



ARTÍCULO / ARTICLE

## EFFECTO DEL FUEGO EN LA REGENERACIÓN DE *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

## FIRE EFFECT UPON THE REGENERATION OF *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

Magaly Sánchez Durán<sup>1</sup>, Agustín Gallegos Rodríguez<sup>1</sup>, Gerardo Alberto González Cueva<sup>1</sup>, Juan Carlos Castañeda González<sup>1</sup> y Ramón Gerardo Cabrera Orozco<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los incendios forestales afectan de manera constante al bosque La Primavera (LP); en consecuencia, las especies arbóreas han desarrollado adaptaciones que les permiten resistir, evadir o recuperarse, una de las cuales es *Pinus oocarpa*, conífera de amplia distribución en el lugar, cuyas plántulas exhiben un mínimo crecimiento en altura y un estado ramoso que les impide llegar a la etapa reproductiva, y esto se refleja en una baja supervivencia. En el presente estudio se evaluó la regeneración de esta especie después del incendio ocurrido en 2005 en dicho bosque urbano. En 2010 se establecieron sitios circulares permanentes de 100 m<sup>2</sup>, se registró el número de individuos por parcela, su reproducción por semilla o raíz y se calculó la edad del renuevo. Los resultados indicaron una densidad de 62.6 renuevos por sitio, 83 % de la población fue de reproducción asexual, con una edad de 2 a 9 años, el resto resultó de reproducción asexual con un año como máximo, y presentan un estado ramoso. El área afectada exhibió una respuesta positiva en la regeneración de *P. oocarpa*; especie que se ha adaptado a las quemadas constantes y frecuentes, mediante la modificación de la estructura de su raíz, como una estrategia de resistencia; sin embargo, no mostró avances en las etapas de crecimiento. Este fenómeno conduce a diseñar un plan de prevención y restauración posterior a un incendio para asegurar que los individuos alcancen una altura suficiente para sobrevivir, reproducirse y disminuir, en lo posible, la reforestación que tiene poco éxito y altos costos.

**Palabras clave:** Adaptación, brotes, incendio forestal, *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., ramoso, regeneración natural.

### ABSTRACT

Wildfires currently affect the *La Primavera* forest (LP); tree species have therefore developed adaptations that allow them to resist, avoid or recover from them; one of these is *Pinus oocarpa*, a conifer of widespread distribution in this area and whose seedlings exhibit minimal height growth and a branchy state that prevents them from attaining the reproductive stage, which results in low survival. The present study evaluates the regeneration of this species after the 2005 fire in that urban forest. In 2010, permanent 100 m<sup>2</sup> circular sites were established, the number of individuals per plot was recorded, and reproduction by seed or root and shoot age was calculated. Results indicate a density of 62.6 shoots per site. 83 % of the population was asexually reproduced, with an age of 2-9 years; the rest is the outcome of asexual reproduction, with 1 year maximum, and exhibits a branchy state. The affected area showed a positive response on the regeneration of *P. oocarpa*; this species has adapted to constant and frequent burning, by modifying its root structure as a strategy of resistance; however, it showed no progress in the growing stages. This phenomenon leads to the design of a prevention plan and subsequent restoration of a fire to ensure that individuals will reach a large enough size to survive, reproduce and reduce, where possible, reforestation, as this is sometimes rather unsuccessful and has high costs.

**Key words:** Adaptation, sprouts, forest fire, *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., branchy, natural regeneration.

Fecha de recepción/date of receipt: 1 de mayo de 2014; Fecha de aceptación/date of acceptance: 27 de junio de 2014.

<sup>1</sup> Departamento de Producción Forestal. CUCBA. Correo-e: magalysandu@gmail.com

<sup>2</sup> Dirección Ejecutiva del bosque La Primavera

## INTRODUCCIÓN

La Áreas Naturales Protegidas constituyen un patrimonio nacional que es prioritario conservar por su enorme capacidad de generar beneficios ecológicos, sociales y económicos (Lund *et al.*, 2002). Dada la importancia de estos recursos es necesario protegerlos de los disturbios que se registran con frecuencia e intensidad, entre los que destacan los incendios forestales (Semarnat, 1999). Este y otros fenómenos afectan el equilibrio evolutivo y modifican la genética de las especies, y se enfocan en la capacidad adaptativa que constituye una condición obligatoria para la restauración, conservación y dinámica evolutiva (Conabio, 2009).

En este contexto, el fuego es catalogado como una fuerza negativa de cambio, sin embargo, es un factor necesario para algunas especies del género *Pinus*, en particular las que poseen conos seróticos o serotinos, mismos que, por sus características de desarrollo, requieren de altas temperaturas para la apertura de conos, para la dispersión de sus semillas, y, en consecuencia, para alcanzar su regeneración natural (Juárez y Rodríguez, 2003). Asimismo, la presencia constante del fuego sobre las coníferas ha propiciado estrategias de adaptación, que se observan tanto en sus estructuras vegetativas como reproductivas (Cuadro 1), de manera tal que poseen la capacidad de sobrevivir a un incendio y competir con otras especies (Farjon *et al.*, 1997).

Cuadro 1. Estrategias de adaptación a través del pirofitismo post-incendio.

Pasivo	Activo
Corteza gruesa	Temperamento heliófilo
Yemas apicales protegidas	Conos seróticos
Autopoda y longevidad	Alta producción de semillas resistentes al fuego
Estado cespitoso o ramoso	Rebrote en plántulas y árboles adultos

Fuente: Rodríguez y Fulé, 2003; WWF/Adena, 2008.

Table 1. Adaptation strategies through the post-fire pirophytism.

Passive	Active
Thick bark	Heliophylous temperament
Protected apical buds	Serotinal cones
Autopruning and longevity	High production of seeds resistant to fire
Grassy or branchy state	Resprouting in seedlings or in adult trees

Source: Rodríguez and Fulé, 2003; WWF/Adena, 2008.

Un claro ejemplo de la dinámica evolutiva es el estado cespitoso o ramoso, que Rodríguez (2006) describe como el crecimiento mínimo casi nulo en altura, por pocos o hasta 12 años, pero, que en contraste, logra un excesivo desarrollo de ramas, acículas y raíz. Otro caso es el rebrote, que algunos estudios demuestran que las plántulas de *Pinus* de dos a cuatro

## INTRODUCTION

Natural protected areas are a national heritage whose preservation is a priority, as they have a great ability to generate ecological, social and economic benefits (Lund *et al.*, 2002). Being so important, these resources must be protected from intense and frequently occurring disturbances, among which forest fires are prominent (Semarnat, 1999). These and other phenomena affect the evolutionary equilibrium and change the genetics of the species, as they focus on the adaptive ability, a mandatory condition for restoration, conservation and evolutionary dynamics (Conabio, 2009).

In this context, fire is classified as a negative force of change; however, it is necessary for certain *Pinus* species, particularly for those with serotinal cones, which, due to the characteristics of their development, demand high temperatures for cone opening and seed dispersal, and consequently, to accomplish natural regeneration (Juárez and Rodríguez, 2003). Also, the constant presence of fire over evergreens has stimulated adaptation processes which may be observed in their vegetative and reproductive structures (Table 1), so that they are able to survive a fire and compete with other species (Farjon *et al.*, 1997).

A clear example of the evolutionary dynamics is the grassiness or branchiness, which Rodríguez (2006) describes as a minimum

to non-existent growth in height during a couple to 12 years, but which, in contrast, achieves an excessive branch, needle and root development. Re-sprouting is a different case altogether; some studies prove that 2-4 year old *Pinus* seedlings and young trees are able to emerge when fire eliminates the exceeding branches (branchy state) (Rzedowski *et al.*, 1977;

años de edad y árboles jóvenes son capaces de emerger si el fuego elimina el exceso de ramas (estado ramoso) (Rzedowski *et al.*, 1977; Perry *et al.*, 1991). Por el contrario, árboles adultos de pinos pueden sobrevivir con un sistema superficial de raíces (León y Suárez, 1998) y adoptan así su reproducción asexual.

Actualmente existe una demanda social hacia la restauración activa (reforestación) de áreas afectadas por el fuego, en particular cuando las superficies dañadas son muy extensas y el impacto al medio es severo; sin embargo, no siempre es necesario proceder de esta forma debido al poco éxito y altos costos que dicha actividad supone (Vega, 2007). En cambio, se reafirma la disposición de la restauración pasiva a través del renuevo, que desempeña un papel importante en la persistencia del arbolado, y su crecimiento inicial es determinante para una masa forestal con densidades elevadas (Madrigal *et al.*, 2004). Lo anterior implica un análisis de distribución espacial a través de índices de dispersión, entre otros, mediante los cuales se observen los procesos de selección natural (Jiménez *et al.*, 2008). Este análisis no es solo para el conjunto de individuos del ecosistema, sino también a nivel de especie a fin de precisar la condición, contribuir al restablecimiento y fundamentar la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos en las áreas naturales protegidas (Ruiz, 2005).

No obstante, el régimen de incendios alterados constituirán un trastorno común en los ecosistemas (Rodríguez, 2006). En el caso del bosque LP declarado por la UNESCO como reserva de la biosfera, el fuego se ha suscitado con frecuencia en los últimos años. En abril de 2005 ocurrió uno de los peores incendios que abarcó una superficie de 11 285 ha (37 % de la superficie total) (Conafor, 2008); y afectó en gran medida a esa importante reserva ecológica.

Para que se pueda restablecer el renuevo el tiempo recomendado es de 12 años (Hudson y Salazar, 1981). En esta área se han realizado estudios para determinar el potencial de restauración ecológica del género *Pinus*; Curiel (1988) en el programa de manejo consignó una densidad de 300 renuevos  $\text{ha}^{-1}$  en promedio en los últimos meses del año, y disminuyó su densidad hasta registrar alrededor de 10 pinos  $\text{ha}^{-1}$ , debido a la sequía. Gallegos *et al.* (1999) registraron la distribución de la regeneración, muestrearon 112 sitios circulares de 80  $\text{m}^2$  y obtuvieron 313 individuos  $\text{ha}^{-1}$  con siete especies y concluyen que este proceso es más exitoso en sitios de menor incidencia solar. Sin embargo, ambos estudios se desarrollaron en áreas donde no existió un incendio previo.

Por otra parte, Flores *et al.* (2005) evaluaron la respuesta de la regeneración natural en un rodal perturbado por el fuego entre cinco y siete meses después de haber ocurrido el incendio, considerando especies de pino y encino menores de 0.5 m arrojando un promedio de 103 renuevos  $\text{ha}^{-1}$  con una altura promedio de 9.2 cm. Por lo anterior este trabajo tiene

Perry *et al.*, 1991). On the other hand, adult pine trees may survive with a superficial root system (León and Suárez, 1998) and thus adopt asexual reproduction.

At present there is a social demand for active restoration (reforestation) of the areas affected by fire, particularly when these are very large and the average impact is severe; however, reforestation is not always necessary, as this activity is not very successful and is very expensive (Vega, 2007). In contrast, passive restoration by renewal or seedlings is reinforced, since it plays an important role in tree persistence, and its initial growth is decisive for a forest mass with high densities (Madrigal *et al.*, 2004). This implies a spatial distribution analysis using dispersal indexes, among others, through which natural selection processes are observed (Jiménez *et al.*, 2008). This analysis is performed not only for the group of individuals of the ecosystem, but also at the species level, in order to specify the condition, help reestablishment and support decision making in regard to the management of resources in natural protected areas (Ruiz, 2005).

Nevertheless, the altered fire regime is a common disturbance in the ecosystems (Rodríguez, 2006). In the case of the LP forest, declared a reserve of the biosphere by UNESCO, fires have occurred frequently in recent years. In April, 2005, one of the worst fires occurred, covering a surface area of 11 285 ha (37 % of the total surface) (Conafor, 2008) and largely affecting this important ecological reserve.

The recommended period for the reestablishment of the sprouts is 12 years (Hudson and Salazar, 1981). Studies have been carried out in this area to determine the potential of ecological restoration of the *Pinus* genus; within the management program, Curiel (1988) reported an average density of 300 sprouts  $\text{ha}^{-1}$  during the last months of the year, and a reduction of the density or approximately 10 pine trees per hectare due to drought. Gallegos *et al.* (1999) reported the distribution of the regeneration; they sampled 112 80  $\text{m}^2$  circular sites and obtained a density of 313 individuals  $\text{ha}^{-1}$  with 7 species, and they concluded that this process is more successful in areas with less solar incidence. However, both studies were performed in areas where no fires had occurred previously.

On the other hand, Flores *et al.* (2005) assessed the natural regeneration response in a stand that had been disturbed by fire five to seven months before; they considered pine and oak species under 0.5 m and found an average of 103 sprouts/ $\text{ha}^{-1}$  with an average height of 9.2 cm. Therefore, the objective of present study is to evaluate the impact of the forest fire on the distribution and the natural regeneration dynamics of *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. in the *La Primavera* forest in Jalisco, as well as to quantify the effect of prunings on the height growth rate.



como objetivo evaluar el impacto del incendio forestal en la distribución y dinámica de la regeneración natural de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., en el bosque La Primavera, Jalisco y cuantificar el efecto de las podas en la tasa de crecimiento en altura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El bosque La Primavera (LP) cuenta con una extensión de 30 500 ha decretadas Áreas Natural de Protección de Flora y Fauna La Primavera y un rango altitudinal de 1 300 a 2 300 m. Se localiza en la región central del estado de Jalisco, entre los municipios Tala, Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan y las coordenadas extremas 20°32' a 20°44' de latitud N y 103°28' a 103°42' de longitud O.

Está constituido por áreas montañosas aisladas y diferentes comunidades vegetales conformadas por bosques de encino-pino, encino, pino, vegetación riparia y bosque tropical caducifolio (Conanp, 2000). Alberga cinco especies del género *Pinus*, que van de 8 a 15 m de altura y *P. oocarpa* se distribuye ampliamente.

El clima corresponde a dos tipos: templado subhúmedo C(w<sub>1</sub>) (w) y semicálido sub-húmedo (A)C(w<sub>1</sub>)(w) García (1973) y el período de estiaje es de noviembre a mayo. La cubierta del suelo está compuesta por hojarasca y sotobosque como principales substratos; el suelo es de textura media (areno-francosa) y ácido (pH 5.1). Debido a sus propiedades físicas cuando pierden la cubierta vegetal son muy susceptibles a la erosión tanto eólica como hídrica (Conanp, 2000).

### Diseño experimental

Se eligió una superficie de 22.1 ha, en la que ocurrió un incendio forestal que afectó la mayor parte del arbolado adulto y generó regeneración natural de *P. oocarpa*. Esta zona se encuentra en la parte alta de la microcuenca Tala en el paraje denominado El Pedernal (Figura 1).

Con ayuda del software Arcgis 9.3 y ortofotos del año 2002 y 2006 (pre y postincendio) se sobrepuso el área de estudio para corroborar el paso del fuego, como se observa en las figuras 2 y 3, es evidente el cambio en cobertura y pérdida en la estructura arbórea. cita

Se efectuó un muestreo para determinar el número de sitios por evaluar mediante la fórmula de Malhotra (1997) y tomando como parámetro principal el número de árboles.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The *La Primavera* forest (LP) has a surface area of 30 500 hectares officially declared the La Primavera Flora and Fauna Protection Natural Area, and an altitude range of 1 300 to 2 300 m. It is located in the central region of the state of Jalisco, between Tala, Tlajomulco de Zúñiga and Zapopan municipalities, and between the extreme coordinates of 20°32' to 20°44' N and 103°28' to 103°42' W.

It consists of isolated mountain areas and various vegetal communities made up of pine-oak, holm oak and pine forests, riparian vegetation, and a deciduous tropical forest (Conanp, 2000). It harbors five species of the *Pinus* genus, which range in height between 8 and 15 m, and among which *P. oocarpa* is widely distributed.

There are two types of climate: temperate subhumid C(w<sub>1</sub>) (w) and semiwarm subhumid C(w<sub>1</sub>)(w) (García, 1973), and the low-water period is November through March. The soil cover is made of dry leaves and undergrowth as the main substrata; the soil has a medium texture (sandy loam) and is acid (pH 5.1). Because of their physical properties, when they lose the vegetal cover they are very susceptible to both eolic and hydric erosion (Conanp, 2000).

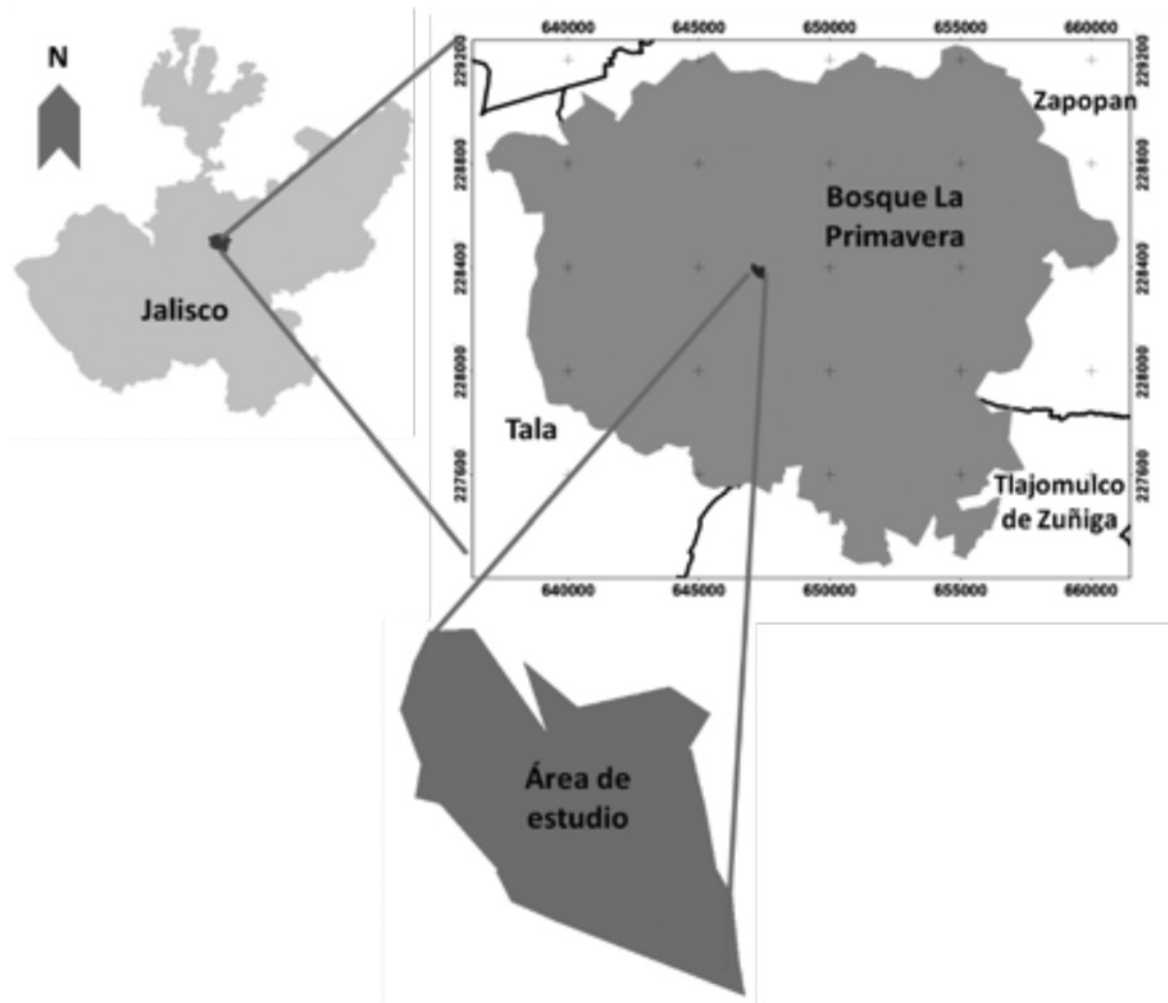
### Experimental design

A surface area of 22.1 ha on which a forest fire had affected most adult trees and brought about a natural regeneration of *P. oocarpa* was selected. This area is located in the higher part of the Tala microbasin, in the site known as *El Pedernal* (Figure 1).

Using the Arcgis 9.3 software and orthophotos of the years 2002 and 2006 (before and after the fire), the study area was superimposed in order to corroborate the passage of fire; as may be observed in figures 2 and 3, the change in the cover and the loss of tree structure are evident.

A presampling was performed to determine the number of sites to be assessed, using the Malhotra formula (1997) and taking as the main parameter the number of trees.

A systematic sampling design was established as this is more representative, involves less risk of selection errors and is easier to carry out (Conafor, 2009). A network of thirty 100 m<sup>2</sup> circular sites (with a radius of 5.64 m) at equal distances of 75 m (Figure 4), based on Estrada (1997); this dimension is adequate to assess the dynamics of natural regeneration of *Pinus*.



Área de estudio = Study area

Figura 1. Ubicación del área de estudio.  
Figure 1. Location of the study area.

Se estableció un diseño de muestreo sistemático, ya que es más representativo, está menos expuesto a los errores de selección y es más sencillo llevarlo a cabo (Conafor, 2009). Se obtuvo una red de 30 sitios circulares de 100 m<sup>2</sup> (radio de 5.64 m), equidistantes a cada 75 m de longitud (Figura 4) y con base en Estrada (1997), esta dimensión es adecuada para evaluar la dinámica de la regeneración natural de *Pinus*.

### Registro de datos

Cada sitio se fijó de forma permanente, además para el muestreo se utilizó un clinómetro (Suunto), se fijó el norte y en sentido de las manecillas del reloj se cuantificó el número de individuos por sitio y se obtuvo la varianza, la media aritmética y la densidad.

### Data record

Each site was permanently established, and the sampling was performed using a (Suunto) clinometer; the North was determined, the number of individuals per site was quantified, and the variance, the arithmetic mean and the density were estimated.

In order to assess the distribution of the natural regeneration of *P. oocarpa*, the Dispersal index (DI) was used (Table 2) (Ruiz, 2005). The value indicates that if the distribution is grouped = the variation is above the average, regular or uniform = the opposite occurs, or if it is random = the variation and the average are approximately equal (Ledo *et al.*, 2012).

The result is corroborated with the  $\chi^2 = G1$  value: if it is within the range established in the chi table ( $\chi^2$  0.025-0.975), the

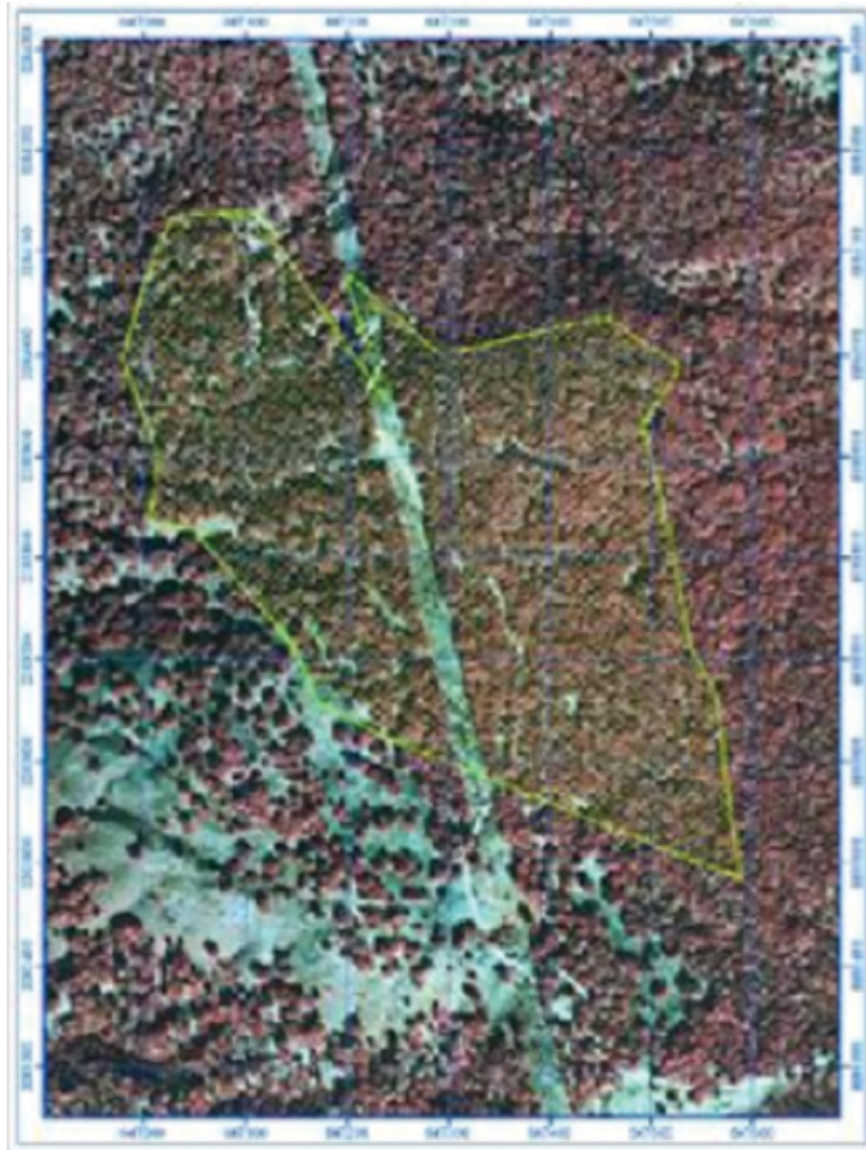


Figura 2. Área de estudio preincendio, 2002.  
Figure 2. Study area before the fire, 2002.

Para evaluar la distribución de la regeneración natural de *P. oocarpa*, se utilizó el índice de Dispersión (ID) (Cuadro 2) (Ruiz, 2005). El valor indica si la distribución es agrupada= variación es mayor que el promedio, regular o uniforme= sucede lo contrario o al azar= variación y el promedio es aproximadamente igual (Ledo *et al.*, 2012).

El resultado se corrobora como aleatorio con el valor de  $X^2$ = IG si se encuentra dentro del rango establecido en la tabla de chi ( $X^2$  0.025-0.975), si el resultado es mayor se agrupan y si es menor será uniforme.

distribution is random; if the values are higher, the distribution is grouped, and if they are lower, then it is uniform.

Also, to the Green's index (GI) (Table 2) is assigned a value of 1 with grouping, of 0 if the distribution is random, and of -1 if it tends to be uniform (García, 2002).

The data were processed using the Excel software of Windows® and the statistical calculation system WinStat.



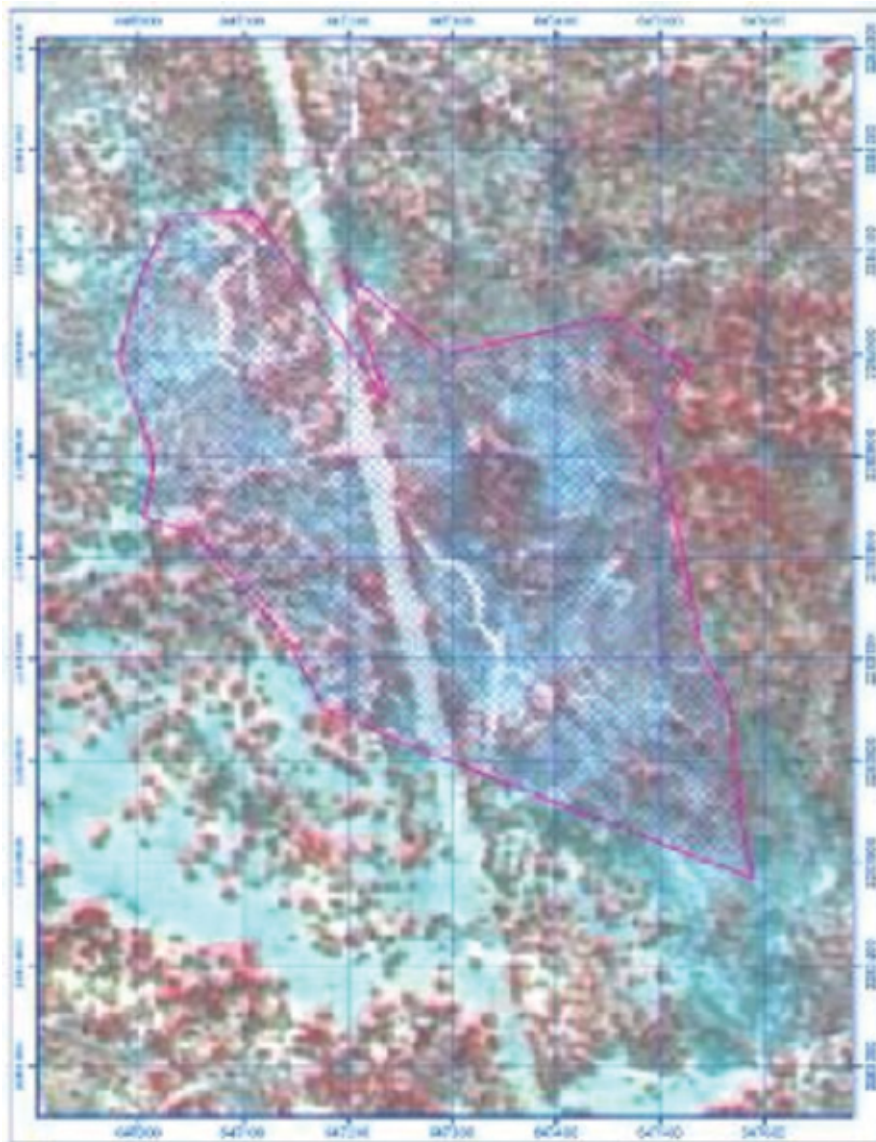


Figura 3. Área de estudio postincendio, 2006.  
 Figure 3. Study area after the fire, 2006.

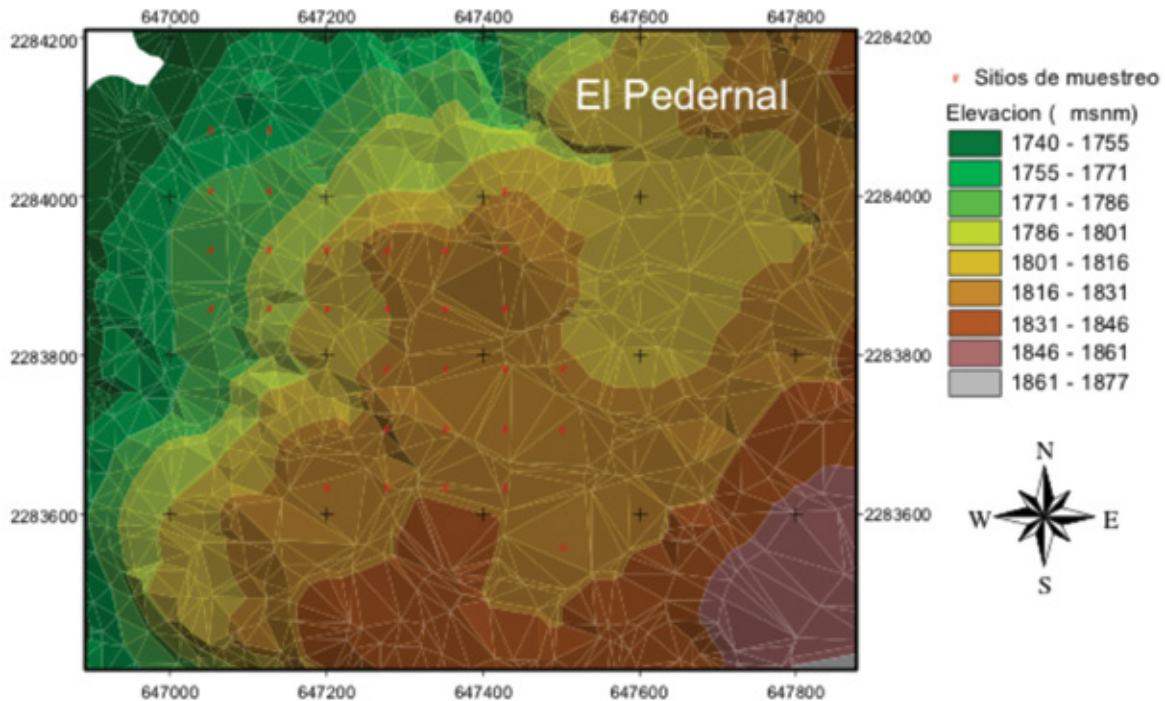
Cuadro 2. Índices de dispersión y distribución espacial.

Índice de Dispersión (ID)	Compara la varianza y la media aritmética	$: \frac{S^2}{\bar{X}}$
Índice de Green (IG) = $X^2$	Compara el muestreo con la población	$\frac{S^2}{\bar{X}} * (n-1)$



Table 2. Dispersion and spatial distribution indices.

Dispersal index (DI)	Compares the variance and the arithmetic mean	$: \frac{S^2}{\bar{X}}$
Green's index (GI) = $X^2$	Compares the sampling and the population	$\frac{S^2}{\bar{X}} * (n-1)$



Sitios de muestreo = Sampling sites; Elevación (msnm) = Elevation (masl)

Figura 4. Sitios de muestreo en relación con el Modelo Digital de Elevación (MDE).  
Figure 4. Sampling sites in relation to the Digital Elevation Model (DM).

Además al índice de Green (IG) (Cuadro 2) se le atribuye un valor de 1 al referirse al agrupamiento, 0 se presenta una distribución aleatoria y -1 tiende a ser uniforme (García, 2002). Los datos se procesaron en el programa Excel de Windows® y el sistema de cálculos estadísticos Windstat. cita

Para evaluar la dinámica se identificó y registró en cada individuo los siguientes parámetros:

1. Reproducción sexual o asexual (semilla o brote): para ello se removió el suelo y se observó la base del tallo y la raíz.
2. Cálculo de edad: se contó el número de verticilos si estos eran visibles y se extrajo un individuo al azar por sitio para realizar un corte transversal del tallo y contar el número de anillos.

In order to evaluate the dynamics, the following parameters were identified and registered in each individual:

1. Sexual or asexual reproduction (seed or shoot): for this purpose, the soil was dug up, and the stem base and root were observed.
2. Age estimation: The verticils were counted when visible, and an individual from each site was selected at random to perform a cross cut of its stem and count the number of rings.

Finally, in order to determine whether the height growth rate was to be accelerated, and the branchy state of the sprouts eliminated, the sites were classified in three experimental groups with 10 sites for each treatment:



Finalmente, para determinar si se acelera la tasa de crecimiento en altura y se elimina el estado ramoso que exhibe el renuevo, los sitios se clasificaron en tres grupos experimentales con 10 sitios para cada tratamiento:

Testigo (T<sub>0</sub>): No se aplicó algún tratamiento, pues solo se midió la altura del brote más alto y se contó todas las ramas que presenta cada individuo.

Brote sobresaliente (T<sub>1</sub>): De todas las ramas que presenta un individuo (estado ramoso) (Figura 5), se midió la más alta, considerando que esta tiene la ventaja de sobresalir por consiguiente se podaron las demás (Figura 6).

Brote prominente (T<sub>2</sub>): Se observó que la rama sobresaliente no necesariamente era la más sana, se eligió la más vigorosa a la que se midió su altura y se podaron las demás.

Este análisis considero dos mediciones la primera en el año 2009 y transcurrido un año en el 2010 se efectuó una segunda medición de altura y conteo de ramas. Para el análisis estadístico se aplicó el ANOVA (Triola, 2009).

Control (T<sub>0</sub>): No treatment was applied; the height of the highest shoot was measured, and the total number of branches of each individual was counted.

Protruding shoot (T<sub>1</sub>): The highest of all the branches of an individual (branchy state) (Figure 5) was measured, taking into account that this one has the advantage of standing out, and therefore, the other branches were pruned (Figure 6).

Prominent shoot (T<sub>2</sub>): It was observed that the outstanding branch is not necessarily the healthiest; the most vigorous one was selected, and its height was measured, and the rest were pruned.

This analysis took into account two measurements of height and counts of the number of branches: one in the year 2009 and the second, one year later, in 2010. The statistical analysis was performed using ANOVA (Triola, 2009).



Figura 5. Renuevo de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. en estado ramoso.  
Figure 5. *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl sprout in a branchy state.



Figura 6. Renuedo después de eliminar sus ramas (poda).  
Figure 6. Sprout after the elimination of its branches (pruning).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sitios de muestreo

De acuerdo al muestreo preliminar realizado en el paraje denominado El Pedernal y en base en una confiabilidad de muestreo del 90 %, se determinó que 30 sitios de monitoreo son suficientes para representar estadísticamente esta área siniestrada.

El establecimiento y operación de sitios permanentes facilitan observar de forma periódica los recursos naturales, además se cumple con uno de los objetivos de la estrategia de Sevilla (UNESCO, 1996) para las Reservas de la Biosfera-Unesco y coincide con Gallegos *et al.* (1998) quienes señalan que pueden ser medidos y evaluados de manera indefinida y conllevan al compromiso ecosilvícola de restauración.

Por otra parte, la respuesta que ha mostrado el área afectada, el tiempo transcurrido posincendio es suficiente, para evaluarla. De acuerdo con Flores y Benavides (1993), señalan que para hacer una adecuada estimación, es necesario esperar por lo menos dos o tres años, por lo que este trabajo cumple con el tiempo indicado, considerando 4 y 5 años posteriores al incendio.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Sampling sites

Based on the preliminary sampling performed in the site known as *El Pedernal* and on a confidence interval of 90 % in the sampling, it was determined that 30 sites are sufficient to statistically represent this affected area.

The establishment and operation of permanent sites facilitate the periodical observation of natural resources; furthermore, it fulfills one of the objectives of the Seville strategy (UNESCO, 1996) for the UNESCO Biosphere Reserves. Gallegos *et al.* (1998) agree and point out that the resources can be measured and evaluated indefinitely and that they entail an eco-silvicultural commitment to restore them.

On the other hand, the time elapsed after the fire is sufficient to evaluate the response shown by the affected area. According to Flores and Benavides (1993), they point out that, in order to make an adequate estimate, it is necessary to wait at least two or three years; the present work complies with this indication, since it considers the response four and five years after the fire.

Análisis de datos

Para analizar la distribución previamente se obtuvo la varianza, la media aritmética y la densidad (Cuadro 3).

Data analysis

The variance, the arithmetic mean and the density were estimated in order to analyze the distribution (Table 3).

Cuadro 3. Variables medidas de la regeneración natural (2009) 4 años después del incendio.

Re poblamiento	Variable	Media	Desviación estándar	Rango
	Densidad (árboles/sitio)	62.57	57.57	1-226
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	Altura (cm)	31.87	20.07	16.51-85.16
	Núm. de ramas	12.59	10.27	0-68

n = 2 944

Table 3. Measured variables of natural regeneration (2009) 4 years after the fire.

Repopulation	Variable	Mean	Standard deviation	Range
	Density (trees/site)	62.57	57.57	1-226
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	Height (cm)	31.87	20.07	16.51-85.16
	Num. of branches	12.59	10.27	0-68

n = 2 944.

El resultado de la densidad por sitio se extrapoló a una hectárea y se obtuvo 6 256 renuevos ha<sup>-1</sup>, valor que se considera alto en comparación con estudios realizados en la misma zona sin y con incendio (Cuadro 4).

The density per site was extrapolated to a hectare, and the result was 6 256 sprouts ha<sup>-1</sup>, a value regarded as high compared to other studies performed in the same area with and without fire (Table 4).

Cuadro 4. Comparación del número de individuos de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. en distintos años en el bosque La Primavera.

Año	Sin incendio			Con incendio	
	1988	1999	2005	2005	2009
Densidad total de regeneración natural (renuevos ha <sup>-1</sup> )	300	313*	37	103	6 256

Fuente: Curiel (1988); Gallegos *et al.* (1999); Flores *et al.* (2005).

\*Valor considerando 7 especies

Table 4. Comparison between the number of individuals of *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. in different years in the La Primavera forest.

Year	Without fire			With fire	
	1988	1999	2005	2005	2009
Total density of the natural regeneration (sprouts ha <sup>-1</sup> )	300	313*	37	103	6 256

Source: Curiel (1988); Gallegos *et al.* (1999); Flores *et al.* (2005).

\*Value considering 7 species

Posterior al fuego se puede esperar entre 5 000 a 12 000 individuos ha<sup>-1</sup>, como ejemplo Flores *et al.* (2005) evaluaron el bosque LP, cinco y siete meses después y obtuvieron en promedio 103 renuevos ha<sup>-1</sup>, cantidad extremadamente baja, debido al corto tiempo que transcurrió. Por lo tanto, se confirma con este estudio que se incorporan individuos con el tiempo. Al respecto, Madrigal *et al.* (2005) en el municipio de El Escorial (Madrid) señalan valores

After the fire, a density of 5 000 to 12 000 individuals ha<sup>-1</sup> may be expected. For instance, Flores *et al.* (2005) evaluated the LP forest five and seven months after the fire, and they obtained an average of 103 sprouts ha<sup>-1</sup>, an extremely low proportion due to the short period that had elapsed. In this regard, Madrigal *et al.* (2005) point out values ranging between zero and 33 seedlings ha<sup>-1</sup> in the municipality of

desde 33 plántulas ha<sup>-1</sup> hasta escasa o nula y aclaran que durante la primavera siguiente se produjo una mayor densidad de *P. pinaster* como resultado de las condiciones posincendio.

Los valores de varianza y media aritmética se utilizaron para estimar la distribución de la regeneración natural de *P. oocarpa*, a través del índice de Dispersión (ID) y el parámetro estadístico se corrobora con el valor de  $X^2=IG$  (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de varianza y media aritmética por número de individuos por sitio.

Varianza	Media	$X^2$	Intervalo de $X^2$		ID	IG
			0.025	0.975		
3 314.668	62.5	1 538	16	45.7	52.97	0.792

ID = Índice de dispersión; IG = Índice de agregación de Green

Table 5. Variance values and arithmetic mean by number of individuals per site.

Variance	Mean	$X^2$	Range of $X^2$		DI	GI
			0.025	0.975		
3 314.668	62.5	1 538	16	45.7	52.97	0.792

DI = Dispersal index; GI = Green's aggregation index.

Los resultados muestran que la varianza es más grande que la media y se deduce que el patrón de distribución espacial es en forma de agrupación, información que se corrobora con el ID y  $X^2=IG$  (García, 2002).

En el caso de la dinámica de la regeneración natural de *P. oocarpa* a través de los parámetros de reproducción y cálculo de edad se obtuvo que al rededor de 83 % de la población fue de reproducción asexual (brotes de raíz) y presentan un estado ramoso por varios años, mientras que 17 % restante exhibe reproducción sexual. León y Suárez (1998) señalan que cuando las circunstancias extremas lo exigen, los pinos pueden sobrevivir con un sistema superficial de raíces adoptando con ello su reproducción asexual. Al respecto un estudio realizado en Guerrero donde los incendios frecuentes matan la parte aérea del renuevo de *P. oocarpa*; la raíz que ha engrosado a pocos centímetros de profundidad, emite nuevos brotes, de tal manera que este disturbio retrasa o estanca, pero no impide el repoblamiento del bosque; en cambio, concede a la especie una gran ventaja para ocupar el área sobre otros taxa arbóreos carentes de ese mecanismo de adaptación (Rzedowski *et al.*, 1977). Y después de salir del estado ramoso pueden tolerar en la etapa de brinzal (individuos entre 30 y 150 cm de altura) incendios de baja intensidad (Rodríguez *et al.*, 2004). En este estudio la reproducción asexual se caracteriza por el tamaño y el enlace de raíces, lo que no se observa en individuos de reproducción sexual, condición que no se ha abordado en el bosque LP.

Para el análisis de edad los estudios consultados se basan en individuos adultos más no en los individuos que se integran al

*El Escorial (Madrid)*, and they explain that during the following spring a higher density of *P. pinaster* was generated as a result of the post-fire conditions.

The values of variance and arithmetic mean were utilized to estimate the distribution of the natural regeneration of *P. oocarpa* based on the Dispersal index (DI), and the statistical parameter was corroborated with the value of  $X^2=GI$  (Table 5).

The results show that the variance is greater than the mean, and we infer the spatial distribution pattern to be a grouping, an information that is corroborated by the DI and  $X^2=GI$  (García, 2002).

In the case of the dynamics of the natural regeneration of *P. oocarpa*, according to the reproduction parameters and age estimate, around 83 % of the population reproduced asexually (root shoots) and have shown a branchy state for several years, while the remaining 17 % reproduced sexually. León and Suárez (1998) point out that, when extreme circumstances demand it, pine trees can survive with a superficial root system, thereby adopting asexual reproduction. In this regard, according to a study performed in Guerrero, where frequent fires kill the aerial part of the *P. oocarpa* sprout, the root that has thickened at a few centimeters of depth gives off new shoots, so that this disturbance causes a delay or a halt, but does not prevent the repopulation of the forest; on the contrary, it gives the species a great advantage to occupy the area over other tree species that lack this adaptation mechanism (Rzedowski *et al.*, 1977). And once they emerge from the branchy state and reach the seedling stage, they can tolerate low intensity fires (Rodríguez *et al.*, 2004). In this study, asexual reproduction is characterized by the size and intertwinement of the roots, which is not observed in sexually reproduced individuals; this condition has not been studied in the LP forest.

For the age analysis, the consulted studies are based on adult individuals, but not on those that become integrated into the ecosystem. The resulting estimates were 2 to 9 years of age for sexually regenerated individuals, and a maximum of one year for those that reproduce asexually (Figure 7).



Figura 7. Corte transversal de tallo en renuevos de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.: A) y B) forman un anillo C) forma un pseudo anillo.

Figure 7. Cross cut of the stem in *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. sprouts. A) and B) form a ring; C) forms a pseudo-ring.

ecosistema. Los resultados arrojaron 2 a 9 años en individuos que se regeneraron de forma sexual, mientras que en individuos asexuales pocos registraron como máximo un año (Figura 7).

Por su parte, Hudson y Salazar (1981) indican que tres a seis años son suficientes para una regeneración natural exitosa; sin embargo para que se pueda restablecer el renuevo el tiempo recomendado es de 12 años.

Por último, para determinar si se acelera la tasa de crecimiento en altura, los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro 6.

On their part, Hudson and Salazar (1981) point out that a period of three to six years is sufficient for natural regeneration to be successful; however, the recommended period for the reestablishment of the sprouts is 12 years.

Finally, the results of the variance analysis are shown in Table 6 in order to help determine whether to accelerate the height growth rate.

The T1 treatment, as shown in Figure 8, has a statistically significant effect on the height, with a confidence interval of 95 %.

Cuadro 6. Análisis de Varianza para altura.

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales				
A: Año	222889.	222 889.	264.26	0.0000
B: Tratamiento	249771.	124 885.	148.07	0.0000
Interacciones				
AB	75 535.9	37 767.9	44.78	0.0000
Residuos	4.06457E6	843.448		
Total (corregido)	4.69407E6			

Table 6. Variance analysis for height.

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Main effects				
A: Year	222 889.	222 889.	264.26	0.0000
B: Treatment	249 771.	124 885.	148.07	0.0000
Interactions				
AB	75535.9	37767.9	44.78	0.0000
Residues	4.06457E6	843.448		
Total (Corrected)	4.69407E6			

Año 2009 = Year 2009; No. de individuos = No. of individuals; Año 2010 = Year 2010; Clases de altura (cm) = Height classes (cm); Tratamiento = Treatment; Altura = Height; Brote sobresaliente T1 = Protruding shoot T1; Brote turgente T2 = Turgid shoot T2; Testigo = Control.

El tratamiento T1 tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la altura con 95 % de nivel de confianza (Figura 8).

On the contrary, a low response to growth was obtained with treatment T2. Figure 9 shows graphically the height of the population in both measurements.

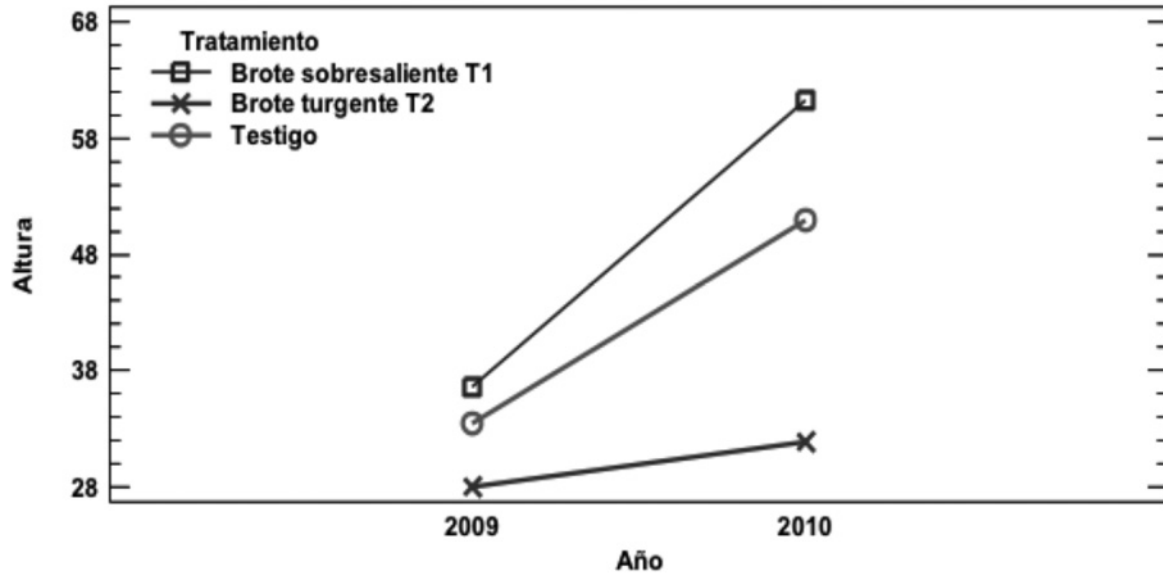


Figura 8. Crecimiento en altura por tratamiento año<sup>-1</sup>.  
Figure 8. Growth in height by treatment year<sup>-1</sup>.

Por el contrario el tratamiento T2 se obtuvo una baja respuesta al crecimiento. En la Figura 9 se observa de forma gráfica la altura de la población en ambas mediciones.

The branchy state diminished, but in a lesser degree, and T0 had the best results; the variance analysis is shown in Table 7.

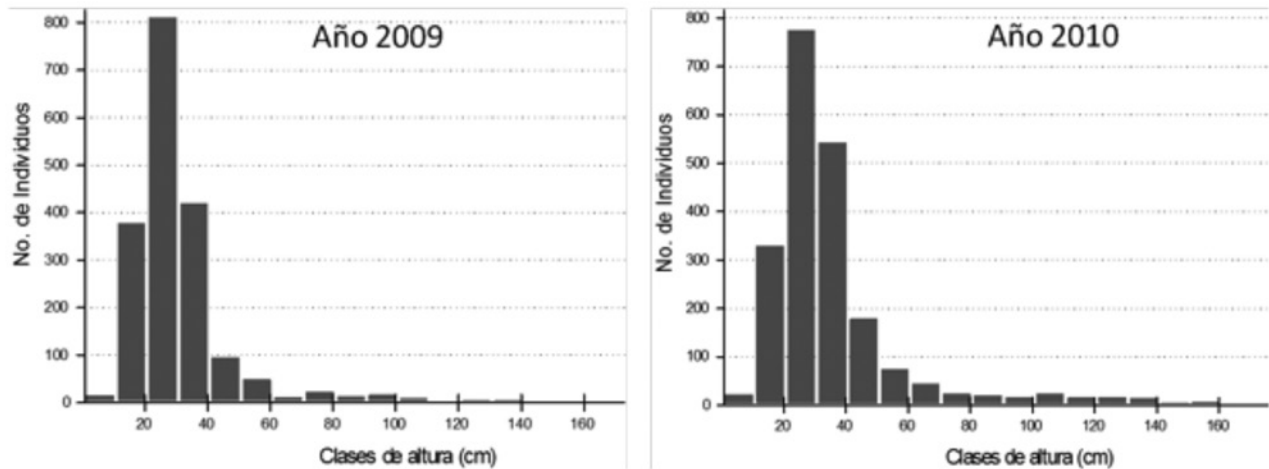


Figura 9. Representación de las alturas promedio del renuevo posicendio.  
Figure 9. Representation of the average heights of the sprouts after the fire.



El estado ramoso disminuyó pero en menor cantidad y el T0 fue el que mostró mejores resultados. El análisis de varianza se resume en el Cuadro 7.

As a result of the growth in height, the sprout reduces its number of branches (Figure 10); however, as in the above case, the T2 treatment does not show a good response to pruning.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para número de ramas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales				
A: Año	11 497.5	11 497.5	96.17	0.0000
B: Tratamientos	33 018.9	16 509.5	138.09	0.0000
Interacciones				
AB	5 859.54	2 929.77	24.51	0.0000
Residuos	553 669.	119.557		
Total (Corregido)	602 978.			

Table 7. Variance analysis for the number of branches.

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Main effects				
A: Year	11 497.5	11 497.5	96.17	0.0000
B: Treatment	33 018.9	16 509.5	138.09	0.0000
Interactions				
AB	5 859.54	2 929.77	24.51	0.0000
Residues	553 669.	119.557		
Total (Corrected)	602 978.			

Como resultado del crecimiento en altura el renuevo disminuye sus ramas (Figura 10) pero como en el caso anterior el T2 no muestra buena respuesta a la poda.

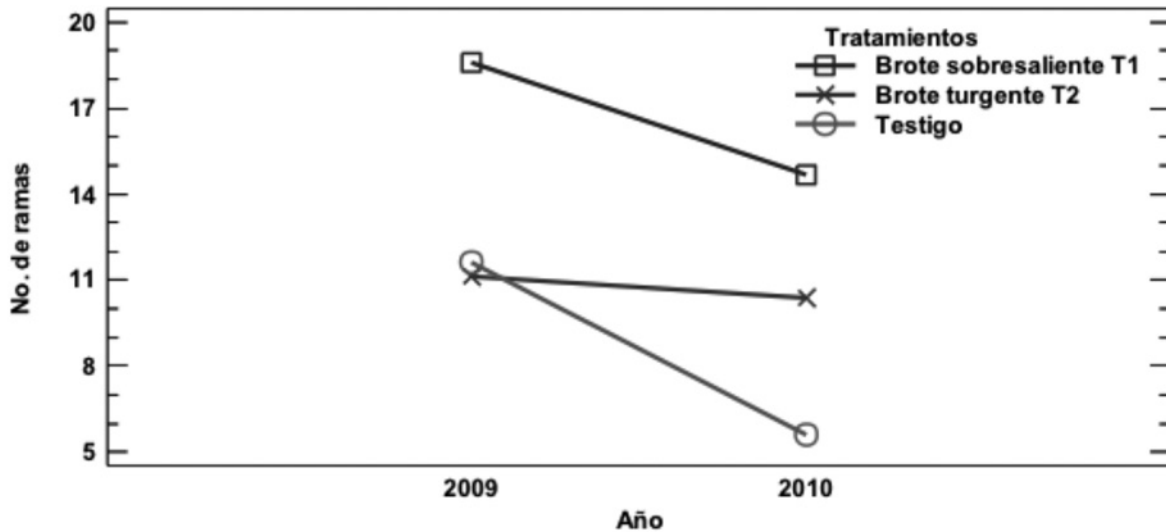
Figure 11 shows graphically a distribution of the population in the shape of an inverted J.

De forma gráfica la población exhibe una distribución de J invertida (Figura 11).

The consulted literature includes no information regarding the application of prunings to natural repopulation. However, although significant differences were found between treatments year<sup>1</sup>, the values were higher in individuals higher than 150 cm, in which the elimination of biomass benefits growth; shoots emerged, but in smaller quantities. According to Rodríguez (1996), in populations aged one to eight years, only 27.7 % of the trees with a height of 130 to 400 cm show resprouting (3.3 per tree), compared to 96.7 % of trees with a height under 1.3 m, in which average number of sprouts per tree is 7.8.

En la literatura consultada no se encontró información sobre la aplicación de podas en repoblamiento natural. No obstante, a pesar de mostrarse diferencias significativas entre tratamientos año<sup>1</sup>; los valores fueron mayores en individuos superiores a 150 cm donde la eliminación de la biomasa beneficia el crecimiento aunque presenta brotes pero en menor cantidad. De acuerdo a Rodríguez (1996) en poblaciones con uno a ocho años, solo 27.7 % de los árboles con 130 a 400 cm de altura, exhiben rebrotes (3.3 por árbol), en comparación con 96.7 % para aquellos con menos de 1.3 m de altura y 7.8 rebrotes por árbol.





No. de ramas = No. of branches

Figura 10. Disminución de ramas por tratamiento año<sup>-1</sup>.

Figure 10. Branch reduction by treatment year<sup>-1</sup>.

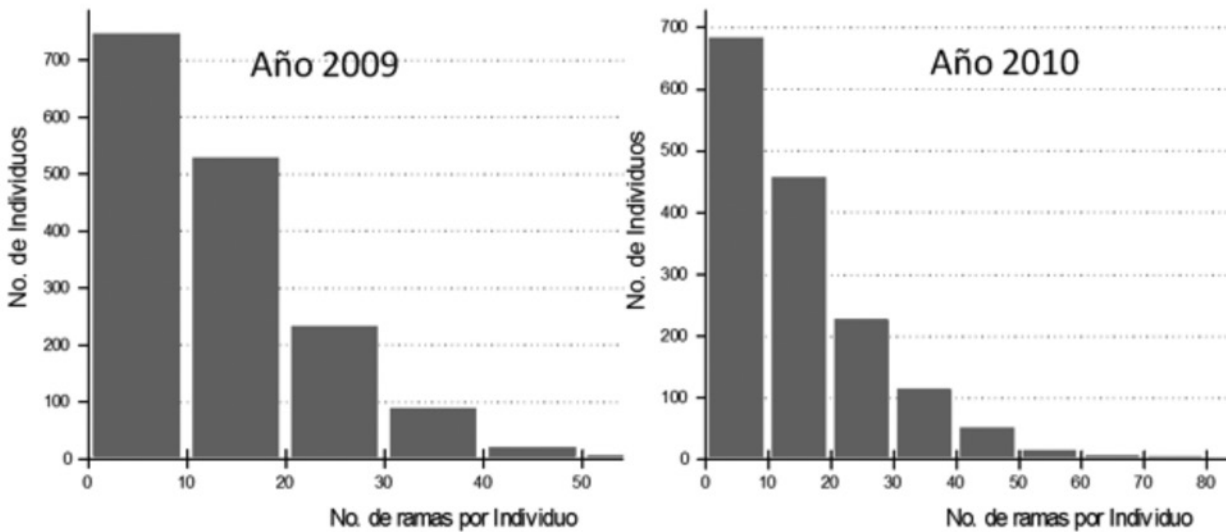


Figura 11. Comportamiento y distribución de la población con número de ramas por individuos.

Figure 11. Performance and distribution of the population, with number of branches per individual.

Un enfoque de gestión del fuego y combustible del suelo podría servir como herramienta para reducir grandes pérdidas. Sin embargo el reto más importante es buscar los medios para disminuir la degradación de los bosques de México a través de la educación ambiental y apoyo económico para este fin (Rodríguez y Fulé, 2003) Además, el fuego de manera controlada sí representa un elemento que ayuda a la dinámica del ecosistema, pues junto con el monitoreo de sitios permanentes y acciones de prevención y control facilitarían que el renuevo transite hasta llegar a su etapa climáx.

A management approach to address fires and fuel from the soil may serve as a tool for reducing the losses. However, the main challenge is to find the means to diminish the degradation of the forests of Mexico through environmental education and the obtainment of financial support for this purpose (Rodríguez and Fulé, 2003). Furthermore, controlled fires are an element that contributes to the dynamics of the ecosystem; together with the monitoring of permanent sites and prevention and control actions, they will expedite the development of the sprouts to the climactic stage.



## CONCLUSIONES

El área afectada por el incendio forestal en el bosque La Primavera, presenta una densidad alta de regeneración natural posincendio de *P. oocarpa*. Los patrones de distribución de la regeneración se relacionan, entre otros factores, con la presencia o ausencia de árboles Padre, su edad y la calidad de sitio. El renuevo de *P. oocarpa* manifiesta las adaptaciones a los incendios en esta zona a través del estado ramoso y la reproducción asexual (raíz). El tratamiento aplicado (poda) T1 mostró un mayor crecimiento en altura respecto al testigo; por el contrario, el testigo produjo menor cantidad de ramas lo que evidencia su mecanismo de defensa al fuego. 🌱

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección Ejecutiva del Bosque La Primavera por las facilidades brindadas para este estudio, a las personas que apoyaron en el trabajo.

## REFERENCIAS

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2008. Incendios Forestales. Guía práctica para comunicadores. Guadalajara, Jal. México. 58 p.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Inventario Nacional Forestal y de Suelo. <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/component/phocadownload/category/149-2004-2009?download=770:manual-y-procedimientos-para-el-muestreo-de-campo-2004-2009> (3 de noviembre 2013).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2000. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) México, D.F. México. 116 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2009. Pinos y cedros (Gimnosperma). Biodiversidad Mexicana [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran\\_familia/plantas/pinos/pinos.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/pinos/pinos.html) (18 de septiembre de 2012).

Curiel B., A. 1988. Plan de Manejo Bosque La Primavera. Universidad de Guadalajara, Facultad de Agricultura, DICSA. Guadalajara, Jal. México. 164 p.

Estrada M., C. 1997. Evaluación de la regeneración natural en bosques de pino de la UCODEFO No. 4 de Durango, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma Nuevo León. Linares, NL. México. 100 p.

Farjon, A., J. A. Pérez de la R. y B. T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanical Gardens. Kew, UK. 151 p.

Flores G., J. G. y J de D. Benavides S. 1993. Quemadas controladas y su efecto en los nutrimentos del suelo en un rodal de pino. *Amat* 6 (1-2): 24-25.

Flores G., J. G., O. G. Rodríguez C., A. T. Ortega M. y O. G. Rosas A. 2005. Respuesta de la regeneración natural de un rodal perturbado por el fuego en el bosque La Primavera. In: Santiago P., A. L. (comp.). 1er Foro de investigación y Conservación del Bosque La Primavera. 22 al 23 de septiembre. Zapopan, Jal. México.

Gallegos R., A., R. Villavicencio G., E. Hernández A., A. Rodríguez R., C. F. Becerra S. and C. A. Muñoz R. 1998. Permanent control sites for monitoring forest resources in Protected Natural Areas in the State of Jalisco, México. In: Aguirre-Bravo, C. y C. Rodríguez F. (eds.). 1988. North American Science Symposium: Toward a Unified Framework for Inventing and Monitoring Forest Ecosystem Resources. USDA - Forest Service. Guadalajara, Jal., México. pp. 219-229.

## CONCLUSIONS

The area affected by fire in the *La Primavera* forest has a high density of post-fire natural *P. oocarpa* regeneration. The distribution patterns of the regeneration are related to the presence or absence of parent trees, tree age and quality of the site, among other factors. The *P. oocarpa* sprouts manifest adaptability to fires in this area through their branchiness and their asexual form of reproduction (from root shoots). The T1 treatment (pruning) applied produced a larger growth in height than that of the controls; on the other hand, the controls produced a smaller number of branches, which is an evidence of their defense mechanism against fire. 🌱

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their gratitude to the Executive Management of the La Primavera forest for the facilities provided for this study and to all those who supported this work.

*End of the English version*

Gallegos R., A., R. Villavicencio G., E. Hernández A. y A. Rodríguez R. 1999. Evaluación de la Regeneración Natural en la Sierra La Primavera. In: Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. e Instituto de Silvicultura e Industria de la madera. Memorias del IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Universidad Juárez del Edo. de Durango. 24 al 26 de noviembre. Durango, Dgo. México. pp. 219-228.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Offset Larios, México, D. F. México. 288 p.

García G., D. A. 2002. Distribución espacial de bosques mixtos en la Sierra Madre Oriental, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. 88 p.

Hudson, J. y M. Salazar. 1981. Las quemadas prescritas en los pinares de Honduras. Serie misceláneas No. 1. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 58 p.

Jiménez, A., M. A. López y J. González A. 2008. Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). *Agrociencia* 12(1): 35-43.

ledo A., S. Condés y F. Montes. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Rev. Peru. Biol.* 19(1): 113 - 124.

León S., T. y A. Suárez. 1998. Efecto de las plantaciones forestales sobre el suelo y agua. CONIF. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 143 p.

Lund H. G., V. Torres, A. Turner y L. Wood. 2002. Análisis crítico de los estimados disponibles de deforestación. USAID. México. Semarnat. [http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog\\_bosques\\_deforestacion.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques_deforestacion.php) (12 de septiembre de 2011).

Madrigal, J., E. Martínez H., C. Hernando, M. Gujarro y C. Díez. 2004. Respuesta a corto plazo del regenerado post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. a claros mecanizados intensos. *Silva Lusitana* 12(1): 1 - 14.

Madrigal, J., C. Hernando, E. Martínez, M. Gujarro y C. Díez. 2005. Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en la Sierra de Guadarrama (Sistema Central, España): modelos descriptivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 14(1): 36-51.

Malhotra N., K. 1997. Investigación de mercados: un enfoque práctico. Ed. Pearson Prentice Hall. México, D.F. México. 125 p.

- Perry J., P. Jr., A. Graham y M. D. Richardson. 1991. The history of pines in México and Central America. In: Richardson, M. D. (ed). Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp. 49-68.
- Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios forestales. Mundi Prensa-Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. México. 630 p.
- Rodríguez T., D. A. 2006. Ecología del fuego y manejo integral del fuego en las montañas del Valle de México (bosque de coníferas). In: Flores G., J.G. y D. A. Rodríguez T. (eds) 2006. Incendios forestales: definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades. Mundi Prensa-Conafor. México DF. México. 278 p.
- Rodríguez T., D. A. and P. Fulé. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire Management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12:1-37.
- Rodríguez T., D. A., H. C. Martínez H. y V. Ortega B. 2004. Ecología del fuego en bosques de *Pinus hartwegii*. In: Villers R., L. y J. López B. 2004. Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. México. 164 p.
- Ruiz G., J. L. 2005. Caracterización estructural del matorral espinoso tamaulpeco, Linares, Nuevo León, México. Tesis de Maestría. Linares, N.L. México. 104 p.
- Rzedowski, J., L. Vela y X. Madrigal. 1977. Algunas consideraciones de la dinámica de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal* 2(5):15-35.
- Triola, M. F. 2009. Estadística. Pearson Educación. México, D.F. México. 914 p.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 1996. Reservas de Biosfera: La Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial. UNESCO, París. <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001038/103849sb.pdf> (20 de marzo de 2014).
- Vega J., A. 2007. Bases ecológicas para la restauración preventiva de zonas quemadas. *Wildfire Thematic sesión 8 restauración de zonas quemadas*. Sevilla, España. 23 p.
- World Wildlife Fund for Nature/ Adena (WWF/Adena). 2008. Criterios de restauración de zonas incendiadas. WWF/Adena, Madrid. <http://www.fundacionbancosantander.com/media/docs/SOST.%20MANUAL%206%20bajapdf> (24 de marzo de 2014).

