, $p=0.0105$). We found the heaviest plants in Eutric and Calcaric regosol, followed by Calcaric and Haplic kastanozem, we found the plants with the lowest weight in Luvic kastanozem and Luvic xerosol (Table 3). We observed values significantly higher in rocky soils, Eutric and Calcaric regosol; the more organic soils and not necessarily rocky, Haplic and Calcaric kastanozem (INEGI, 2004; IUSS, 2007) showed intermediate values; meanwhile, Luvic kastanozem showed low values.

The density of the stems of *J. dioica* relates significantly with the slope of the terrain (KW:

Cuadro 3. Densidad de tallos media, altura y peso medio de tallos de *J. dioica* en los tipos de suelo (TS) en la región centro-norte de México.

Table 3. Average density, height, and weight of the stems of *J. dioica* in the types of soil (TS) in the North-central region of Mexico.

TS	Densidad [†]		Altura (cm)	Peso medio (kg ha ⁻¹)	
	Tallos ha ⁻¹				
Kc	138.3d	± 124.9	68.0	± 37.9	12.0b ± 3.5
Kh	242.9d	± 922.7	49.0	± 15.1	13.1b ± 48.9
Kl	12.3d	± 9.7	58.1	± 45.6	0.5c ± 0.3
Hh	515.7d	± 388.8	62.4	± 22.8	5.9c ± 23.0
I	2608.1b	± 350.8	60.3	± 15.9	7.9c ± 25.5
Rc	4243.2a	± 190.9	60.1	± 3.5	17.0ab ± 8.0
Re	1249.5cd	± 908.5	68.3	± 9.8	35.1a ± 55.8
Rh	805.2d	± 228.0	68.1	± 14.3	8.2c ± 19.3
Xk	747.9d	± 186.6	54.9	± 14.1	3.2c ± 11.8
Xh	1729.4c	± 270.2	53.7	± 14.7	5.5c ± 20.8
Xl	1.0d	± 0.9	31.5	± 25.3	0.4c ± 0.2
Yh	26.9d	± 21.7	70.3	± 10.6	0.8c ± 1.4

[†]Literales diferentes en cada columna muestran diferencias significativas. Abreviaturas: Castañozem cálcico (Kc), háplico (Kh) y lúvico (Kl), Feozem háplico (Hh), Fluvisol háplico (Fh), Litosol (I), Regosol calcárico (Rc), éútrico (Re) y háplico (Rh), Xerosol cálcico (Xk), háplico (Xh) y lúvico (Xl) y Yermosol háplico (Yh). * [†]Different literals in each column shows significant differences. Abbreviations: Calcic (Kc), haplic (Kh) and luvic (Kl) kastanozem, Haplic phaeozem (Hh), Haplic fluvisol (Fh), Lithosol (I), Calcaric (Rc), Eutric (Re), and Haplic regosol (Rh), Calcic (Xk), haplic (Xh), and luvic xerosol (Xl), and Haplic yermosol (Yh).

La densidad de tallos de *J. dioica* se relacionó significativamente con la pendiente del terreno (KW: $H=43.97$, $p=0.000$), con su valor más alto en pendiente suave o nula, y disminuyó conforme aumentó la pendiente. Estos resultados son discordantes con lo reportado por Valenzuela *et al.* (2015), quienes mencionan que se localiza preferentemente en pendientes pronunciadas. Las plantas de mayor altura se localizaron en pendiente moderada, con valores menores en muy fuerte (KW: $H=11.47$, $p=0.043$). El peso de los tallos (KW: $H=11.95$, $p=0.035$) fue afectado por la pendiente. En ambos casos, fue mayor en pendientes suave, moderada y fuerte, con los valores más bajos en escarpada (Cuadro 4).

La densidad de tallos (KW: $H=36.37$, $p=0.002$) y el peso de tallos (KW: $H=26.25$, $p=0.018$) de *J. dioica* fueron diferentes estadísticamente entre las clases de altitud; sin embargo, la altura de las plantas (KW: $H=0.037$, $p=0.999$) no lo fue (Cuadro 5). La distribución de esta especie se reporta en un gradiente altitudinal desde 5 hasta 2800 m (Calderón y Rzedowski, 2001; González y Sosa, 2003; Sosa *et al.*, 2006), y este rango es mayor al del área de estudio. La densidad de tallos fue mayor (KW: $H=36.37$, $p=0.001$) en el intervalo altitudinal 1851 a 2100 m, seguido de los intervalos 1601-1850 y >2100 m, y a menos de 1600 m se observó el menor valor (Cuadro 5). Los tallos más pesados (KW: $H=26.25$, $p=0.018$) se ubicaron en el intervalo de 1601-1850, seguido de 1851-2100 y <2100 m. En general,

$H=43.97$, $p=0.000$), we observed its highest value in gentle or null slopes, and it decreased as the slope increased. These results do not agree with the ones reported by Valenzuela *et al.* (2015), who mentioned that these plants prefer pronounced slopes. We found the highest plants in moderate slopes, and shorter plants in very strong slopes (KW: $H=11.47$, $p=0.043$). The slope affected the weight of the stems (KW: $H=11.95$, $p=0.035$). In both cases, the values were higher in gentle, moderate, and strong slopes; and lowest in steep slopes (Table 4).

The density (KW: $H=36.37$, $p=0.002$) and weight of the stems (KW: $H=26.25$, $p=0.018$) of *J. dioica* were statistically different between the classes of altitude; however, the height of the plants (KW: $H=0.037$, $p=0.999$) was not (Table 5). Reports indicate that the distribution of this species occurs according to an altitudinal gradient from 5 to 2800 m (Calderón y Rzedowski, 2001; González y Sosa, 2003; Sosa *et al.*, 2006), and this range is higher than that of the area of study. The density of the stems was higher (KW: $H=36.37$, $p=0.001$) in the altitudinal range of 1851 to 2100 m, followed by the intervals 1601-1850 and >2100; below 1600 m we observed the lowest value (Table 5). The heaviest stems (KW: $H=26.25$, $p=0.018$) were located from 1601 to 1850, followed by 1851-2100 and >2100 m. In general, at a lower altitude, the stems were less heavy; there is no reported information about this, nor there is an additional reason to the one already mentioned for the above variables.

Cuadro 4. Densidad de tallos, altura y peso medio de tallos de *J. dioica* en las categorías de pendiente del terreno en la región centro-norte de México.

Table 4. Average density, height, and weight of the stems of *J. dioica* in the slope categories of the terrain in the North-central region of Mexico.

Pendiente	Densidad [†]		Altura (cm) [†]	Peso medio (kg ha ⁻¹)		
	Tallos ha ⁻¹					
NS	5202.3a	± 563.1	57.4b	± 14.5	29.8a	± 56.2
M	3743.0b	± 560.8	63.1a	± 17.2	32.0a	± 54.2
F	2588.1c	± 892.0	55.6b	± 18.7	30.0a	± 72.4
MF	291.4d	± 116.2	46.1b	± 18.2	10.3b	± 14.1
E	495.8d	± 220.2	58.9b	± 13	7.4c	± 17.5

[†]Literales diferentes en cada columna muestran diferencias significativas. Abreviaturas: NS=nula o suave, M=moderada, F=fuerte, MF=muy fuerte, E=escarpada. ❖ [†]Different literals in each column shows significant differences. Abbreviations: NS=null or gentle, M=moderate, F=strong, MF=very strong, E=steep.

Cuadro 5. Densidad de tallos, altura y peso medio de tallos de *J. dioica* con hojas y sin hojas en las categorías de altitud del terreno (m) en la región centro-norte de México.
Table 5. Average density, height, and weight of the stems of *J. dioica* with and without leaves in the altitude categories of the terrain (m) in the North-central region of México.

Altitud	Densidad [†]		Altura (cm)	Peso medio (kg ha ⁻¹)	
	Tallos ha ⁻¹				
<1350	271.4c	± 96	74.9	± 4.2	8.0c ± 14.09
1350-1600	96.0c	± 31	61.6	± 17.2	1.8c ± 2.56
1601-1850	3328.2b	± 357	60.5	± 16.8	39.6a ± 71.51
1851-2100	5391.8a	± 638	55.8	± 15.7	31.9ab ± 81.97
>2100	3233.0b	± 319	52.9	± 12.9	28.1b ± 44.39

[†]Literales diferentes en cada columna muestran diferencias significativas. ❖ [†]Different literals in each column shows significant differences.

a menor altitud, los tallos fueron menos pesados; no se encontró información al respecto, ni se tiene más explicación que la que ya se mencionó para las variables anteriores.

La información aportada es relevante para entender la distribución y abundancia y la biomasa de los tallos de *J. dioica*. Algunos usos medicinales de la especie consideran propiedades de la raíz (Alanís-Garza *et al.*, 2007; Manzanero-Medina *et al.*, 2009), donde se encuentra la mayor concentración de taninos de importancia industrial (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). Para conocer la biomasa de la raíz, o sobre la concentración de subproductos deseables o rendimiento, se requieren estudios enfocados a este aspecto. *Jatropha dioica* se puede considerar como un recurso natural renovable sujeto a aprovechamiento. En su uso tradicional, los recolectores usan herramientas y procedimientos apropiados y sólo recolectan una parte de la planta, que puede seguir viable (Manzanero-Medina *et al.*, 2009). Además, recomiendan utilizar las plantas de mayor altura (y tal vez, edad), y dejar las plantas menores para repoblar (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). La utilización debe realizarse siempre bajo planes de manejo sustentable.

En general, los resultados del presente trabajo mostraron que tanto la distribución como la abundancia de *J. dioica* en el centro-norte de México estuvieron en función de las SPF, así como de las variables presentes dentro de las mismas, tipo de vegetación, tipo de suelo, pendiente del terreno y altitud y se acepta la hipótesis planteada.

The information that we contribute is relevant to the understanding of the distribution and abundance, as well as of the biomass of the stems of *J. dioica*. Some medicinal uses of this species consider the root properties (Alanís-Garza *et al.*, 2007; Manzanero-Medina *et al.*, 2009), where most of the concentration of tannins of industrial importance resides (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). To know the biomass of the root or the concentration of desirable subproducts or its yield, specific studies on these aspects are required. We may consider *Jatropha dioica* as a renewable natural resource subject to exploitation. In its traditional use, the gatherers use appropriate tools and procedures and only recollect one part of the plant, that can continue viable (Manzanero-Medina *et al.*, 2009). Additionally, they recommend using the tallest plants (and maybe, the oldest) and leave the shortest to repopulate (López-Ibarra y Mendoza-Moreno, 2000). The use of this plant must be sustainable.

In general, the results of this study showed that the distribution and abundance of *J. dioica* in the North-central region of Mexico are related to the PSP, as well as to the variables present within them: type of vegetation, type of soil, slope of the terrain and altitude. This study corroborates our hypothesis.

CONCLUSIONS

The distribution of *Jatropha dioica* comprehends all the physiographic subprovinces of the North-central region of Mexico, but it was more abundant in Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas and Llanuras

CONCLUSIONES

Jatropha dioica se distribuyó en todas las subprovincias fisiográficas del centro-norte de México, pero se presentó con mayor abundancia en Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. La mayor densidad de tallos se relacionó con el tipo de vegetación matorral desértico micrófilo, el tipo de suelo Regosol calcárico, con terrenos con pendiente nula a suave y en altitud de 1851 a 2100 m. El tipo de suelo y la altitud no afectaron la altura de las plantas. En casi todos los tipos de vegetación fue similar, excepto en bosque de encino, izotal y mezquital-izotal, donde fue menor. Las plantas más altas se localizaron en pendiente moderada. Las plantas con mayor peso se relacionaron con la vegetación huzachal, izotal y matorral crasi-caule, suelos Regosol éutrico y calcárico, pendientes nula o suave a fuerte y en el intervalo de altitud de 1600 a 2100 m.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó con apoyo económico parcial por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, proyecto 000620150) y del Colegio de Postgraduados. Agradecemos también a Daniel Jiménez García por su apoyo en el trabajo de campo, y a estudiantes de la BUAP por su participación.

LITERATURA CITADA

- Alanís-Garza, B. A., G. González-González, R. Salazar-Aranda, N. Waksman de Torres, and V. M. Rivas-Galindo. 2007. Screening of antifungal activity of plants from the northeast of Mexico. *J. Ethnopharmacol.* 114: 468-471.
- Aramburu, M. P., y R. Escribano. 2006. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp: 175-177.
- Calderón, G. C. de R., y J. Rzedowski. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. pp: 367-368.
- Bush, J. K., and O. W. Van Auken 1995. Woody plant growth related to planting time and clipping of a C4 grass. *Ecology* 76: 1603-1609.
- Canales, G. E., V. Canales-Martínez, y E. M. Zamarrón-Rodríguez. 2006. Candelilla del desierto mexicano hacia el mundo. *Biodiversitas* 69: 1-5.
- Cervantes-Ramírez, M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. *Temas Selectos de Geografía de México*. Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

y Sierras de Querétaro e Hidalgo. The highest density of the stems was related to the microphyll desert scrub type of vegetation, the Calcaric regosol type of soil, the terrains with null to gentle slope, and altitudes from 1851 to 2100 m. The type of soil and the altitude did not affect the height of the plants, which was similar in almost every type of vegetation, except for the oak forest, izotal, and mezquital-izotal types, where it was lower. We found the tallest plants in moderate slopes. The heaviest plants were associated with the huizachal, izotal and crassicaule scrub vegetations, the eutric and calcaric regosol soils, null or gentle to a strong slope, and an altitude interval of 1600 a 2100 m.

—End of the English version—



- Cervantes-Zamora, Y., S. L. Cornejo-Olguín, R. Lucero-Márquez, J. M. Espinoza-Rodríguez, E. Miranda-Viquez, y A. Pineda-Velázquez. 1990. Provincias Fisiográficas de México. Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV. 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad de México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2001. Climas, escala 1:1,000,000. www.conabio.gob.mx/información/metadatos/gis/
- De Soyza, A. G., J. W. Van Zee, W. G. Whitford, A. Neale, N. Tallent-Hallsel, J. E. Herrick, and K. M. Havstad. 2000. Indicators of Great Basin rangeland health. *J. Arid Environ.* 45: 289-304.
- ESRI (Environmental System Research Institute). 2006. ArcGIS Desktop 9.2. Environmental System Research Institute. Redlands, CA.
- Estrada-Castillón, E., J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, C. Cantú-Ayala, M. A. García-Aranda, J. Sánchez-Salas, J. Jiménez-Pérez, y M. Pando-Moreno. 2012. Clasificación, estructura y diversidad del matorral submontano adyacente a la planicie costera del Golfo Norte en el Noreste de México. *Bot. Sci.* 90: 37-52.
- Everitt, J. H., C. L. González, G. Scott, and B. E. Dahl. 1981. Seasonal food preferences of cattle on native range in the south Texas plains. *J. Range Manage.* 34: 384-388.
- Flores, F. J. L. y R. I. Yeaton. 2000. La importancia de la competencia en la organización de las comunidades vegetales en el Altiplano Mexicano. *Interciencia* 25: 365-371.
- Foroughbakhch, R., P. J. Hernández, V. M. Alvarado, C. E. Céspedes, E. A. Rocha, and A. M. Cárdenas. 2009. Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agrofor. System* 77: 181-192.
- Fresnedo-Ramírez, J., and Q. Orozco-Ramírez. 2013. Diversity and distribution of genus *Jatropha* in Mexico. *Genetic Resources Crop Evol.* 60: 1087-1104.
- Gardiner, W. P. 1997. Statistics for the Biosciences: Data Analysis Using Minitab Software. Prentice Hall Europe. UK.

- Gibbens, R. P., J. M. Tromble, J. T. Hennessey, and M. Cárdenas. 1983. Soil movement in mesquite dunelands and former grasslands of Southern New Mexico from 1933-1980. *J. Range Manage.* 36: 145-148.
- González P., A., y M. Sosa C. 2003. Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (desierto chihuahuense, México) utilizando Modelos Digitales de Elevación. *Ecosistemas* 2: 355-368.
- González-Medrano, F. 2003. Las Comunidades Vegetales de México. Propuesta para la Unificación de la Clasificación y Nomenclatura de la Vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- Gotfryd, A., and R. I. Hansell. 1985. The impact of observer bias on multivariate analyses of vegetation structure. *Oikos* 45: 223-234.
- Granados-Sánchez, D., A. Sánchez-González, G. Victorino, R. Linnx, y A. Borja de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Rev. Chapingo, Serie Ciencias For. y del Ambiente* 17: 111-130.
- Hennessey, J. T., R. P. Gibbens, J. M. Tromble, and M. Cárdenas. 1983. Vegetation changes from 1935 to 1980 in mesquite dunelands and former grasslands of Southern New Mexico. *J. Range Manag.* 36: 723-726.
- Holechek J. L., R. D. Pieper, and C. H. Herbel. 1989. *Range Management Principles and Practices*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. USA. 501p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1991. Cartas geográficas de clima, suelo y precipitaciones, escalas 1: 100 00 y 1: 250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004. Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005a. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de topografía. Escala 1:150,000, Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005b. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Conjunto de datos Vectoriales Edafológicos. Escala 1:250,000, Serie II, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. Continuo de Elevación Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- IUSS. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. IUSS Grupo de Trabajo WRB. FAO, Roma, Italia.
- Kerley, G., and W. G. Whitford. 2000. Impact of grazing and desertification in the Chihuahuan Desert: plant communities, granivores and granivory. *The Am. Midland Nat.* 144: 78-91.
- López-Ibarra, J. C., y S. R. Mendoza-Moreno. 2000. Cuantificación de taninos condensados de corteza y madera en la especie sangre de drago (*Jatropha dioica*). *Rev. Chapingo: Serie Zonas Áridas* 1: 1-6.
- Manzanero-Medina, G. I., A. Flores-Martínez, E. Sandoval-Zapotitla, y R. Bye-Boettler. 2009. Etnobotánica de siete raíces medicinales en el mercado de Sonora de la ciudad de México. *Polibotánica* 27: 191-228.
- Molina, V., L. Rechy, A. Alcalá, D. Marín, y E. Alanís. 2015. Composición y diversidad vegetal del matorral mediano subierme del noreste de México. *Rev. Iberoam. Ciencias* 1: 111-119.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México. 479 p.
- SNIARN (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales). 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- Sosa, M., J. L. Galarza, T. Lebgue, R. Soto, y S. Puga. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua, México. *Ecol. Apl.* 5: 53-59.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (Data Analysis Software System) Version 7.1.
- Van Auken, O. W. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *An. Rev. Ecol. Syst.* 31: 197-215.
- Valenzuela, L. M. N., J. C. Ríos, K. R. Barrientos, G. Muro, J. S. Sánchez, y E. A. C. Briceño. 2015. Estructura y composición florística en dos comunidades de mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb & Bonp ex Willd.) M. C. Johnst.) en Durango, México. *Interciencia* 40: 465-472.
- Vergura, S., G. Acciani, V. Amoroso, G. E. Patrono, and F. Vacca. 2009. Descriptive and inferential statistics for supervising and monitoring the operation of pv plants. *Industrial Electronics, IEEE Transactions On* 56: 4456-4464.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Rev. Mex. Biodiversidad.* 87: 559-902.
- Whitford, W.G., A. G. de Soyza, J. W. Van Zee, J. E. Herrick and K. M. Havstad. 1998. Vegetation, soil, and animal indicators of rangeland health. *Environ. Monit. Assess.* 51: 179-200.