



Artículo / Article

## Frutos y semillas de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, endémica de Oaxaca y su relación con factores de sitio

## Fruits and seeds of *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, an endemic species of Oaxaca and its relationship with site factors

Leonel Cruz Cortes<sup>1</sup>, Gerardo Rodríguez-Ortiz<sup>1\*</sup>, José Raymundo Enríquez del Valle<sup>1</sup>,  
Javier López Upton<sup>1</sup> y Vicente Arturo Velasco Velasco<sup>1</sup>

### Resumen

*Bursera heliae*, especie arbórea predominante en la selva baja caducifolia de Oaxaca, tiene problemas de regeneración mediante semillas debido a la presencia de alteraciones de su hábitat natural y a la sobreexplotación de sus poblaciones. El objetivo de esta investigación fue caracterizar los frutos-semillas y relacionar variables de sitio, en árboles de *B. heliae* seleccionados fenotípicamente en la comunidad de Santa María Zoquitlán, Oaxaca. Durante 2015 se realizaron muestreos dirigidos en los que se identificaron e inventariaron 17 árboles, y se recolectaron sus frutos y semillas. En una muestra aleatoria de 50 frutos y 50 semillas árbol<sup>-1</sup> se registraron los siguientes datos: diámetro polar y ecuatorial (mm), peso (g) y cantidad de semillas por kilogramo. Se realizaron análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey, 0.05), análisis de correlación y análisis clúster, entre progenitores. Los resultados indicaron que los individuos seleccionados tuvieron tamaños de 89.6± 28.2 en altura; 4.2± 1.1 cm de diámetro normal; 5.1± 1.7 m de diámetro de copa y 23.2± 5.0 m<sup>2</sup> de área de copa. En función del árbol del cual se cosecharon los frutos, varió el tamaño entre 0.82± 0.65 cm en diámetro y peso, 0.329± 0.07 g; mientras que el tamaño de las semillas correspondió a un intervalo de 0.57± 0.46 cm, y, el peso a 0.104± 0.08 g. La especie contiene 9 989± 1 768 semillas por kilogramo. Se obtuvieron correlaciones de las características de sitio y dasométricas del árbol, con las de frutos y semillas. Se recomienda coleccionar semillas de árboles con fenotipo sobresaliente 7, 10, 12 como paso previo para propagar y establecer plantaciones de la especie, así como realizar pruebas de progenies.

**Palabras clave:** Árbol progenitor, *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, características de sitio, fenotipo, selva baja caducifolia, variable dasométrica.

### Abstract

*Bursera heliae*, a prevalent tree species in the low deciduous forest of Oaxaca, has problems to regenerate through seeds, due to disturbances in its natural habitat and to the overexploitation of its populations. The objective of this research was to characterize the fruits-seeds and to relate site variables in individuals selected phenotypically in Santa María Zoquitlán, Oaxaca. Directed samplings carried out in 2015 identified and inventoried 17 trees, and the following parameters were registered in a random sample of 50 fruits and 500 seeds per tree: the polar and equatorial diameters (mm), weight (g), and number of seeds per kilogram. Mean tests (Tukey, 0.05) and variance, correlation and cluster analyses were applied among parent trees. The results indicated heights of 89.6± 28.2; normal diameters of 4.2±1.1 cm; crown diameters of 5.1±1.7 m, and crown surface areas of 23.2±15.0 m<sup>2</sup>. The range of the fruit diameter was 0.82± 0.65 cm, and the weight of the fruits was 0.329± 0.07 g, while the diameter of the seeds was 0.57± 0.46 cm, and their weight was 0.104± 0.08 g, according to the size of the tree. The species contains 9 989± 1 768 seeds per kilogram. Correlations of the site and dasometric characteristics with those of the fruits and seeds were obtained. Collection of seeds from trees with outstanding phenotypes 7, 10 and 12 and progeny tests are recommended as a previous step to the propagation and establishment of *B. heliae* plantations.

**Key words:** Parent tree, *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, site characteristics, phenotype, low deciduous forest, dasometric variable.

Fecha de recepción/Reception date: 22 de marzo de 2017; Fecha de aceptación/ Acceptance date: 25 de abril de 2017.

<sup>1</sup> Posgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). México.

\*Autor para correspondencia: Correo-e: grodriguez.itvo@yahoo.com

## Introducción

La familia Burseraceae consta de 20 géneros y 600 especies entre árboles y arbustos caducifolios que en su gran mayoría son aromáticos y resinosos (Linares y Bye, 2008). A esta familia pertenece *Bursera*, con una amplia distribución en América; planta prominente y característica de la vegetación de México (Rzedowski, 1978).

Alrededor de 70 % del área de selva baja se ha perdido en las últimas seis décadas, y la mitad de lo remanente está formada por bosques perturbados (Trejo y Dirzo, 2000). Ante la magnitud de la deforestación de este tipo de vegetación, es urgente la propagación de sus especies nativas con fines de reforestación (Guizar y Sánchez, 1992).

*Bursera heliae* Rzed. & Calderón y otros taxa del mismo género están amenazadas por factores antrópicos, entre las que destacan la sobreexplotación no planificada de madera y resina (Ray y Brown, 1995); el pastoreo, que en muchas ocasiones no permite que se desarrolle la regeneración natural como la consecuente disminución de sus poblaciones (Castellanos-Vargas, 2009). La especie tiene potencial para plantaciones comerciales, además se usa en cercos vivos, para agroforestería (Hernández-Apolinar *et al.*, 2006). Y otros diversos fines; de tal manera que su aprovechamiento genera importantes ingresos económicos a los habitantes de algunas comunidades rurales en las que se talla la madera para la elaboración de artesanías (alebrijes). También se le utiliza con fines medicinales (Montúfar, 2007).

Al implementar actividades de propagación, mediante semillas, en condiciones de vivero interesa conocer las formas de frutos y semillas (Bonfil *et al.*, 2007), que en caso de *B. heliae* tienen una testa muy dura e impermeable, lo cual impide la imbibición y que ocurra su germinación (Andrés-Hernández y Espinoza-Organista, 2002).

La implementación de programas de propagación y reforestación, requiere evaluar poblaciones en campo, a partir de la selección de árboles fenotípicamente sobresalientes, de los que se recolecten semillas (Rzedowski *et al.*, 2005), ya que la identificación y selección de árboles de un alto potencial, es el inicio y la base fundamental de un programa de colecta de germoplasma forestal (Vallejos *et al.*, 2010), que asegure el abastecimiento de semillas de calidad certificada (Rzedowski y Calderón, 2004). En el caso de *Bursera* no se tienen referencias de ese tipo de trabajos. A pesar de que el estudio de los caracteres morfológicos de la semilla es útil para su reconocimiento en bancos de semillas y en estudios ecológicos relacionados con el desarrollo y cambios en la vegetación (Lovey *et al.*, 2010).

## Introduction

The *Burseraceae* family consists of 20 genera and 600 species of deciduous trees and bushes, most of which are aromatic and resinous (Linares and Bye, 2008). *Bursera*, a prominent plant that is characteristic of the vegetation of Mexico and which has a wide distribution across the American continent, belongs to this family (Rzedowski, 1978).

Approximately 70 % of the low forest areas have been lost in the last six decades, and half of the remaining areas consist of disturbed forests (Trejo and Dirzo, 2000). Given the magnitude of the deforestation of this type of vegetation, there is a pressing need to propagate its native species for reforestation purposes (Guizar and Sánchez, 1992).

*Bursera heliae* Rzed. & Calderón, like other taxa of the same genus is threatened by anthropic factors, the most prominent of which are: the unplanned overexploitation of timber and resin (Ray and Brown, 1995); grazing, which often prevents natural regeneration and results in the reduction of its populations (Castellanos-Vargas, 2009). The species has the potential for establishing commercial plantations; it is also used in living fences and in agroforestry (Hernández-Apolinar *et al.*, 2006), as well as for other purposes. Thus, its exploitation generates considerable income for the inhabitants of certain rural communities in which its wood is carved for the production of crafts (*alebrijes*). It is also used for medicinal purposes (Montúfar, 2007).

In order to implement activities of propagation through seeds in nurseries, it is of interest to know the shapes of the fruits as well as of the seeds (Bonfil *et al.*, 2007), which in the case of *B. heliae* have an extremely hard and waterproof testa that prevents imbibement and germination (Andrés-Hernández and Espinoza-Organista, 2002).

The implementation of propagation and reforestation programs requires the assessment of in-field populations, based on the selection of phenotypically outstanding trees and on the collection of their seeds (Rzedowski *et al.*, 2005), given that the identification and selection of trees with a high potential is the starting point and the base for a forest germplasm collection program (Vallejos *et al.*, 2010) to ensure the supply of certified/quality seeds (Rzedowski and Calderón, 2004). In the case of *Bursera*, there are no references to this type of endeavors, despite the fact that studying the morphological characteristics of the seeds is helpful for recognizing them in seed banks and in ecological research in relation to the development and changes in the vegetation (Lovey *et al.*, 2010).

It is important to characterize the seeds of this dominant low forest species because they determine the stability of the ecosystem (Monroy, 2010) According to Mexal *et al.* (2009), the performance and quality of the site of origin where the

Es importante caracterizar las semillas de las especies dominantes de la selva baja, debido a que ellas determinan la estabilidad del ecosistema (Monroy, 2010). De acuerdo con Mexal *et al.* (2009) el desempeño y calidad de las plantas introducidas al campo para fines de reforestación depende mucho de la calidad del sitio de procedencia, o colectadas las semillas que se usen para la propagación en vivero. Por ello, el objetivo de este trabajo fue describir las características de frutos y semillas y relacionar variables de sitio, de árboles selectos de *Bursera heliae*, especie endémica del sur de Oaxaca.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

La investigación se realizó en el municipio Santa María Zoquitlán, Oaxaca, en el paraje denominado El Chilar, ubicado en las coordenadas 16°34' latitud N y 96°2' longitud O, con una altitud de 1 340 m. Se encuentran en terrenos con pendientes que van de 10 a 50 %, suelos pedregosos y clima cálido seco; con temperatura media anual de 22 °C, y 300-500 mm de precipitación (Inegi, 2008).

### Selección de árboles semilleros y recolección de germoplasma

La selección de árboles de *Bursera heliae* y recolección de frutos se llevó a cabo durante octubre y noviembre del 2015. En terrenos con 48 % de pendiente y altitud promedio de 1 498 m. En la elección de árboles padre se buscaron individuos sobresalientes en tamaño o en calidad de su fuste (Vallejos *et al.*, 2010). Se privilegió además de su fenotipo, la forma de copa, sanidad, vigor, y que mostraron floración y frutos.

Una vez identificados 17 árboles, se establecieron de manera dirigida 17 sitios circulares de 400 m<sup>2</sup> que incluyeran los ejemplares semilleros, de acuerdo con lo recomendado en la metodología descrita por Zobel y Talbert (1988). Un criterio importante fue que los árboles presentaran frutos y que fueran sobresalientes en comparación con los árboles cercanos de la misma especie. Se determinó su altura (m) con un clinómetro marca (SILVA) y el diámetro del tallo a ras del suelo (cm), diámetro a 1.30 m (cm), altura de fuste limpio (m), número de bifurcaciones, número de ramas, diámetro de copa (DC, m) con una cinta diamétrica marca (STIHL) con la que se obtuvo área de copa ( $\pi/4 \times DC^2$ ). Con UN GPS marca GARMIN Drive® 40 LM, se tomaron datos generales del sitio: coordenadas, altitud, pendiente (%), y exposición; además se registró: número de arbustos, número de árboles asociados por sitio, distancia promedio entre árboles y arbustos. De cada individuo se recolectaron frutos, a los cuales se eliminaron impurezas y almacenaron en bolsas de papel de estraza por separado e identificándoles el árbol padre. Según procedimiento descrito por Vallejos *et al.* (2010).

seeds to be used for propagation in the nursery were collected. Therefore, the objective of the present research is to describe the characteristics of the fruits and seeds and to relate them to site variables of selected trees of the *Bursera heliae* species, which is endemic of southern Oaxaca.

## Materials and Methods

### Study area

The research was carried out in the municipality of Santa María Zoquitlán, Oaxaca, in the location named El Chilar, located at the coordinates 16°34' N and 96°2' W and at an altitude of 1 340 m, in plots with 10 to 50 % slopes, rocky soils and a warm, dry climate, an annual mean temperature of 22 °C, and precipitations of 300-500 mm (Inegi, 2008).

### Seed tree selection and germplasm collection

Both the selection of *Bursera heliae* trees and the collection of fruits were carried out in October and November, 2015. In plots with 48 % slope and an average altitude of 1 498 m. In the selection of parent trees, individuals that stood out for their size or the quality of their stem were sought (Vallejos *et al.*, 2010). Furthermore, this species was privileged because of its phenotype, the shape of its crown, its health and vigor, and of the fact that it was blooming and fruiting.

Once 17 trees were identified; 17 400 m<sup>2</sup> circular sites including the seed specimens were established in a targeted manner, according to the recommendations of the methodology described by Zobel and Talbert (1988). An important criterion was that the trees should have fruits and should stand out among other individuals of the same species located in their vicinity. Their height (m) was determined using a (SILVA) clinometer, and the stem diameter at ground level (cm), the diameter at 1.30 (cm), the clear trunk height (m), number of forkings, number of branches, crown diameter (CD, m), with a STIHL measuring tape that was used to calculate the crown area ( $\pi/4 \times DC^2$ ). A GARMIN Drive™ 40LM GPS was used to obtain general data of the site: coordinates, altitude, slope (%) and exposure. The number of shrubs, the number of associated trees per site, and the average distance between the trees and the shrubs were also registered. Fruits were collected from each tree; the impurities were removed, and the fruits were stored separately in brown paper bags, and the parent tree was identified, according to the procedures described by Vallejos *et al.* (2010).



## Caracterización de los frutos y semillas

Una muestra aleatoria de 50 frutos por cada árbol se usó para medirles el diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP, cm), con un calibrador o vernier caliper marca (TITAN®), el peso de fruto (g), se obtuvo con una balanza analítica de precisión. Modelo VE-303 con calibración externa marca (VELAQUIN). Con base con los diámetros, se calculó el coeficiente de forma: DP/DE.

Posteriormente, se procedió al secado de los frutos colocándolos en bolsas de papel, que se identificaron y pusieron a la intemperie durante un periodo de 10 a 15 días expuestas a radiación solar directa (Parrotta, 1994). Una vez abierto el fruto, se obtuvo la semilla, separándolas por cada progenitor en bolsas de papel estraza, y en 50 semillas de cada grupo se cuantificó su peso, DP y DE.

## Análisis estadístico de los datos

Los datos de los frutos y semillas fueron sistematizados en una hoja de *Microsoft Excel*®, y todos los análisis se procesaron en el paquete computacional *Statistical Analysis System* (SAS, 2004). Para conocer si los registros cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó la prueba de Shapiro y Bartlett a las variables y aquellas que no cumplieron los supuestos como la variable DP se les aplicó la transformación  $\text{Arcsen}(x)$ . Con un modelo estadístico completamente aleatorizado, se hizo análisis de varianza, así mismo se aplicó la prueba de medias por Tukey ( $\alpha=0.05$ ), cuya variable independiente fue cada árbol del que se colectaron las semillas. Para determinar la relación, se llevó a cabo un análisis de correlación entre variables morfométricas de árboles, frutos, semillas y de sitio, con el procedimiento PROC CORR. Las determinar las similitudes entre variables morfométricas de frutos y semillas, dasométricas del árbol y de sitio, se estimaron con un análisis clúster.

## Resultados y Discusión

### Características de árboles

Los 17 árboles de los que se recolectaron frutos, tenían alturas que variaron de 2.5 a 7 m; diámetros del tallo a ras del suelo desde 55 a 149 cm; el diámetro a 1.30 m, de 30 a 156 cm; de 1 a 3 bifurcaciones; de 2 a 12 ramas; diámetro de copa (DC) de 2 a 8.5 m, y áreas de copa de 3.14 a 56.74 m<sup>2</sup>. Las grandes diferencias en tamaños podrían atribuirse a: 1) genotipos con diferentes capacidades de crecimiento; 2) las edades que se desconocen; y 3) diferencias de ambientes en que crecieron. Cabe señalar la falta de antecedentes publicados sobre el particular para el género *Bursera*. Sin embargo, está

## Fruit and seed characterization

A random sample of 50 fruits per tree was used to measure the equatorial diameter (ED) and the polar diameter (PD, cm) using a (TITAN™) vernier caliper, the weight of the fruit (g) was calculated using a VE-303 Model high-precision analytic scale with external calibration (VELAQUIN). The estimation of the shape coefficient --PD/ED-- was based on the diameters.

The fruits were then dried by placing them outdoors in paper bags with the corresponding identification, and exposed to direct solar radiation for a period of 10 to 15 days (Parrotta, 1994). Once the fruits were opened, the seeds were taken and separated by parent tree in brown paper bags; their weight, PD and ED were quantified by groups of 50 seeds of each group.

## Statistical analysis of the data

The data of the fruits and seeds were systematized in a *Microsoft Excel*™ spreadsheet, and all the analyses were processed with the *Statistical Analysis System* software package (SAS, 2004). In order to find out whether or not the registers met the normality and variance homogeneity assumptions, the variables were subjected to the Shapiro and Bartlett test. The  $\text{Arcsen}(x)$  transformation was applied to those variables that did not meet the assumptions, such as the PD. A variance analysis was carried out using a completely randomized statistical model; a Tukey's mean test was also applied ( $\alpha=0.05$ ), using as the independent variable each individual tree from which the seeds were collected. In order to determine the relationship, a correlation analysis was carried out between the morphometric variables of trees, fruits, seeds, and site, using the PROC CORR procedure. The similarities between morphometric variables of fruits and seeds, and the tree and site dasometric variables were estimated by means of a cluster analysis.

## Results and Discussion

### Tree characteristics

The 17 trees from which fruits were collected had heights ranging between 2.5 and 7 m; stem diameters at ground level of 55 to 149 cm; diameters at 1.30 of 30 to 156 cm; 1 to 3 forkings; 2 to 12 branches; a crown diameter (CD) of 2 to 8.5 m, and crown areas of 3.14 to 56.74 m<sup>2</sup>. The great differences in size may be attributed to: 1) genotypes with different growth capacities; 2) the unknown ages, and 3) differences between the environments in which they grew. Notably, there is no published background on this topic for the *Bursera* genus. However, the influence of the genotype and the environment on the phenotypic manifestation of all living beings has been acknowledged (Torres and Magaña, 2001).

reconocida la influencia del genotipo y el ambiente en la manifestación fenotípica de todo ser vivo (Torres y Magaña 2001).

En los sitios de 400 m<sup>2</sup> se contabilizaron entre 23 a 179 arbustos, principalmente, de garabatllos (matorral inerme), y candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.); con una densidad de 3 900 arbustos por hectárea. De 3 a 21 árboles de diferentes especies; por ejemplo: bursera (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl.) y el copal santo (*B. copallifera* (Sessé ex Moc.) Bullock), cuachalala (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl.), pitillos (*Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb.), pochotes (*Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f.), piñón (*Stenocereus* sp.), cazahuate (*Ipomoea murucoides* Roem. & Schult.), shuego (*Cereus* spp), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), entre otras; con una densidad de 450 árboles por hectárea. La distancia promedio entre árboles y arbustos fue de 4 a 8.5 m (Cuadro 1). Los sitios en que se encontraron los árboles se localizan en un intervalo altitudinal de 1 310 a 1 664 m; en terrenos con pendientes de 24 a 70 %; y de los 17 sitios, 11 presentaron exposición sureste, tres suroeste, dos oeste y un sitio con exposición noroeste.

Between 23 and 179 shrubs --mainly catclaw mimosa (unarmed shrubs) and candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) -- were counted in the 400 m<sup>2</sup> sites, with a density of 3 900 shrubs per hectare. 3 to 31 tree species --e.g. bursera (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl.) and holy copal (*B. copallifera* (Sessé ex Moc.) Bullock), cuachalala (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl.), organpipe cactus (*Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb.), pochotes (*Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f.), cacti *Stenocereus* sp), cazahuate (*Ipomoea murucoides* Roem. & Schult.), shuego (*Cereus* spp), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), among others-- were also quantified, with a density of 450 trees per hectare. The average distance between trees and shrubs was 4 to 8.5 m (Table 1). The sites where the trees were found are located at an altitude interval of 1 310 to 1 664 masl, in plots with a slope ranging between 24 and 70; out of the 17 sites, 11 had southeastern exposure, three had southwestern exposure, two had western exposure and one site had northeastern exposure.



Cuadro 1. Características de los árboles de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón y de la vegetación asociada.

Árbol	Características de árboles de <i>Bursera</i>							Vegetación asociada			
	D (cm)	Alt (m)	Bifur	Ramas	Dc (m)	Acop (m <sup>2</sup> )	Dpb (cm)	Arbu	Dp arbu (cm)	Arb	Dp arb (m)
5	68	2.5	1	5	2	3.14	50	135	5.25	21	6
2	149	6.18	2	12	7.5	44.17	130	32	5	10	5.27
3	67	3	1	3	3.5	9.62	80	179	5.7	8	5.6
4	66	2.6	1	4	3	7.068	55	68	4	7	7.8
6	133	4.9	2	6	8	50.265	156	56	4.3	4	7
7	55	4.3	1	5	4.7	17.349	41	95	5	14	4.4
8	69	4	1	6	4.1	13.202	45	34	4.5	3	5
9	74	3.9	2	6	4	12.56	81	83	4.2	11	6.2
10	93	3.6	1	5	4.6	16.619	41	77	8.5	10	6.8
11	90	3.2	3	6	4.5	15.904	30	93	6	8	7.4
12	84	4.3	1	6	7	38.48	64	91	7	6	5.6
13	77	3.3	2	5	5.7	25.517	66	59	6.6	6	6.7
14	70	4.2	1	5	4.5	15.904	35	29	7.1	5	5.6
15	125	5.2	3	9	8.5	56.745	62.5	52	6	16	6.4
16	77	4	2	7	6	28.274	61	23	5	17	6.1
17	142	7	2	2	5.5	23.758	150	40	6	17	7.2
1	85	5.4	1	2	4.6	16.619	54	76	5	7	6.2
Mín	55	2.5	1	2	2	3.141	30	23	4	3	4.3
Max	149	7	3	12	8.5	56.745	156	179	8.5	21	7.8

D = Diámetro; Alt = Altura; Bifur = Bifurcaciones; Dc = Diámetro de copa; Acop = Área de copa; Dpb = Diámetro a primera bifurcación; Arbu = Arbustos; Dp arbu = Densidad promedio de arbustos; Arb = Árboles; Dp arb = Densidad promedio árboles; Mín = Mínimo; Máx = Máximo.

Table 1. Characteristics of *Bursera heliae* Rzed. & Calderón trees and of the associated vegetation.

Tree	Characteristics of <i>Bursera</i> trees							Associated vegetation			
	D (cm)	H (m)	F	Branches	CD (m)	CA (m <sup>2</sup> )	Dff (cm)	Shrubs	Shrub AD (cm)	Trees	Tree AD (m)
5	68	2.5	1	5	2	3.14	50	135	5.25	21	6
2	149	6.18	2	12	7.5	44.17	130	32	5	10	5.27
3	67	3	1	3	3.5	9.62	80	179	5.7	8	5.6
4	66	2.6	1	4	3	7.068	55	68	4	7	7.8
6	133	4.9	2	6	8	50.265	156	56	4.3	4	7
7	55	4.3	1	5	4.7	17.349	41	95	5	14	4.4
8	69	4	1	6	4.1	13.202	45	34	4.5	3	5
9	74	3.9	2	6	4	12.56	81	83	4.2	11	6.2
10	93	3.6	1	5	4.6	16.619	41	77	8.5	10	6.8
11	90	3.2	3	6	4.5	15.904	30	93	6	8	7.4
12	84	4.3	1	6	7	38.48	64	91	7	6	5.6
13	77	3.3	2	5	5.7	25.517	66	59	6.6	6	6.7
14	70	4.2	1	5	4.5	15.904	35	29	7.1	5	5.6
15	125	5.2	3	9	8.5	56.745	62.5	52	6	16	6.4
16	77	4	2	7	6	28.274	61	23	5	17	6.1
17	142	7	2	2	5.5	23.758	150	40	6	17	7.2
1	85	5.4	1	2	4.6	16.619	54	76	5	7	6.2
Min	55	2.5	1	2	2	3.141	30	23	4	3	4.3
Max	149	7	3	12	8.5	56.745	156	179	8.5	21	7.8

D = Diameter; H = Height; F = Forkings; CD = Crown diameter; CA = Crown area; Dff = Diameter at the first fork; Shrub AD = Average shrub density; Tree AD = Average tree density; Min = Minimum; Max = Maximum.

### Características de frutos y semillas

*Bursera heliae* desarrolla frutos tipo drupa y en los diversos árboles seleccionados su cantidad fue variable, entre 1 000 a 3 000. El análisis de varianza para cuatro características de frutos y semillas (Cuadro 2) evidenció que, únicamente, el peso, y el diámetro ecuatorial, de los frutos, tuvieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Para el caso de las variables de semillas, el peso, diámetro ecuatorial y coeficiente de forma presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ); en ambos casos la respuesta fue en función de los árboles que se recolectaron.

### Fruit and seed characteristics

*Bursera heliae* develops drupe type fruits, whose number ranged between 1 000 and 3 000 in the selected individuals. The variance analysis for four characteristics of fruits and seeds (Table 2) evidenced that only the weight and the equatorial diameter of the fruits showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ). As for the variables of the seeds, the weight, the equatorial diameter and the shape coefficient exhibited significant differences ( $P \leq 0.05$ ). In both cases, these variations were determined by the differences between the trees.



Cuadro 2. Resumen de análisis de varianza de varias características de frutos y semillas de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón considerando como variable independiente el árbol del que se recolectaron los frutos.

Variables	f.v	gl	Peso (g)	Dp (cm)	De (cm)	Cf
Fruto	Árbol	65	0.039**	0.11	0.031**	2.37 <sub>ns</sub>
	Error	784	0.005**	0.073	0.006**	0.703 <sub>ns</sub>
	Total	849				
Semilla	Árbol	65	0.007**	0.094	0.015**	0.048**
	Error	784	0.004**	0.06	0.003**	0.013**
	Total	849				

f.v = Fuentes de variación; gl = Grados de libertad; dp = Diámetro polar; de=Diámetro ecuatorial; cf= Coeficiente de forma; \* = Probabilidad de  $F \leq 0.05$ ; \*\* = Valor de F; ns = No significativo.

Table 2. Summary of the variance analysis of various characteristics of *Bursera heliae* Rzed. & Calderón fruits and seeds. The independent variable was the tree from which the fruits were collected.

Variables	vs	df	Weight (g)	PD (cm)	ED (cm)	SC
Fruit	Tree	65	0.039**	0.11	0.031**	2.37 <sub>ns</sub>
	Error	784	0.005**	0.073	0.006**	0.703 <sub>ns</sub>
	Total	849				
Seed	Tree	65	0.007**	0.094	0.015**	0.048**
	Error	784	0.004**	0.06	0.003**	0.013**
	Total	849				

vs = Variation sources; df = Degrees of freedom; pd = Polar diameter; ed = Equatorial diameter; sc = Shape coefficient; \* = Probabilities of  $F \leq 0.05$ ; \*\* = F value; is= Insignificant.

Los frutos tuvieron diferencias de tamaño y peso promedio, así aquellos colectados del árbol 10 y los del árbol 4 tuvieron 0.94 y 0.75 cm de diámetro polar, 0.83 y 0.67 cm de diámetro ecuatorial, los que pesaron 0.44 y 0.25 g, respectivamente, que en cada caso fueron magnitudes significativamente diferentes (Tukey, 0.05) (Cuadro 3).

The fruits had differences in size and average weight; thus, fruits collected from tree No. 10 and from tree No. 4 had a polar diameter of 0.94 and 0.75 cm, an equatorial diameter of 0.83 and 0.67 cm, and a weight of 0.44 and 0.25 g, respectively; in every case these magnitudes were significantly different (Tukey, 0.05) (Table 3).

Cuadro 3. Características de frutos recolectados de diferentes árboles padres (media  $\pm$  desviación estándar).

Arb.	Pesof (g)	Dpf (cm)	Def (cm)	Cff	Frutos kg <sup>-1</sup>
1	0.292 $\pm$ 0.065 fe	0.796 $\pm$ .124 bac	0.782 $\pm$ 0.071 bac	1.1087 $\pm$ 0.997 b	3 424 $\pm$ 3 741 ab
2	0.329 $\pm$ 0.092 ced	0.852 $\pm$ 0.083 bac	0.786 $\pm$ 0.080 bac	0.926 $\pm$ 0.095 b	3 039 $\pm$ 4 071 abcd
3	0.289 $\pm$ 0.090 fe	0.776 $\pm$ 0.071 bc	0.704 $\pm$ 0.085 ed	0.909 $\pm$ .100 b	3 460 $\pm$ 4 933 a
4	0.251 $\pm$ 0.047 f	0.752 $\pm$ 0.076 c	0.676 $\pm$ 0.059 e	0.903 $\pm$ 0.083 b	3 984 $\pm$ 10 401 abc
5	0.299 $\pm$ 0.052 fe	0.78 $\pm$ 0.078 bc	0.74 $\pm$ 0.069 dc	0.953 $\pm$ 0.097 b	3 344 $\pm$ 3 964 bcdef
6	0.262 $\pm$ 0.056 f	0.806 $\pm$ 0.079 bac	0.662 $\pm$ 0.066 e	0.823 $\pm$ 0.063 b	3 816 $\pm$ 5 280 ab
7	0.256 $\pm$ 0.081 f	0.778 $\pm$ 0.088 bc	0.74 $\pm$ 0.142 dc	0.961 $\pm$ 0.193 b	3 906 $\pm$ 1 953 ef

Continúa Cuadro 3..

Continúa Cuadro 3..

Arb.	Pesof (g)	Dpf (cm)	Def (cm)	Cff	Frutos kg <sup>-1</sup>
8	0.355±0.083 cbd	0.816±0.081 bac	0.762±0.080 bc	0.936±0.078 b	2 816±5 138 ab
9	0.328±0.056 ced	0.974±1.016 a	0.734±0.065 dc	0.871±0.131 b	3 048±2 876 bcdef
10	0.447±0.071 a	0.94±0.069 ba	0.834±0.065 a	0.889±0.061 b	2 237±1 814 f
11	0.391±0.090 b	0.94±0.085 ba	0.766±0.068 bc	0.818±0.074 b	2 557±2 736 def
12	0.376±0.081 cb	0.802±0.095 bac	0.81±0.073 ba	1.016±0.090 b	2 659±6 961 abc
13	0.334±0.085 ced	0.794±0.081 bac	0.752±0.076 dc	0.951±0.091 b	2 994±3 355 bcdef
14	0.334±0.085 ced	0.794±0.081 bac	0.752±0.076 dc	0.951±0.091 b	2 994±3 103 cdef
15	0.373±0.077 cb	0.826±0.072 bac	0.77±0.081 bc	0.934±0.081 b	2 680±4 664 bcdef
16	0.371±0.072 cb	0.854±0.070 bac	0.776±0.071 bc	0.911±0.077 b	2 695±4 884 abcde
17	0.319±0.083 ed	0.726±0.318 c	0.81±0.121 ba	2.514±3.278 a	3 134±4 876 bcdef

Pesof = Peso del fruto; dpf = Diámetro polar del fruto; def = Diámetro ecuatorial fruto; cff = Coeficiente de forma; Frutos kg<sup>-1</sup> = Frutos por kilogramo.

Table 3. Characteristics of fruits collected from different parent trees (mean ± standard deviation).

Tree No.	F weight (g)	Fpd (cm)	Fed (cm)	SCff	Fruits kg <sup>-1</sup>
1	0.292±0.065 fe	0.796±.124 bac	0.782±0.071 bac	1.1087±0.997 b	3 424±3 741 ab
2	0.329±0.092 ced	0.852±.083 bac	0.786±.080 bac	0.926±0.095 b	3 039±4 071 abcd
3	0.289±0.090 fe	0.776±0.071 bc	0.704±0.085 ed	0.909±.100 b	3 460±4 933 a
4	0.251±.047 f	0.752±0.076 c	0.676±0.059 e	0.903±0.083 b	3 984±10 401 abc
5	0.299±0.052 fe	0.78±0.078 bc	0.74±0.069 dc	0.953±0.097 b	3 344±3 964 bcdef
6	0.262±.056 f	0.806±.079 bac	0.662±.066 e	0.823±.063 b	3 816±5 280 ab
7	0.256±0.081 f	0.778±0.088 bc	0.74±0.142 dc	0.961±0.193 b	3 906±1 953 ef
8	0.355±0.083 cbd	0.816±0.081 bac	0.762±0.080 bc	0.936±0.078 b	2 816±5 138 ab
9	0.328±0.056 ced	0.974±1.016 a	0.734±0.065 dc	0.871±0.131 b	3 048±2 876 bcdef
10	0.447±0.071 a	0.94±0.069 ba	0.834±0.065 a	0.889±0.061 b	2 237±1 814 f
11	0.391±0.090 b	0.94±0.085 ba	0.766±0.068 bc	0.818±0.074 b	2 557±2 736 def
12	0.376±0.081 cb	0.802±0.095 bac	0.81±0.073 ba	1.016±0.090 b	2 659±6 961 abc
13	0.334±0.085 ced	0.794±0.081 bac	0.752±0.076 dc	0.951±0.091 b	2 994±3 355 bcdef
14	0.334±0.085 ced	0.794±0.081 bac	0.752±0.076 dc	0.951±0.091 b	2 994±3 103 cdef
15	0.373±0.077 cb	0.826±0.072 bac	0.77±0.081 bc	0.934±0.081 b	2 680±4 664 bcdef
16	0.371±0.072 cb	0.854±0.070 bac	0.776±0.071 bc	0.911±0.077 b	2 695±4 884 abcde
17	0.319±0.083 ed	0.726±0.318 c	0.81±0.121 ba	2.514±3.278 a	3 134±4 876 bcdef

F weight = Fruit weight; Fpd = Fruit polar diameter; Fed = Fruit equatorial diameter; SCff = Shape coefficient; Fruits kg<sup>-1</sup> = Fruits per kilogram.

Los frutos más grandes en peso, diámetro ecuatorial y diámetro polar correspondieron a los de los árboles 9, 10, 11, 12 y 17. En comparación con los recolectados en los árboles 3, 4, 6 y 7, que fueron más pequeños.

The fruits of trees Nos. 9, 10, 11, 12 and 17 were larger in weight, equatorial diameter and polar diameter than those collected from trees Nos. 3, 4, 6 and 7.



Cada fruto contiene solo una semilla (Figura 1), cuyo peso fue variable en el intervalo de 0.074 a 0.135 g en función del árbol. Las semillas provenientes de los árboles 10 y 24 resultaron las de mayor tamaño promedio en comparación con las semillas de menos promedio, que se obtuvieron de los árboles 3 y 8. Respecto al diámetro polar se distinguieron dos grupos, en los cuales las semillas provenientes del árbol 9 fueron significativamente más grandes en comparación a las de los árboles 3 y 4.

Each fruit contains only one seed (Figure 1), whose weight ranges between 0.074 and 0.135 g according to the tree. Seeds from trees Nos. 10 and 24 had a larger average size than those collected from trees Nos. 3 and 8. As for the polar diameter, two groups were differentiated, seeds from tree No. 9 being significantly larger than those collected from trees Nos. 3 and 4.



Figura 1. Semillas extraídas de frutos de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón.  
Figure 1. Seeds extracted from fruits of *Bursera heliae* Rzed. & Calderón.

Las semillas recolectadas de los árboles 10 y 7 registraron diámetros ecuatoriales promedios de 0.54 y 0.544 cm, significativamente (Tukey, 0.05) mayores a los 0.448 cm de diámetro ecuatorial de las obtenidas de los árboles 3 y 24. Asimismo, las de los árboles 5 y 7 presentaron coeficientes de forma de 0.953 a 0.957, casi esféricas; mientras que las semillas provenientes de los individuos 11 y 24 fueron 0.779 a 0.760, más alargadas (Cuadro 4).

Seeds collected from trees Nos. 10 and 7 had average equatorial diameters of 0.54 and 0.544 cm, significantly (Tukey, 0.05) larger than the equatorial diameter of 0.448 estimated for specimens collected from trees Nos. 3 and 24. Likewise, seeds from trees Nos. 5 and 7 had shape coefficients of 0.953 to 0.957, being almost spherical, while seeds from trees Nos. 11 and 24 were 0.779 to 0.760, more elongated (Table 4).

Cuadro 4. Características de semillas colectadas de diferentes árboles padres (media  $\pm$  desviación estándar).

Arb.	Pesos (g)	Dps (cm)	Des (cm)	Cfs	Semillas kg <sup>-1</sup>
1	0.080 $\pm$ 0.022 bc	0.544 $\pm$ 0.067 b	0.45 $\pm$ 0.064 f	0.833 $\pm$ .117 fde	12 500 $\pm$ 3 742 ab
2	0.092 $\pm$ 0.030 bac	0.582 $\pm$ .066 b	0.512 $\pm$ 0.062 bdac	0.884 $\pm$ .103 bdac	10 873 $\pm$ 4 072 abcd
3	0.074 $\pm$ 0.025 c	0.496 $\pm$ 0.066 b	0.448 $\pm$ 0.061 f	0.914 $\pm$ 0.151 bac	13 513 $\pm$ 4 933 a
4	0.097 $\pm$ 0.032 bac	0.526 $\pm$ 0.059 b	0.498 $\pm$ 0.058 ebdc	0.953 $\pm$ 0.011 ab	12 658 $\pm$ 10 401 abc
5	0.121 $\pm$ 0.127 ba	0.554 $\pm$ 0.061 b	0.5 $\pm$ 0.063 ebdc	0.908 $\pm$ .116 bdac	8 264 $\pm$ 3 964 bcdef
6	0.101 $\pm$ 0.129 bac	0.544 $\pm$ .081 b	0.474 $\pm$ .069 edf	0.881 $\pm$ .129 bdac	9 900 $\pm$ 5 280 ab
7	0.124 $\pm$ 0.026 ba	0.57 $\pm$ 0.462 b	0.544 $\pm$ 0.050 a	0.957 $\pm$ 0.083 a	8 064 $\pm$ 1 953 ef
8	0.085 $\pm$ 0.029 bc	0.518 $\pm$ 0.056 b	0.49 $\pm$ 0.050 edfc	0.950 $\pm$ 0.089 ab	11 764 $\pm$ 5 238 ab

Continúa Cuadro 4..

Continúa Cuadro 4..

Arb.	Pesos (g)	Dps (cm)	Des (cm)	Cfs	Semillas kg <sup>-1</sup>
9	0.101±0.026 bac	0.756±0.985 a	0.49±0.050 edfc	0.854±0.180 dec	9 900±2 876 bcdef
10	0.135±0.033 a	0.61±0.073 ba	0.54±0.075 ba	0.89±0.125 bdac	7 407±1 814 f
11	0.116±0.026 bac	0.624±0.06 ba	0.482±0.059 edf	0.779±0.125 fe	8 620±2 736. def
12	0.095±0.035 bac	0.532±0.081 b	0.464±0.074 ef	0.875±0.88 bdc	10 526±6 961. abc
13	0.106±0.034 bac	0.56±0.083 b	0.482±0.069 edf	0.869±0.115 dc	9 433±3 355 bcdef
14	0.114±0.033 bac	0.58±0.063 b	0.532±0.055 bac	0.922±0.087 bac	8 771±3 103 cdef
15	0.100±0.026 bac	0.56±0.053 b	0.508±0.048 bdac	0.913±0.105 bda	10 000±4 564. bcdef
16	0.099±0.037 bac	0.592±0.07 ba	0.506±0.086 ebda	0.859±0.136 dec	10 101±4 884 abcde
17	0.134±0.156 a	0.59±0.046 ba	0.448±0.050 f	0.760±0.076 f	7 462±4 876. bcdef

Arb = Árbol; Pesos = Peso de la semilla; Dps = Diámetro polar semilla; Des = Diámetro ecuatorial semilla; Cff = coeficiente de forma; Semillas kg<sup>-1</sup> = Semillas por kilogramo.

Table 4. Characteristics of seeds collected from different parent trees (mean ± standard deviation).

Tree No.	S weight (g)	Spd (cm)	Sed (cm)	SCff	Seeds kg <sup>-1</sup>
1	0.080±0.022 bc	0.544±0.067 b	0.45±0.064 f	0.833±.117 fde	12 500±3 742 ab
2	0.092±0.030 bac	0.582±.066 b	0.512±0.062 bdac	0.884±.103 bdac	10 873±4 072 abcde
3	0.074±0.025 c	0.496±0.066 b	0.448±0.061 f	0.914±0.151 bac	13 513 ±4 933 a
4	0.097±0.032 bac	0.526±0.059 b	0.498±0.058 ebdc	0.953±0.011 ab	12 658±10 401 abc
5	0.121±0.127 ba	0.554±0.061 b	0.5±0.063 ebdc	0.908±.116 bdac	8 264±3 964 bcdef
6	0.101±0.129 bac	0.544±.081 b	0.474±.069 edf	0.881±.129 bdac	9 900±5 280 ab
7	0.124±0.026 ba	0.57±0.462 b	0.544±0.050 a	0.957±0.083 a	8 064±1 953 ef
8	0.085±0.029 bc	0.518±0.056 b	0.49±0.050 edfc	0.950±0.089 ab	11 764±5 238 ab
9	0.101±0.026 bac	0.756±0.985 a	0.49±0.050 edfc	0.854±0.180 dec	9 900±2 876 bcdef
10	0.135±0.033 a	0.61±0.073 ba	0.54±0.075 ba	0.89±0.125 bdac	7 407±1 814 f
11	0.116±0.026 bac	0.624±0.06 ba	0.482±0.059 edf	0.779±0.125 fe	8 620±2 736. def
12	0.095±0.035 bac	0.532±0.081 b	0.464±0.074 ef	0.875±0.88 bdc	10 526±6 961. abc
13	0.106±0.034 bac	0.56±0.083 b	0.482±0.069 edf	0.869±0.115 dc	94 33±3 355 bcdef
14	0.114±0.033 bac	0.58±0.063 b	0.532±0.055 bac	0.922±0.087 bac	8 771±3 103 cdef
15	0.100±0.026 bac	0.56±0.053 b	0.508±0.048 bdac	0.913±0.105 bda	10 000±4 564. bcdef
16	0.099±0.037 bac	0.592±0.07 ba	0.506±0.086 ebda	0.859±0.136 dec	10 101±4 884 abcde
17	0.134±0.156 a	0.59±0.046 ba	0.448±0.050 f	0.760±0.076 f	7 462±4 876. bcdef

S weight = Seed weight; Spd = Seed polar diameter; Sed = Seed equatorial diameter; SCff = Shape coefficient; Seeds kg<sup>-1</sup> = Seeds per kilogram.

Cabe señalar que las semillas de tamaño mayor en peso, diámetro ecuatorial y diámetro polar, fueron de los árboles 7, 9, 10 y 24, en comparación a las semillas provenientes de los árboles 3, 8 y 11.

Notably, seeds collected from trees Nos. 7, 9, 10 and 24 were larger in weight, equatorial diameter and polar diameter than those from trees Nos. 3, 8 and 11.



## Relación de frutos -semillas con características del sitio y árboles padre

El análisis de correlación lineal efectuado para las características de sitio y dasométricas del árbol, contra características de frutos y semillas muestran que la altura sobre el nivel del mar del sitio tuvo correlaciones bajas negativas, pero significativas con el peso seco ( $p=0.0002$ ), diámetro ecuatorial ( $p=0.004$ ), coeficiente de forma de las semillas ( $p=0.0008$ ); peso ( $p=0.0001$ ) y diámetro ecuatorial del fruto ( $p=0.0001$ ). Lo anterior indica que conforme los árboles se ubicaron en sitios a mayor altura, desarrollaron frutos y semillas más pequeños. La exposición del sitio, también evidenció correlaciones bajas positivas, aunque significativas con el peso seco de la semilla ( $p=0.0045$ ), peso ( $p=0.0001$ ) y diámetro ecuatorial del fruto ( $p=0.0001$ ).

El análisis de correlación lineal mostró un valor negativo, indicativo de que al aumentar la altura sobre el nivel del mar los frutos son más pequeños y menos pesados.

Adicionalmente, el análisis de conglomerados permitió distinguir cuatro grupos (A, B, C y D) en las 17 muestras de árboles de *Bursera heliae*, según su origen geográfico y las características del árbol y del fruto.

El grupo A se caracterizó por distancias euclidianas de 4 000; en él se desglosaron subgrupos A1 y A2 con diferente número de árboles y sus distancias euclidianas variaron de 1 500 a 3 000. En el subgrupo A1, solo presentaron dos árboles con características muy semejantes a las del subgrupo A2 con pequeños defectos de altura. En el subgrupo A2 están los árboles de mayores dimensiones y desarrollaron los frutos y semillas más grandes en peso, diámetro polar y ecuatorial. Lo anterior implica que las semillas grandes en *B. heliae* corresponden a un árbol grande; además en otras especies, se tiene el antecedente de que el tamaño de semilla tiene relación positiva con el vigor del árbol al que da origen (Khurana y Singh, 2001). Sin embargo, es importante mencionar que tanto el diámetro como el peso de los frutos son características que varían de manera significativa entre individuos, que a su vez son afectados por las condiciones ambientales.

Los estudios de Cámara-Cabrales y Snook (2005), Grogan (2001) y Gullison *et al.* (1996) demostraron que la producción de semillas en *Bursera* es diferenciada por otras variables como la altura y la categoría diamétrica. Según otros autores (Balcorta-Martínez y Vargas-Hernández, 2004; Niembro y Ramírez-García, 2006) dentro de la masa arbórea, los ejemplares dominantes con mayores volúmenes de copa presentan la tendencia a producir más frutos y mejores semillas, a diferencia de los árboles codominantes o intermedios, los cuales muestran una reducción en su fecundidad.

## Relationship between the fruits and seeds and characteristics of the site and of the parent tree

According to the linear correlation analysis carried out for the dasometric characteristics of the site and of the tree versus those of the fruits and seeds, the altitude above the sea level of the site had negative but significant correlations with the dry weight ( $p=0.0002$ ), the equatorial diameter ( $p=0.004$ ), the shape coefficient of the seeds ( $p=0.0008$ ), the fruit weight ( $p=0.0001$ ) and equatorial diameter ( $p=0.0001$ ). This indicates that, the higher the altitude of the sites where the trees were located, the smaller their fruits and seeds proved to be. The exposure of the site also evidenced positive low but significant correlations with the dry weight of the seed ( $p=0.0045$ ) and the fruit weight ( $p=0.0001$ ) and equatorial diameter ( $p=0.0001$ ).

The linear correlation analysis had a negative value, indicating the presence of smaller and lighter fruits as the altitude above the sea level increases.

In addition, the cluster analysis made it possible to distinguish between four groups (A, B, C and D) in the 17 samples of *Bursera heliae* trees, according to their geographic origin and to the characteristics of the tree and of the fruit.

Group A was characterized by Euclidian distances of 4 000; within it, the subgroups A1 and A2 were formed with different numbers of trees and Euclidian distances ranging between 1 500 and 3 000. Only two trees with very similar characteristics to those of subgroup A2 with small defects of height were integrated into subgroup A1. Subgroup A2 includes the trees with the largest dimensions and the fruits and seeds with the largest weight, polar diameter and equatorial diameter. In other species, the seeds have been shown to have a positive relationship with the vigor of the tree that grows from them (Khurana and Singh, 2001). However, it should be mentioned that both the diameter and the weight of the fruits are characteristics that vary significantly between individuals, which are in turn affected by the environmental conditions.

The studies carried out by Cámara-Cabrales and Snook (2005), Grogan (2001) and Gullison *et al.* (1996) showed that other variables, such as height and the diametric category have an impact in the production of seeds in *Bursera*. According to other authors (Balcorta-Martínez and Vargas-Hernández, 2004; Niembro and Ramírez-García, 2006), within the arboreal mass, the dominant specimens with the largest crown volumes tend to produce more fruits and better seeds, unlike co-dominant or intermediate trees, which show a reduction of their fecundity.



Se ha observado en *Quercus oleoides* Schltld. & Cham. que el nivel de variación en peso y talla tanto de frutos como semillas es distinto en poblaciones que difieren en altitud (Márquez-Ramírez *et al.*, 2005). Es decir, que la variación en los frutos colectados de diversos individuos de una especie es afectada por la situación ambiental a la que está sometida cada planta.

Hasta el momento se conoce el importante efecto del peso de los frutos en la emergencia, crecimiento y supervivencia de las plántulas como lo demuestran Longe y Jones (1996), Bonfil (1998), Bonfil y Soberón, (1999), Seiwa (2000) en estudios de encino, pero en estas especies se desconoce la manera cómo se produce el efecto del genotipo y del ambiente en que crece el árbol, así como el peso de su semilla (Rice *et al.*, 1993).

Villanueva (1993), Alvarado-Vázquez *et al.* (2008) comentan que el análisis de los patrones geográficos de la variación morfológica de las poblaciones puede contribuir a identificar taxa localmente adaptados; la identificación de estos grupos sería de utilidad para incrementar la probabilidad de éxito de los programas de reforestación, para introducir genotipos adecuados a cada ambiente (González-Rodríguez y Oyama, 2005).

El papel ecológico de la semilla, como fuente de reservas, y el de los frutos como unidad de dispersión debe investigarse más ampliamente, mediante la correlación del peso del fruto y la semilla, así como el grosor, estructura y función del pericarpio, con la viabilidad, germinación, emergencia y el establecimiento de las plántulas (Zavala, 2004).

Además, de considerarse, también, la necesidad de evaluar la variación en un mismo individuo, entre individuos y entre poblaciones de cada especie. Lo anterior para corroborar lo descrito para otros taxa: "existen semillas de igual tamaño que difieren en su gravedad específica y a la inversa, del mismo modo semillas que difieren en tamaño y en gravedad específica tendrán una diferente germinación al igual que un tamaño y vigor de plántulas" (Garrido *et al.*, 2005).

Dado que se cuenta con semillas que muestran diferencias en tamaño, en relación con los diferentes árboles seleccionados, es conveniente realizar trabajos de vivero y plantaciones en ambientes diferentes, para determinar efectos genéticos y ambientales.

En el grupo B, solo se integraron dos árboles que tienen características de altura y diámetro, similares a los del grupo A, pero que produjeron frutos de menor tamaño en peso y longitud. Los grupos restantes C y D tienen un árbol cada uno, y son ejemplares de diámetros pequeños, alturas pronunciadas, la copa menos espesa; estos produjeron frutos pequeños tanto en tamaño, como en peso, cabe destacar la separación de

The level of variation in weight and size of both fruits and seeds of *Quercus oleoides* Schltld. & Cham. has been observed to differ in populations located at different altitudes (Márquez-Ramírez *et al.*, 2005). That is, the variation in the fruits collected from different individuals of a given species is affected by the environmental situation to which each plant is subjected.

So far, the important effect of the weight of the fruits on the emergence, growth and survival of the seedlings has become evident, as proven by Longe and Jones (1996), Bonfil (1998), Bonfil and Soberón, (1999), Seiwa (2000) in studies of holm oak trees; however, the manner in which the effect of the genotype and of the environment in which the tree grows and on the weight of its seeds is produced in these species is unknown (Rice *et al.*, 1993).

Villanueva (1993) and Alvarado-Vázquez *et al.* (2008) point out that the analysis of the geographic patterns of the morphological variation between populations may contribute to identify locally adapted taxa; this would be helpful to increase the likelihood of success of reforestation programs intended to introduce adequate genotypes for each environment (González-Rodríguez and Oyama, 2005).

Further research of the correlation of the fruit and seed weights and of the thickness, structure and function of the pericarp with the viability, germination, emergence and establishment of the seedlings is required to establish the ecological role of the seed as a source of reserves and of the fruits as dispersion units (Zavala, 2004).

The variation in the same individual, between individuals and between populations of each species must also be assessed in order to corroborate what has been described for other taxa: "There are seeds of the same size that differ in their specific gravity and vice versa; likewise, seeds differing in size and specific gravity will also differ in germination as well as in the size and vigor of the seedlings" (Garrido *et al.*, 2005).

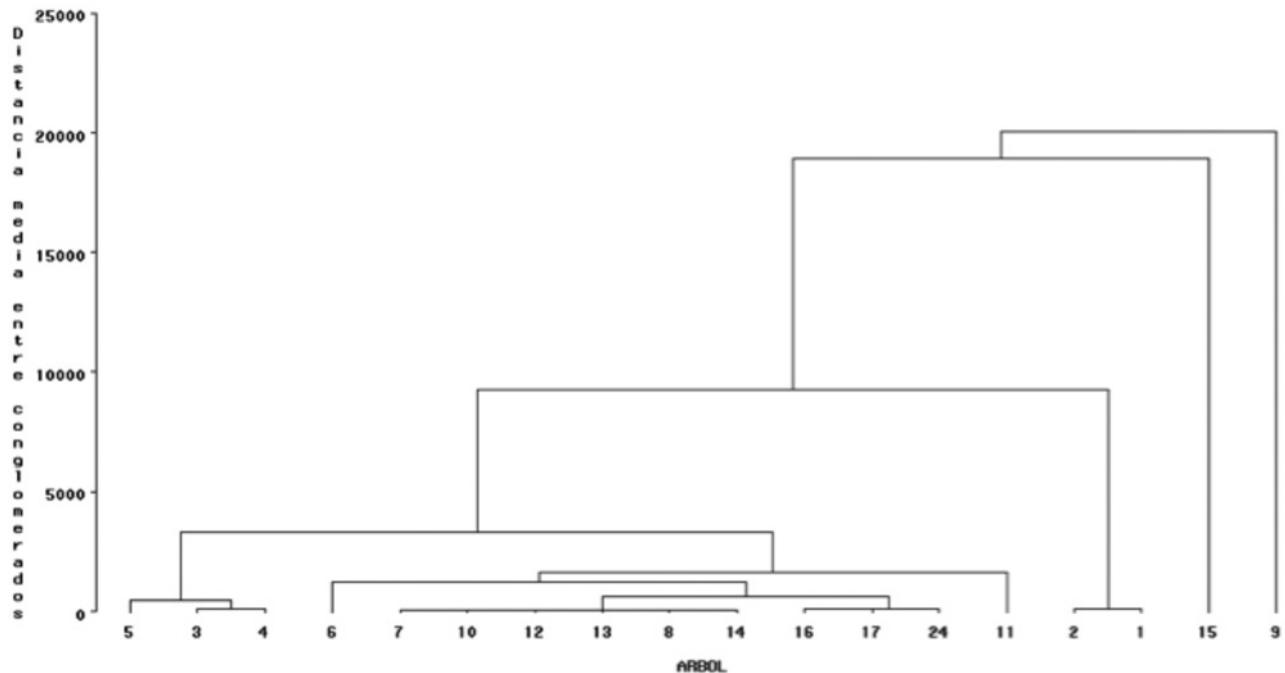
Since seeds of different sizes in relation to the various selected trees are available, it is recommended to carry out work in nurseries and plantations in contrasting environments in order to determine genetic and environmental effects.

Only two trees with similar characteristics of height and diameter to those of group A were integrated into group B; however, the trees of group A produced fruits smaller in weight and length. The remaining groups, C and D, consist of one tree each; these are specimens with small diameters, pronounced heights, and less thick crowns, which bore smaller fruits both



dichos grupos, en los que existen diferencias fenotípicas de los árboles, de frutos y semillas (Figura 2).

in size and weight. The separation of these groups should be highlighted, between which phenotypic differences are found in the trees, the fruits and the seeds (Figure 2).



Las letras muestran los grupos formados: A, B variables positivas; B, C variables negativas en características de frutos y semillas, variables dasométricas y de sitio. The letters show the groups formed: A, B positive variables; B, C negative variables in the characteristics of the fruits and seeds, dasometric and site variables.

Figura 2. Dendrograma de 17 recolectas de fruto de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón; análisis de agrupamiento de mínima varianza de Ward, basado en 24 características dasométricas, de sitio y morfológicas.

Figure 2. Dendrogram of 17 collections of fruits of *Bursera heliae* Rzed. & Calderón; Ward's minimum variance cluster analysis, based on 24 dasonomic, site and morphological characteristics.

## Conclusiones

La variación en el tamaño y peso de los frutos y semillas, tienen relación positiva con las dimensiones de los árboles en que se colectaron. Las dimensiones de los individuos y sus frutos presentan una relación negativa con la altitud en que se ubica el árbol. Se evidencia la importancia de seleccionar los árboles de *Bursera heliae* más convenientes para colectar las semillas con fines de propagación en vivero. Con base en las características evaluadas se recomienda para plantaciones elegir frutos y semillas de los árboles 7, 9, 10 y 17.

## Conclusions

The variation in size and weight between the fruits and seeds has a positive relationship with the dimensions of the trees from which they were collected. The dimensions of the individuals and their fruits have a negative relationship with the altitude at which the tree is located. The importance of selecting the most convenient *Bursera heliae* trees for the collection of seeds for purposes of propagation in a nursery is made evident. Based on the assessed characteristics, selection of fruits and seeds from trees Nos. 7, 9, 10 and 17 is recommended for plantations.

## Agradecimientos

Se agradece a la comunidad de Santa María Zoquitlán, Oaxaca por permitir entrar a sus terrenos forestales para poder recolectar los frutos requeridos.

## Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to the community of Santa María Zoquitlán, Oaxaca, for allowing them access to their forest plots in order to collect the required fruits.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Contribución por autor

Leonel Cruz Cortes: muestreo en campo y redacción del mismo; Gerardo Rodríguez-Ortiz: análisis estadístico de los datos y revisión del manuscrito; José Raymundo Enríquez del Valle: análisis de laboratorio y revisión del documento; Javier López Upton: revisión del documento; Vicente Arturo Velasco Velasco: revisión del manuscrito.

## Referencias

- Alvarado-Vázquez, M. A., A. Rocha-Estrada, J. L. Hernández-Piñero and R. Foroughbakhch Pournavab. 2008. Morphological and anatomical adaptations in desert plants. In: Sánchez, J. M. (ed). Droughts: causes, effects and predictions. Nova Publishers, Inc. Hauppauge, NY, USA. 342p.
- Andrés-Hernández, A. y D. Espinoza-Organista. 2002. Morfología de plántulas de *Bursera Jacq* ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 70: 5-12.
- Balcorta-Martínez, H. C. y J. J. Vargas- Hernández. 2004. Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de melina (*Gmelina arborea* Linn. Roxb.) de tres años de edad. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 10(1): 13-19.
- Bonfil, C. 1998. The effects of the seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae). American Journal of Botany 85(1): 79-87.
- Bonfil, C. and J. Soberón. 1999. *Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape. Applied Vegetation Science 2(2): 189-200.
- Bonfil, C., P. E. Mendoza and J. Ulloa. 2007. Root and callus development in cuttings of seven species of the genus *Bursera*. Agrociencia 41(1): 103-109.
- Cámara-Cabral, L. y L. K. Snook. 2005. Producción de semillas de caoba en México. Patrones de variación e implicaciones para la sostenibilidad. Recursos Naturales y Ambiente 44:60-67.
- Castellanos-Vargas, I. 2009. Diversidad ortopterológica de la zona sureste de la Ciudad Universitaria (U.N.A.M.) México, D.F. Entomología Mexicana 6: 1291-1297.
- Garrido, J. L., P. J. Rey y C. M. Herrera. 2005. Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae). Anales del Jardín Botánico de Madrid 62(1): 115-125.
- González-Rodríguez, A. and K. Oyama. 2005. Leaf morphometric variation in *Quercus affinis* and *Quercus laurina* (Fagaceae), two hybridizing Mexican red oaks. Botanical Journal of the Linnean Society 147: 427-435.
- Grogan, J. E. 2001. Big leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustained production from natural forests. Ph.D. Dissertation. Yale University, New Haven, Connecticut, NY, USA. 422 p.
- Guizar, N. y V. Sánchez. 1992. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas, México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 207 p.
- Gullison, R. E., S. N. Panfil, J. J. Strouse and S. P. Hubbell. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes forest, Beni, Bolivia. Botanical Journal of the Linnean Society 122(1): 9-34.
- Hernández-Apolinar, M., T. Valverde and S. Purata. 2006. Demography of *Bursera glabrifolia*, a tropical tree used for folk woodcrafting in Southern Mexico: an evaluation of its management plan. Forest Ecology and Management 223(1-3): 139-151.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2008. México-Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares 2008. <http://www3.inegi.org.mx/nm/index.php/catalog/6> (15 de febrero de 2017).
- Khurana, E. and J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. Environmental Conservation 28: 39-52.

## Contribution by author

Leonel Cruz Cortes: in-field sampling and drafting of the manuscript; Gerardo Rodríguez-Ortiz: statistical analysis of the data and revision of the manuscript; José Raymundo Enríquez del Valle: laboratory analysis and revision of the manuscript; Javier López Upton: revision of the manuscript; Vicente Arturo Velasco Velasco: revision of the manuscript.

*End of the English version*

- Linares, E. y R. Bye. 2008. El copal en México. Biodiversitas 78:8-11.
- Longe, T. J. and R. H. Jones. 1996. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. Trees 11: 1-8.
- Lovey, R. J., P. Perissé, C. Vieyra y J. C. Coraglio. 2010. Caracterización de semillas, germinación y plántula de *Cologetia broussonetii* (Balb). Revista Internacional de Botánica Experimental 79: 5-10.
- Márquez-Ramírez, J., L. del C. Mendizabal Hernández y C. I. Isaias-Flores. 2005. Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. et. Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. Foresta Veracruzana 7 (1): 31-36.
- Mexal, J. G., R. A. Cuevas-Rangel and T. D. Landis. 2009. Reforestation success in Central Mexico: factors determining survival and early growth. Tree Plant. Notes 53: 16-22.
- Montúfar, A. 2007. Los copales mexicanos y la resina sagrada del Templo Mayor de Tenochtitlán, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F., México. 116 p.
- Monroy O., C. 2010. Conocimiento ecológico tradicional para la gestión sostenible de especies forestales no maderables. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 119 p.
- Niembro R, A. y E. O. Ramírez-García. 2006. Evaluación de la cantidad y calidad de semillas de caoba [*Swietenia macrophylla* King] procedentes de una plantación en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana 8(1): 21-28.
- Parrotta, J. 1994. *Artocarpus altilis* (S. Park) Tosb. Breadfruit, USDA, southern Forest Exp. Sta New Orleans, LA, USA. pp. 32-34.
- Ray, G. J. and B. J. Brown. 1995. Evaluation of tree propagation techniques. Restoration Ecology 3: 86-94.
- Rice, K. J., D. R. Gordon, J. L. Hardison and J. M. Welker. 1993. Phenotypic variation seedlings of a "keystone" tree species (*Quercus douglasii*): the interactive effects of acorn source and competitive environment. Oecologia 96: 537-547.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D. F., México. 432 p.
- Rzedowski, J. y G. Calderón R. 2004. Copales y cuajotes. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). Biodiversidad de Oaxaca. Redacta. México, D.F., México. pp. 193-197.
- Rzedowski, J., R. Medina-Lemos y G. C. Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Botánica Mexicana 70: 85-111.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. User's Guide. SAS Institute Inc. SAS/STAT 9.1. Cary, NC, USA. n/p.
- Seiwa, K. 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. Oecologia 123:208-215.
- Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national analysis in Mexico. Biological Conservation 94: 133-142.
- Torres R, J. M., O. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa, Noriega Editores. México, D.F., México. 472 p.
- Vallejos, J., Y. Badilla, F. Picado, y O. Murillo. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. Agronomía Costarricense 34(1): 105-119.



Villanueva, D. J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata* H. & B. Johnst), en el estado de San Luis Potosí. SARH-INIFAP. San Luis Potosí, S.L.P., México. Núm. 74. pp. 1-37.

Zavala-Chávez, F., 2004. "Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos". *Ciencia Ergo Sum* 11: 177-185.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. 1a. ed. Editorial Limusa. México, D.F., México. 545 p.





