



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN



PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS  
NATURALES

EVALUACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE TRES  
ESPECIES CONÍFERAS EN ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN NATURAL EN  
EL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.

COORDINADOR E INVESTIGADOR:

ING. AGR. SERGIO MIGUEL GODÍNEZ

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN II:

Br. FAVIO ANTONIO RODRÍGUEZ CASTRO

Br. JORGE ISMAEL CAMPOSECO DOMINGO

Br. NANCY PAMELA LÓPEZ FÉLIX

GUATEMALA, ENERO DE 2010.

CENTRO UNIVERSITARIO DE NOROCCIDENTE  
INGENIERÍA FORESTAL

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES .....	8
2.1.	Disturbio .....	8
2.2.	Claros .....	8
2.3.	Sucesión vegetal .....	8
2.4.	Restauración ecológica .....	9
2.5.	Regeneración natural .....	9
2.6.	Dinámica de regeneración natural.....	10
2.6.1.	Dispersión de semillas en coníferas .....	10
2.6.2.	Banco de semillas .....	10
2.6.3.	Establecimiento y desarrollo de la regeneración natural .....	11
2.6.3.1.	Competencia inter específica .....	11
2.6.3.2.	Competencia intra específica y densidad inicial .....	12
2.6.3.3.	Factores climáticos y bióticos .....	12
III.	JUSTIFICACIÓN .....	14
IV.	OBJETIVOS .....	15
4.1.	General.....	15
4.2.	Específicos .....	15
V.	HIPÓTESIS .....	15
5.1.	Hipótesis Nula .....	15
5.2.	Hipótesis Alternativa .....	15
VI.	METODOLOGÍA.....	16
6.1.	Delimitación del área de estudio.....	16
6.2.	Estratificación del área de estudio.....	16
6.3.	Tamaño y selección de la muestra .....	16
6.4.	Evaluación de campo .....	18
6.4.1.	Identificación de la fuente de disturbio que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (objetivo 1).....	18

6.4.2.	Determinación de la variación de la densidad de regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera (Objetivo 2). .....	18
6.4.3.	Estimación del alcance de dispersión que determinó el establecimiento de una regeneración adecuada (objetivo 3). .....	21
6.4.4.	Evaluación de las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (Objetivo 4). .....	21
VII.	RESULTADOS .....	22
7.1.	Identificación de fuentes de disturbio que han originado el establecimiento de áreas con regeneración natural (objetivo 1). .....	22
7.2.	Variación de la densidad de regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera (Objetivo 2). .....	23
7.3.	Estimación del alcance de dispersión para determinar el establecimiento de una regeneración adecuada (Objetivo 3). .....	29
7.4.	Evaluación de las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (objetivo 4). .....	31
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	34
IX.	CONCLUSIONES .....	42
X.	RECOMENDACIONES .....	43
XI.	BIBLIOGRAFÍA .....	44
XII.	ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de sitios de muestreo de evaluación de regeneración de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> . .....	17
Figura 2. Modelo de muestreo en espacio de claro para la evaluación de la regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	20
Figura 3. Modelo de muestreo en espacio de borde para la evaluación de la regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	20
Figura 4. Fuentes de disturbio identificados en espacios de borde y claro, en bosques de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> del altiplano occidental de Guatemala. ....	22
Figura 5. Comportamiento de la densidad de regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> por fuente de disturbio y especies asociadas. ....	23
Figura 6. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	24
Figura 7. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	24
Figura 8. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. pseudostrobus</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	25
Figura 9. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. pseudostrobus</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	26
Figura 10. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. tecunumanii</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	27
Figura 11. Variación de la densidad de regeneración natural de <i>P. tecunumanii</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	27
Figura 12. Respuesta de la densidad de regeneración natural de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> respecto a la exposición fisiográfica, en espacios de borde y claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	28
Figura 13. Variación de la densidad de regeneración natural establecida en <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	29
Figura 14. Variación de la densidad de regeneración natural establecida en <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	30

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tamaño y distribución de la muestra.....	17
Cuadro 2. Estados de desarrollo y variables a medir en la evaluación de la regeneración natural .....	19
Cuadro 3. Densidad media de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> en claros con diámetros: mínimo, medio y máximo.....	28
Cuadro 4. Resumen de las características de la fuente semillera de <i>P. oocarpa</i> en espacios de borde y claro.....	31
Cuadro 5. Resumen de las características de la fuente semillera de <i>P. pseudostrobus</i> en espacios de borde y claro.....	32
Cuadro 6. Resumen de las características de la fuente semillera de <i>P. tecunumanii</i> en espacios de borde y claro.....	33
Cuadro 7. Distribución natural de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. tecunumanii</i> y por zonas de vida y rangos de altitud.....	37
Cuadro 8. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B, C), para <i>Pinus oocarpa</i> , en bosques del altiplano occidental de Guatemala. ....	49
Cuadro 9. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B,C), para <i>Pinus pseudostrobus</i> , en bosques del altiplano occidental de Guatemala.....	50
Cuadro 10. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B,C), para <i>Pinus tecunumanii</i> , en bosques del altiplano occidental de Guatemala.....	50

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objeto principal la evaluación del comportamiento de la densidad de la regeneración natural de tres especies coníferas (*P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*) en espacio de borde y claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala, en función al disturbio que originó su establecimiento, la distancia de la fuente semillera y las características de la fuente semillera.

La identificación del disturbio es importante, porque determina el potencial de recuperación del sitio, principalmente porque su efecto permanece en el sitio antes de iniciarse el proceso de restauración, siendo así, el disturbio fue un factor importante en la evaluación de la densidad de la regeneración natural, ya que éste factor, en cierta medida, influye en el comportamiento de la densidad. El principal medio de dispersión de semillas de las coníferas es el viento, algunos estudios mencionan que el 30 al 75 % de la lluvia de semillas caen en los próximos 18 m de la fuente semillera, otros que el 85 al 90% de las semillas son diseminadas entre los 50 y 60 m, más no existe información sobre el comportamiento de la densidad de la regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera. Por lo tanto, para efecto del presente estudio, se evaluó la densidad de la regeneración natural desde la fuente semillera hasta donde no hubiera presencia de regeneración natural (en espacio de borde) y de un extremo al otro de la fuente semillera (en espacio de claro). Finalmente se consideró algunas características de la fuente semillera como la altura, la densidad y el área basal, para cotejarlos con los valores de densidad media obtenida por área evaluada.

Palabras clave: Disturbio, borde, claro, regeneración natural, densidad, fuente semillera, competencia intra e interespecífica, estados de desarrollo.

## I. INTRODUCCIÓN

El bosque es uno de los medios fundamentales de subsistencia para la población de Huehuetenango, Quiché y Totonicapán, la cual manifiesta una evidente condición de pobreza y una dinámica de uso de la tierra que se caracteriza por un historial de incendios forestales, cambio de uso de la tierra para usos agropecuarios y aprovechamientos forestales sin planes de manejo a mediano y largo plazo que garanticen la sostenibilidad del recurso y permanencia de la cobertura forestal; aunado a estos factores, otros fenómenos ambientales como las plagas, enfermedades, aludes y sociopolíticos como la limitada coordinación institucional para la administración eficiente de los recursos forestales, influyen en las condiciones de los bosques de coníferas en ésta área geográfica de Guatemala, lo que ha motivado el estudio del potencial regenerativo de tres especies coníferas.

Al afectarse la dinámica natural de los bosques, se crean espacios propicios para que se establezca la regeneración natural como mecanismo de restauración ecológica de la masa forestal afectada. Si bien diversos investigadores aseguran que la regeneración natural resulta ser una buena alternativa de recuperación, al disminuir los costos de inversión, las ventajas biológicas y ecológicas de la nueva población, en las acciones de manejo forestal de Guatemala el cual por cierto es incipiente se le ha dado poca importancia, ya que el principal medio de recuperación de áreas forestales disturbadas es la reforestación, en un contexto de pobreza.

En las áreas de bosques de coníferas en el occidente de Guatemala se ha observado el fenómeno de regeneración natural de pinos producto de haberse disturbado la dinámica del bosque, lo cual ha motivado la realización del estudio que tuvo como objetivo evaluar aspectos de la dinámica de la regeneración natural de tres especies coníferas: *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* en espacios de borde y claro en bosques del altiplano occidental de Guatemala, el que se considera de importancia ecológica, científica y socioeconómica.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Disturbio

Se define como "la muerte, desplazamiento o daño puntual y discreto de uno o más individuos (o colonias) que directa o indirectamente crean oportunidades de establecimiento para nuevos individuos (o colonias)"; Waring & Running (1998) consideran que el disturbio implica fenómenos bióticos naturales como las defensas bioquímicas de las plantas, defoliaciones por insectos, escarabajos descortezadores, patógenos y parásitos transmitidos por distintos vectores; implica también fenómenos de origen abiótico como: incendios, gases atmosféricos, inundaciones, sequías, viento, nieve, hielo y movimientos de suelo. La degradación surge también cuando los humanos irrumpen en el ambiente natural y lo modifican, de tal modo que el sistema no puede sostener a su población en el futuro. Son perturbaciones antropogénicas los incendios forestales, desmontes agropecuarios, pastoreo, explotación forestal, alteración del régimen hidrológico por las obras hidráulicas, emisiones de contaminantes a la atmósfera, el agua y los suelos (FAO, 2000; Hernández, 2007; Marroquín, 2007) (10, 14, 19).

### 2.2. Claros

Llamados también "Graps" en Inglés y denominados por Halle *et al.* (1978) con la acepción francesa "chablis", se forman cuando se da lugar a un disturbio en el ecosistema forestal. Estas áreas reciben toda la intensidad de la radiación solar durante el medio día, la influencia de los vientos, su orientación respecto a la dirección del viento, la altura de los árboles circundantes, la exposición y la pendiente se combinan para modificar el efecto producido por la abertura del bosque (Daniel *et al.*, 1982; Lamprecht, 1990) (8, 18).

### 2.3. Sucesión vegetal

Es la sustitución de una comunidad vegetal por otra, fenómeno que puede ocurrir en lentos estadios integradores en donde un sitio es al principio tan inhóspito que sólo una cuantas especies pueden vivir en él, o bien puede ser muy rápido, como cuando

una comunidad es destruida por un agente como el fuego, las inundaciones o una epidemia de insectos y es reemplazada por otra (Daniel *et al.*, 1982) (8). Hay dos formas primordiales de sucesión ecológica, **primaria y secundaria**. Durante la sucesión primaria un ecosistema se forma de rocas desnudas, la arena o un estanque glacial despejado, donde no hay rastro de una comunidad anterior. Durante la **sucesión secundaria**, se desarrolla un ecosistema nuevo después de la perturbación (natural o antrópica) de la vegetación precedente hasta alcanzar un estado máximo de integración de especies, cuya composición se auto-perpetúa (Audersirk, 1996; Daniel *et al.*, 1982; Plana, 2000; Spurr & Barnes, 1982; Sutton & Harmon, 1979; Veblena *et al.*, 2004) (1, 8, 24, 31, 32, 34).

#### **2.4. Restauración ecológica**

Restauración ecológica puede ser definida de manera concisa como “haciendo naturaleza” o como una “sucesión dirigida”, donde la meta es crear ecosistemas saludables y auto regulables, algunos tan similares en lo posible a lo que fue anterior en estructura, productividad y diversidad de especies (Saunders *et al.*, 1993) Lamb & Gilmour (2003). El problema es que el concepto restauración ecológica en ocasiones es poco realista y podría ser apropiado observar metas más modestas como tratar de recrear el bosque con diversidad, estructura y función similar; puede ser visto de manera general como cualquier acto de mejora de un estado degradado (Urbanska *et al.*, 1997) (Marroquín, 2007; Peña *et al.*, 2005)(19, 22).

#### **2.5. Regeneración natural**

Se define como la vegetación arbórea que se encuentra en las primeras fases de crecimiento y desarrollo, formando parte de un proceso natural de renovación del bosque (INAFOR, 2006) (16). La regeneración natural se presenta en los estados de plántula, brinzal, latizal y un estado juvenil ó fustal (CATIE, 1997; Pinelo, 2004) (4, 23).

## **2.6. Dinámica de regeneración natural**

La regeneración de las plantas es un proceso dinámico por el que nuevos individuos se incorporan a la población reproductora a medida que otros desaparecen como resultado de la mortalidad natural (Harper, 1977) (Spurr & Barnes, 1982) (31). En el caso de las especies leñosas, este proceso implica una serie de transiciones entre estados (flores, semillas, plántulas, brinzales, latizales, fustales y adultos) que implican pérdidas en potencial reproductivo debidas a la actuación de factores abióticos y bióticos, cuyo efecto combinado determina el resultado final en número de nuevos individuos adultos (Jordano & Herrera, 1995). Entre los agentes bióticos implicados se encuentran al menos defoliadores, polinizadores, consumidores de semillas pre- y postdispersivos, diseminadores de semillas y ramoneadores, que participan en una compleja trama de interacciones cuyos efectos netos pueden ser en gran medida dependientes del escenario abiótico (CATIE, 1997; Equihua & Benítez, 1983; Pinelo, 2004; Rodríguez *et al.* 2005; SEP, 1982) (4, 9, 23, 28, 30).

### **2.6.1. Dispersión de semillas en coníferas**

La mayoría de pinos tienen semillas moderadamente pesadas y aladas, por lo que la forma de dispersión es anemócora. Diversos estudios y observaciones han registrado que entre el 85 al 90 % de la lluvia de semillas de *Pinus* sp., caen en los primeros 50-60 m de la fuente semillera. Independientemente de la especie, la ubicación topográfica de una plantación en relación con la dirección del viento, la pendiente y la altura son factores importantes para la dispersión (Cattaneo, 2002; González & Bravo, 1999; Hernández, 2007; Plana, 2000; Robledo *et al.*, 2003; Sarasola *et al.*, 2006) (5, 13, 14, 24, 27, 29).

### **2.6.2. Banco de semillas**

Las semillas diseminadas en el piso forestal son almacenadas durante un periodo corto hasta que germina en lo que Harper (1977) denominó el banco de semillas. Las semillas llegan al banco de semillas en un estado no germinable o latente y permanecen en esta forma hasta que las condiciones internas y externas son favorables para la germinación. En los pinos de hoja larga la máxima densidad de

semilla por metro cuadrado se encuentra dentro de los 10 m de la base del árbol (Figuerola *et al.*, 2004; Spurr & Barnes, 1982) (11, 31).

### **2.6.3. Establecimiento y desarrollo de la regeneración natural**

El desarrollo de plántulas, desde su germinación hasta el momento en que quedan establecidas, es el período más precario y crítico del proceso de regeneración de un bosque; la mayor proporción de la mortalidad ocurre durante este lapso. Todas las plantas tienen que pasar por este periodo, en el caso de las herbáceas y de algunas latifoliadas, es muy corto, pero en las coníferas es relativamente largo. (Daniel *et al.*, 1982) (8). El periodo de establecimiento de la regeneración natural toma típicamente de uno a tres años, en algunos casos más, dependiendo de las especies y las condiciones del lugar (Jardel *et al.*, 2003; Spurr & Barnes, 1982) (17, 31). Los factores que influyen en el establecimiento y crecimiento inicial del regenerado se exponen en tres grandes grupos: competencia inter específica, competencia intra específica y densidad inicial, y factores climáticos y bióticos (González & Bravo, 1999) (13).

#### **2.6.3.1. Competencia inter específica**

Se da cuando las plántulas de pino compiten por su supervivencia con especies herbáceas, matorrales y leñosas. La competencia de herbáceas en las estaciones buenas puede impedir la regeneración de *P. sylvestris* (Ackzell, 1994b; Montero, 1987) o reducir sus crecimientos, aunque Ackzell (1994b) encuentra ciertas ventajas en la existencia de herbáceas en estaciones pobres. Especial importancia tiene la competencia radical de las herbáceas que puede incrementar fuertemente el estrés hídrico de las plantas y disminuir sus disponibilidades de nutrientes bióticos (González & Bravo, 1999; Rebottaro *et al.*, 2007) (13, 26). Otros indican que al aumentar el porcentaje de cobertura de herbáceas, restos de corta y musgo, la probabilidad de obtener al menos 2.000 pies por hectárea disminuye. Todas suponen a su vez una barrera física que impide el contacto de la semilla con el suelo y su germinación, o el crecimiento y la supervivencia si llegan a instalarse en tales condiciones.

### **2.6.3.2. Competencia intra específica y densidad inicial**

Esta se produce por alelopatía, tanto de forma directa (sombreo, competencia por agua y nutrientes, etc.) como indirecta (modificación de las condiciones edáficas, formación de una capa densa de hojas de pino, modificación del sotobosque, etc.). En consecuencia existen importantes reducciones en el crecimiento y altura de las plántulas en un gradiente de distancia al árbol adulto.

Martin *et al.* (1990) establecen el límite de influencia del arbolado adulto (hasta un 20 % de pérdida en volumen del regenerado) en 5,64 m en árboles padre de *Pinus echinata* en EEUU con una anchura de copa media de 3,6 m. Pukkala (1987b) indica una mayor probabilidad de supervivencia de las plántulas de *Pinus sylvestris* situadas a 4-5 m de los árboles padre. Niemistö *et al.* (1993) indican que existe un 30-40 % de plántulas menos cerca de los árboles padre que a una distancia de 10 m. También indican un incremento en el crecimiento en altura a partir de los 15 m de distancia 4-5 veces mayor.

Las acumulaciones de restos de corta, cobertura de herbáceas y musgo son los factores que más condicionan el éxito o fracaso de la regeneración, ya que determinan el establecimiento, densidades y el desarrollo adecuado de la regeneración forestal. Su grado de influencia se manifiesta en forma diferente en cada etapa de desarrollo de la regeneración. En etapas tempranas una carga excesiva de combustibles finos (hojarasca y acículas) dificulta el establecimiento de plántulas; mientras que la presencia de combustibles ligeros, como ramillas y ramas, propicia un microambiente favorable para el establecimiento y el desarrollo de la nueva regeneración (Flores & Moreno, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005) (12, 28).

### **2.6.3.3. Factores climáticos y bióticos**

Efectivamente, el establecimiento depende de una intrincada combinación de factores bióticos tales como la disponibilidad de agua, nutrientes, luz y de semillas (Sork, 1993), la interacción de la planta con los organismos dispersantes (Herrera, 1995), la incidencia de los depredadores de semillas (Hulme, 1997), de los

herbívoros (Zamora *et al.*, 2001), de los microorganismos patógenos (Packer *et al.*, 1985) y la estructura de la vegetación (Herrera *et al.*, 1994); factores abióticos como la variación espacial del régimen lumínico (Emborg, 1998) y las características físicas y químicas del suelo (Herrera, 2002) que resultan ser los más mencionados (González & Bravo, 1999; Tíscar, 2007) (13, 33).

La luz influye en altura y supervivencia de la regeneración natural de las podocarpáceas (Calva *et al.*, 2007) (3). La altura media del matorral parece influir de forma positiva en el crecimiento medio anual. Este hecho, *a priori* contradictorio, puede ser consecuencia de la competencia que se establece por la luz o por las condiciones de facilitación que podría producir el matorral en los regenerados, ya que pueden proporcionar unas condiciones edáficas y microclimáticas óptimas para el crecimiento, sobre todo en ambientes o épocas de acusado estrés ambiental (Zamora *et al.*, 2001) (Tíscar, 2003) (33). Los matorrales también pueden facilitar la supervivencia de las plántulas (Zamora *et al.*, 2001, 2005) mejorando las condiciones extremas de temperatura, compartiendo hongos ectomicorrízicos o enriqueciendo el suelo con nitrógeno disponible (Oakley *et al.*, 2003; Gray *et al.*, 2005) (Rodríguez *et al.*, 2005) (28).

### III. JUSTIFICACIÓN

Los boques de coníferas del altiplano occidental de Guatemala toman un papel importante en la vida socioeconómica de la población, principalmente los bosques de *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, por los bienes y servicios que brindan. Esta condición repercute en la integridad de los mismos, tal es el caso del *P. tecunumanii* que actualmente está declarada como especie protegida de categoría tres<sup>2</sup> según la Lista de Especies Amenazadas de Guatemala –LEAs- y especie vulnerable según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres –CITES- (CONAP, 2006) (6).

En el manejo forestal tradicional de Guatemala, el manejo de la regeneración natural como alternativa ecológica y económica para la restauración natural de áreas disturbadas, ha sido de poca importancia, a pesar que numerosos investigadores resaltan sus ventajas biológicas, ecológicas y económicas Rebotaro *et al.*, 2007 (26). Además, bondades como la gran capacidad para establecerse en zonas con condiciones críticas del *Pinus oocarpa*; el valor y la calidad de la madera del *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, y la falta de conocimiento sobre su dinámica de regeneración natural justifican el presente estudio.

Por lo tanto, y considerando el valor ecológico, educativo, científico y socioeconómico del estudio de la vegetación, se justifica la ejecución del presente estudio, el cual aborda aspectos de la dinámica de la regeneración natural que permitirá conocer el comportamiento de la regeneración natural como respuesta de restauración natural del bosque ante un disturbio en particular y generar información útil como herramienta base y científica para prescribir sistemas, tratamientos y operaciones silviculturales en manejo forestal, para consulta e incluso reformas a la política forestal.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. General

- Determinar la capacidad regenerativa de pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede), pino triste (*Pinus pseudostrobus* Lindl) y pino ocote (*Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry) en el altiplano occidental de Guatemala.

### 4.2. Específicos

- Identificar la fuente de disturbio que ha originado el establecimiento de áreas con regeneración natural.
- Determinar la variación de la densidad de la regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera.
- Estimar el alcance de dispersión que determine el establecimiento de una regeneración adecuada.
- Evaluar las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural.

## V. HIPÓTESIS

### 5.1. Hipótesis Nula

- La densidad de la regeneración natural no varía con el aumento de la distancia de la fuente semillera.
- No existe densidad adecuada que garantice una regeneración establecida a una distancia de 60 metros de la fuente semillera para las tres especies en estudio.

### 5.2. Hipótesis Alternativa

- La densidad de la regeneración natural varía en proporción inversa al aumento de la distancia de la fuente semillera.
- Existe densidad adecuada en por lo menos una especie en estudio a 60 metros de distancia de la fuente semillera que garantice una regeneración establecida

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1. Delimitación del área de estudio.**

El estudio se realizó en los departamentos de Huehuetenango, Quiché y Totonicapán.

### **6.2. Estratificación del área de estudio.**

- Se realizó en función a las zonas de vida: Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB), Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB), Bosque húmedo Subtropical (templado) ((bh-S (t)) y Bosque muy húmedo Subtropical (cálido); donde las especies estudiadas han sido reportadas conformando bosques naturales. (Cruz, JR. de la 1982; OFI/CATIE, 2003; DATAFORG, 2003) (7, 20, 25).
- A través de consultas, entrevistas y revisión de fuentes secundarias se identificaron bosque de las especies en estudio dentro de las zonas de vida establecidas.
- Posteriormente se procedió a la inspección de campo y selección de sitios con las condiciones requeridas para la realización del estudio; es decir, bosques disturbados, con espacios de borde, claro y presencia de regeneración natural.
- Finalmente la evaluación en campo de los sitios selectos.

### **6.3. Tamaño y selección de la muestra**

Se evaluaron 60 áreas, 20 por especie, de las cuales 10 fueron en espacio de borde y 10 en claro. Las áreas (borde y claro) fueron evaluadas dos por cada exposición fisiográfica, como se muestra en el cuadro 1 y la distribución espacial en el área de evaluación se ilustra en la figura 1.

Cuadro 1. Tamaño y distribución de la muestra.

Espacio	Exposición Fisiográfica	Sitios evaluados/especie			Total
		<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Pinus tecunumanii</i>	
Borde	Norte	2	2	2	6
	Sur	2	2	2	6
	Este	2	2	2	6
	Oeste	2	2	2	6
	Cenital	2	2	2	6
Claro	Norte	2	2	2	6
	Sur	2	2	2	6
	Este	2	2	2	6
	Oeste	2	2	2	6
	Cenital	2	2	2	6
Total		20	20	20	<b>60</b>

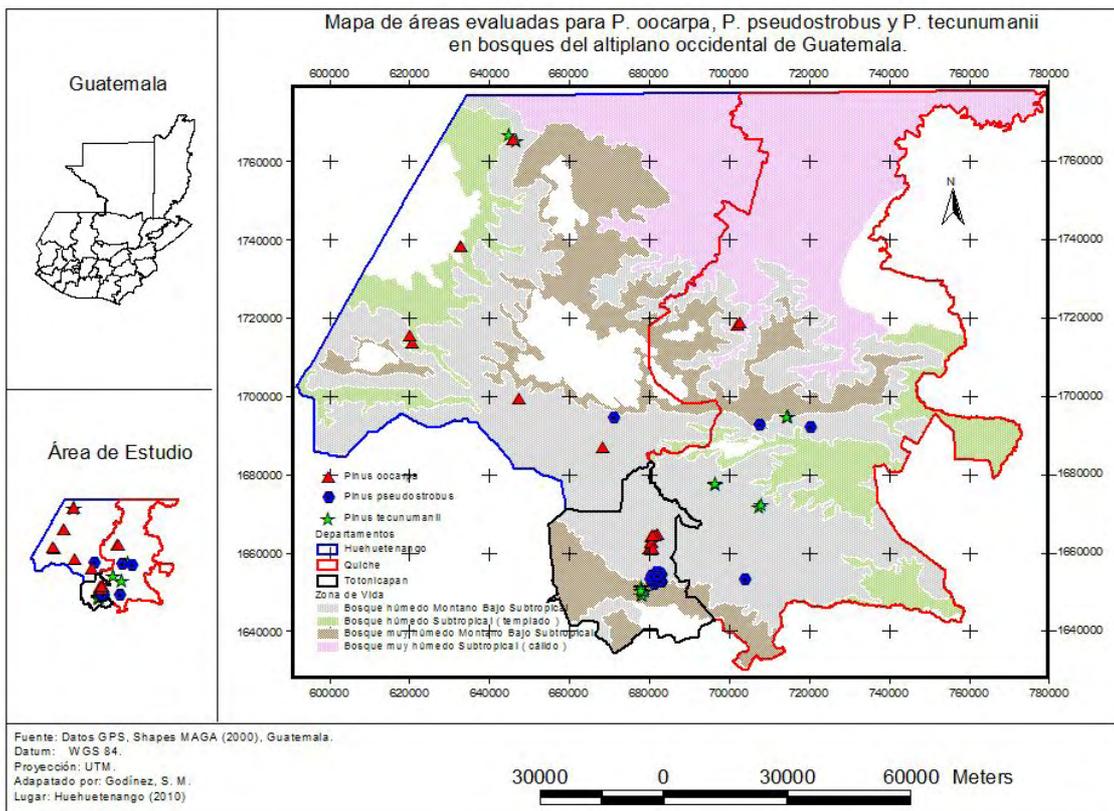


Figura 1. Mapa de distribución de sitios de muestreo de evaluación de regeneración de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*.

## **6.4. Evaluación de campo**

### **6.4.1. Identificación de la fuente de disturbio que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (objetivo 1).**

- Observación directa de evidencias del disturbio.
- Entrevista con propietarios y/o informantes clave sobre las causas del disturbio y de cualquier información útil para la identificación del disturbio.
- Registro de la información en boletas y luego la generación de una base de datos.

### **6.4.2. Determinación de la variación de la densidad de regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera (Objetivo 2).**

- Para la evaluación de la regeneración natural se establecieron parcelas continuas de 5 x 5 m (Figura 2 y 3). En espacio de borde: se establecieron parcelas continuas separadas a cada 30 m ó 50 m dependiendo de la longitud de borde y presencia de regeneración natural (figura 3). En la orientación de las parcelas continuas en borde y claro, se consideró la dirección donde se manifestó la mejor regeneración natural, ya que se relaciona con la dirección del viento y consecuentemente, la dispersión en el momento.
- En espacio de claro: las parcelas continuas se orientaron de Norte-Sur y Este-Oeste. Se establecieron las parcelas que permitieron las dimensiones del claro, es decir, según el diámetro de cada claro.
- En ambos espacios, claro y borde, se procedió al conteo de la regeneración natural dentro de las parcelas, clasificándolas en: plántula, brinzal, latizal y fustal. (Cuadro 2).
- Las densidades obtenidas en las parcelas de medición fueron convertidos a hectáreas, agrupando las parcelas continuas según su longitud en distancias mínimas, medias y máximas, por cada especie para obtener una densidad media para cada tamaño, esto se realizó en borde y claro; posteriormente fueron trasladados a un gráfico, donde la distancia muestreada se colocó en el eje de la abscisa y la densidad en el eje de la ordenada, el cual reflejó la

tendencia adoptada por la variación de la densidad desde el inicio de la fuente semillera hasta donde no hubo presencia de regeneración natural (borde) y de un extremo al otro de la fuente semillera, para el caso de claro.

- Para obtener la variación de la densidad por tipo de disturbio, se agruparon las áreas que presentaron el mismo disturbio, posteriormente se obtuvo el promedio de densidad por especie y tipo de disturbio.
- La densidad media por exposición fisiográfica, se obtuvo agrupando las áreas según su exposición, sumando sus densidades y luego obteniendo un promedio.

Cuadro 2. Estados de desarrollo y variables a medir en la evaluación de la regeneración natural

<b>Estado de Desarrollo</b>	<b>Características</b>	<b>Variables a evaluar</b>
Plántula	Individuos < 30 cm de altura	Nombre de la especie Número de individuos Especies asociadas
Brinzal	Individuos de 0,30 m hasta 1,50 m de altura y dap <5 cm	
Latizal	Individuos de 5,0 a 9,9 cm de dap	
Fustal	Individuos a partir de 10 a 25 cm de dap	
Árbol Maduro	Individuos con dap > de 25 cm	Estado fitosanitario Calidad de fuste Daño biológico Daño mecánico Clase de árbol semillero

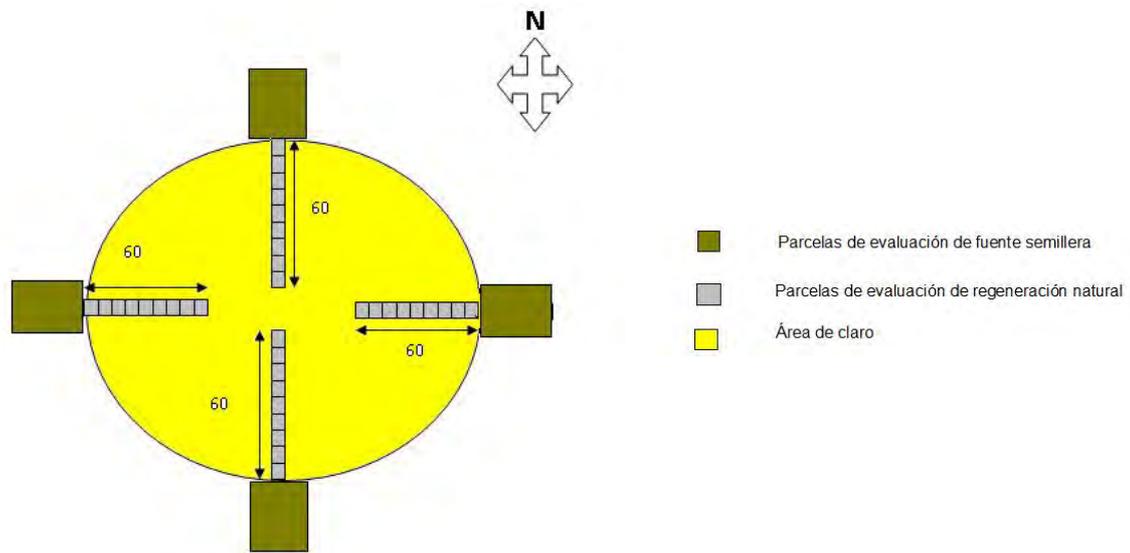


Figura 2. Modelo de muestreo en espacio de claro para la evaluación de la regeneración natural de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

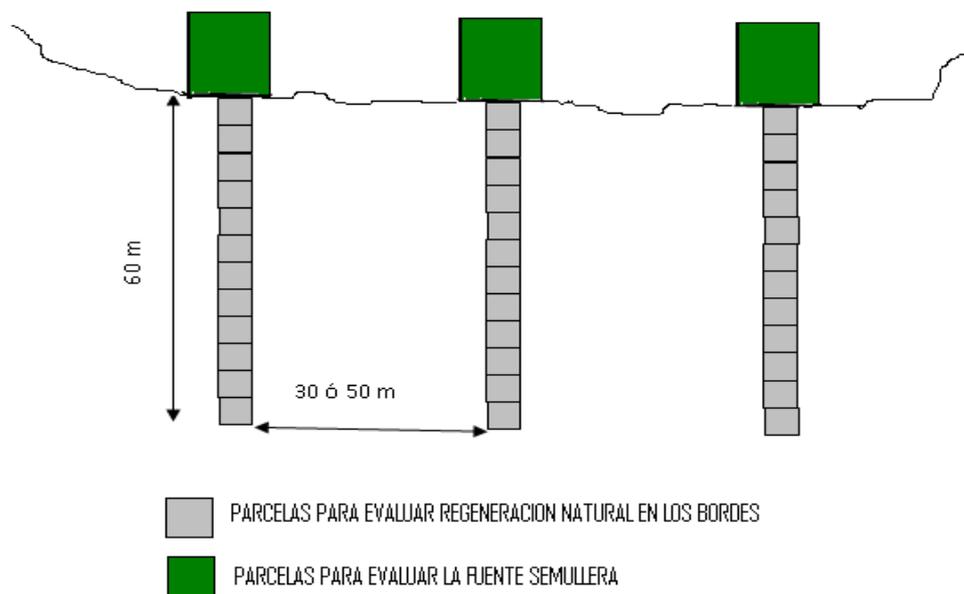


Figura 3. Modelo de muestreo en espacio de borde para la evaluación de la regeneración natural de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

### **6.4.3. Estimación del alcance de dispersión que determinó el establecimiento de una regeneración adecuada (objetivo 3).**

El Instituto Nacional de Bosques y el Programa Regional Forestal para Centroamérica –INAB-PROCAFOR-, establecen que un área con regeneración natural es considerada adecuada o establecida cuando posee una densidad de  $\geq 900$  individuos por hectárea y con una altura media de 1 metro. (Inab, 2001) (15)

Considerando este parámetro y con la tendencia adoptada por la densidad de la regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera en las áreas evaluadas, se logró establecer la distancia, para cada especie, en la que la dispersión determina una densidad adecuada.

### **6.4.4. Evaluación de las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (Objetivo 4).**

Para la evaluación de las características de la fuente semillera se establecieron parcelas rectangulares de 20 x 25 m, donde se registró el diámetro a la altura del pecho, la altura, aspectos de calidad de fuste, daño biológico y mecánico. Así también se registró por cada individuo la clase de árbol semillero (a partir de 25 cm de dap) en tres categorías: a) árboles excelentes, b) árboles buenos y c) árboles indeseables. (BANSEFOR, 2000) (2). En las parcelas semilleras se evaluaron los individuos a partir de un dap de 10 cm.

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Identificación de fuentes de disturbio que han originado el establecimiento de áreas con regeneración natural (objetivo 1).

En la figura 4 se observa que, de 60 espacios evaluados para las tres especies estudiadas, se identificaron 6 tipos de disturbio que ocasionaron la apertura de espacios que propiciaron el establecimiento de regeneración natural. Los disturbios más frecuentes en orden de importancia para las tres especies son los aprovechamientos forestales e incendios forestales con 33 y 14 áreas respectivamente; siguiéndoles el ataque de plagas (*Dendroctonus* sp.), la agricultura, los aludes y huracán (Mitch) con 5, 3, 3 y 2 áreas respectivamente.

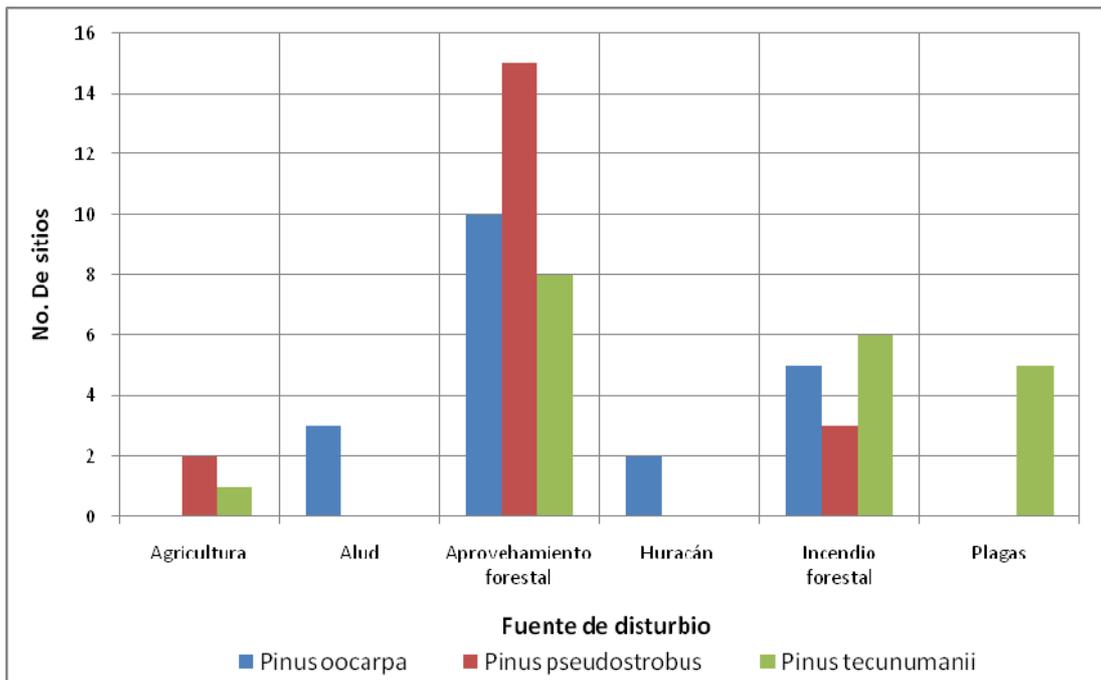


Figura 4. Fuentes de disturbio identificados en espacios de borde y claro, en bosques de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* del altiplano occidental de Guatemala.

Las mayores densidades de especies coníferas se presentaron en áreas afectadas por aludes en la especie *P. oocarpa*. En condición previa de aprovechamiento forestal, incendio y uso agrícola, las mayores densidades las presentan las especies

de *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*. Las mayores densidades de especies acompañantes se presentan en las condiciones de aprovechamiento forestal e incendio forestal para las tres especies, y en uso agrícola previo la mayor densidad es la que se asocia a *P. pseudostrobus*.

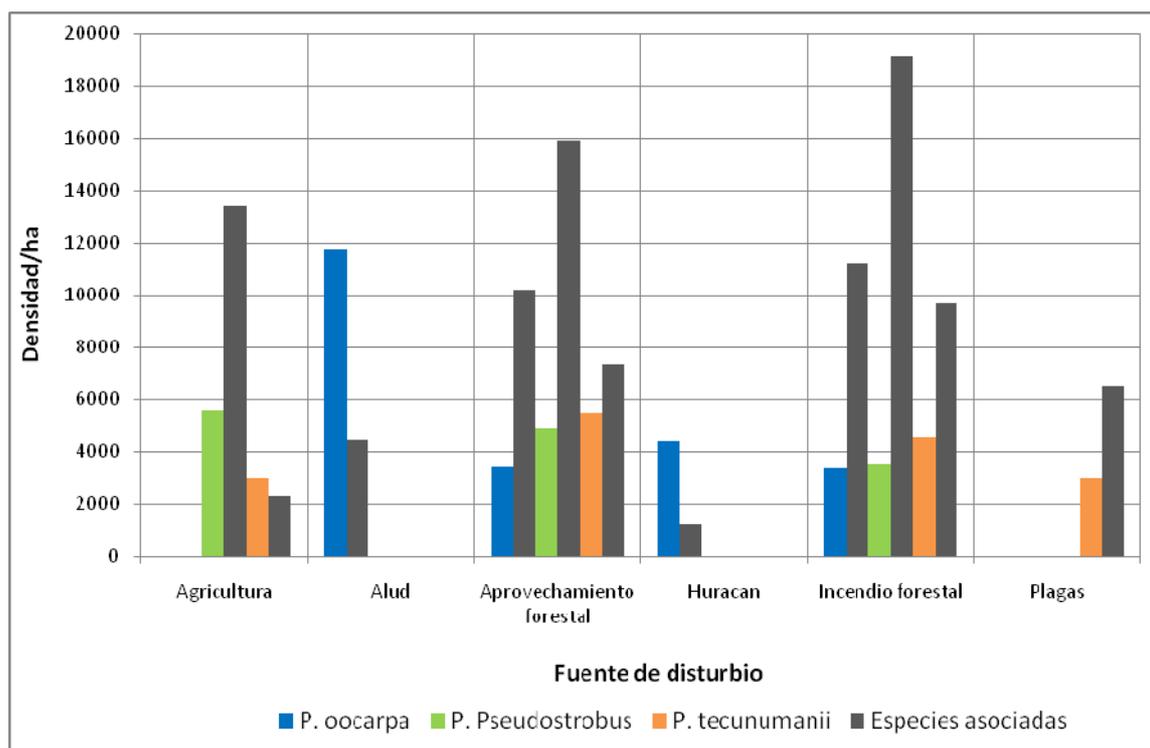


Figura 5. Comportamiento de la densidad de regeneración natural de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* por fuente de disturbio y especies asociadas.

## 7.2. Variación de la densidad de regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera (Objetivo 2).

### 7.2.1. *Pinus oocarpa* Schiede

Para esta especie, en espacio de borde, la densidad tiende a ser baja cerca de la fuente semillera para espacios pequeños y medianos. Las más bajas densidades se presentan en los espacios mínimos, mientras en los espacios medios y mayores la densidad tiende a ser mayor en los primeros 45 m, después de esta distancia la densidad tiende a decrecer.

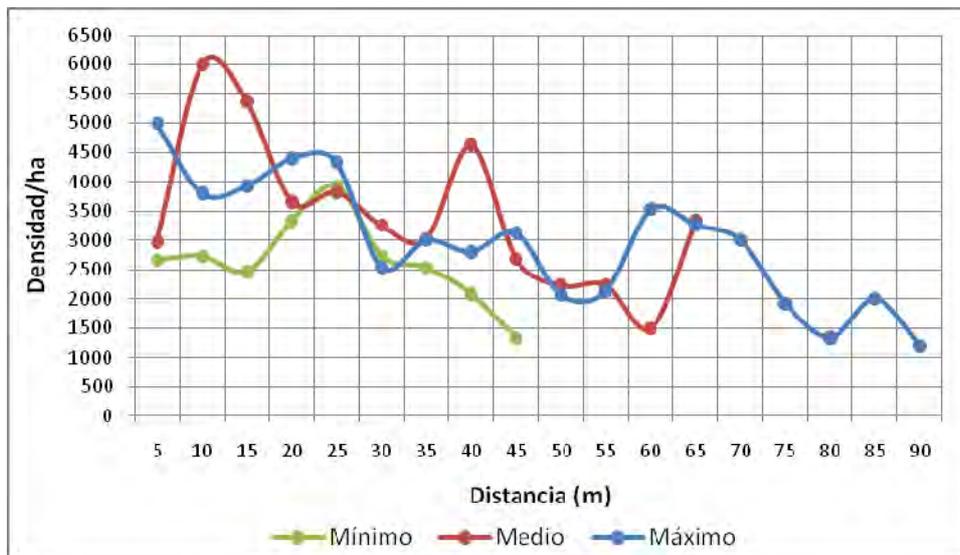


Figura 6. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. oocarpa* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

Para espacios regenerados en claros, las mayores densidades se presentan en los claros pequeños y cerca de la fuente semillera, manifestando una densidad intermedia los claros medianos y las menores densidades en especial a partir de los 80 metros de distancia los claros grandes.

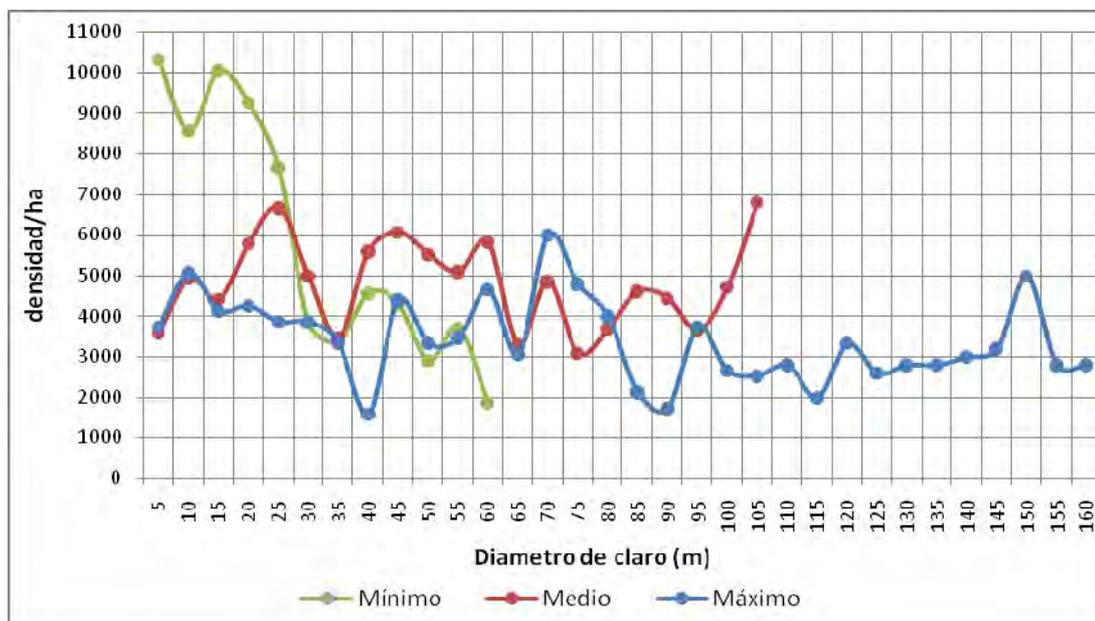


Figura 7. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. oocarpa* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

### 7.2.2. *Pinus pseudostrobus* Lindl

Esta especie presenta bajas densidades cerca de la fuente semillera en los diferentes tamaños de espacios de borde evaluados, pero superiores a 2000 individuos por hectárea. Los espacios medios y máximos son los que presentan la tendencia de mayores densidades de regeneración.

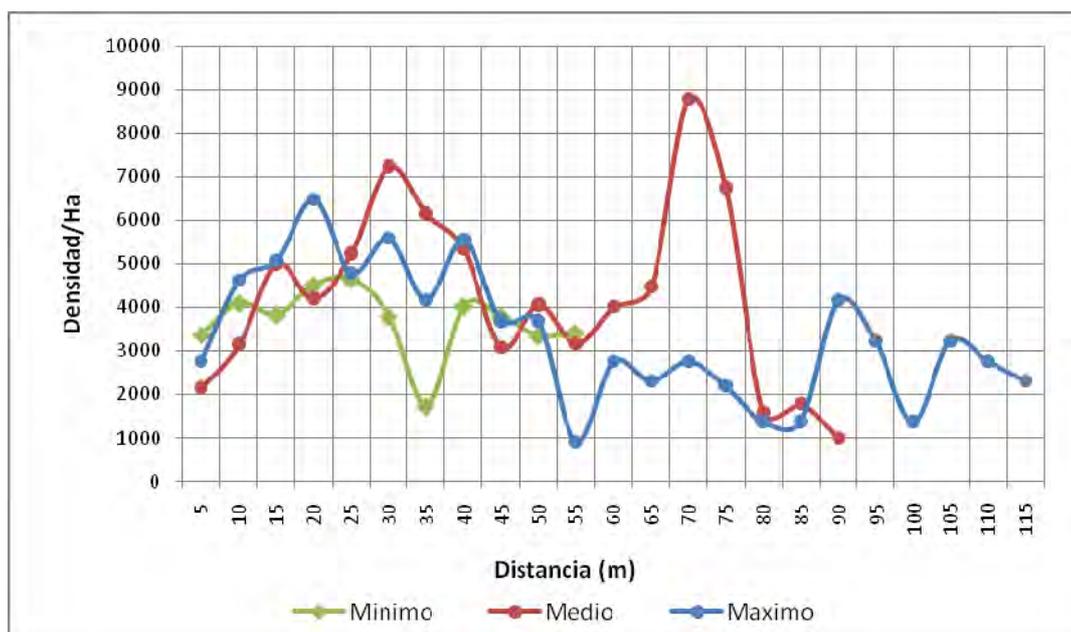


Figura 8. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. pseudostrobus* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

Para claros los diversos tamaños presentan baja densidad cerca de la fuente semillera. Los claros pequeños tienden a presentar las mayores densidades, hasta 70 metros de distancia; y los claros grandes presentan mejores densidades a partir de 35 metros de la fuente semillera. La tendencia para los diversos tamaños de claro es una densidad superior a 2000 individuos por hectárea.

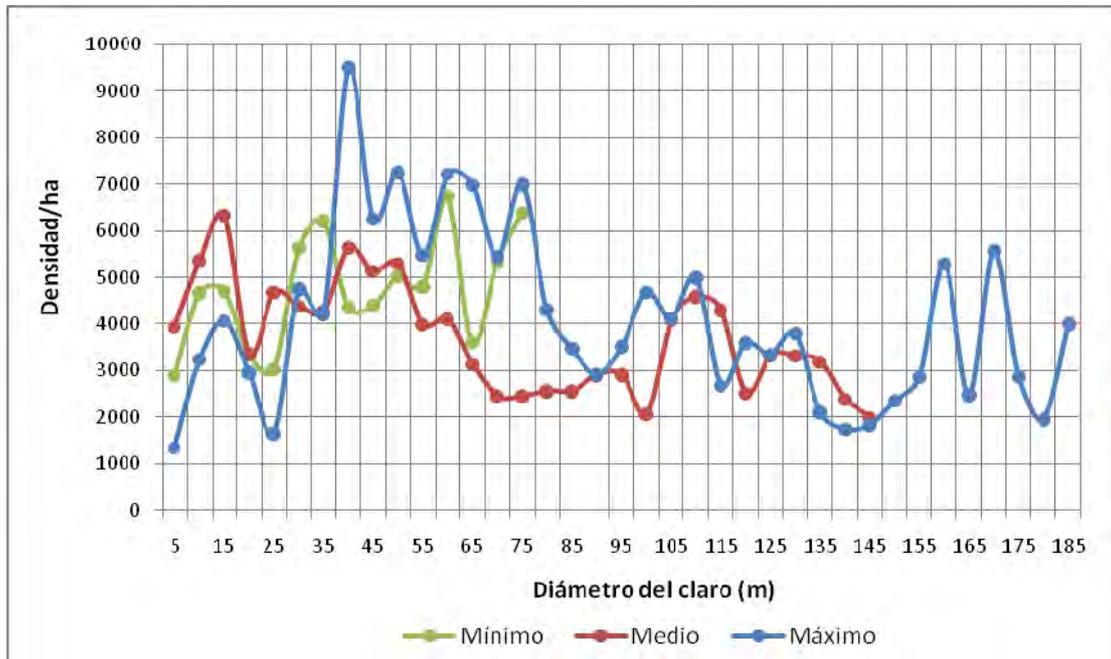


Figura 9. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. pseudostrobus* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

### 7.2.3. *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry.

Esta especie tiende a presentar las mayores densidades cerca de la fuente semillera en los espacios pequeños y grandes. Los espacios menores y medianos evaluados que no superan los 55 y 70 metros respectivamente, presentan densidades superiores a 2000 individuos por hectárea. Los espacios grandes son los que presentan densidades comprendidas entre 2000 a 4000 individuos por hectárea.

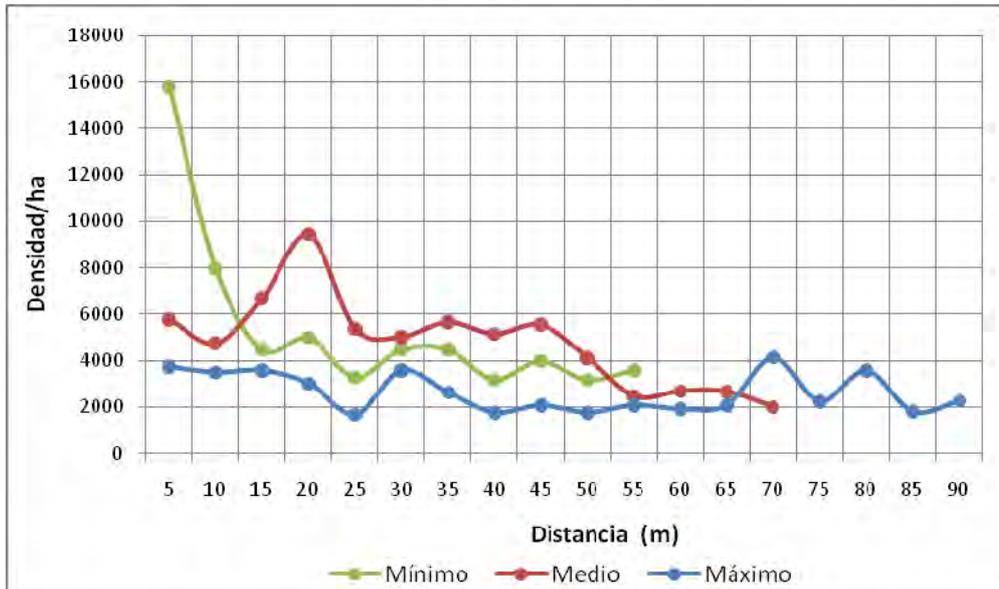


Figura 10. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. tecunumanii* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

En claros, los pequeños y medianos son los que presentan las mayores densidades que tienden a ser superiores a 2000 individuos por hectárea. Los claros grandes son los que manifiestan las menores densidades, cuya tendencia oscila entre 500 a 3000 individuos por hectárea.

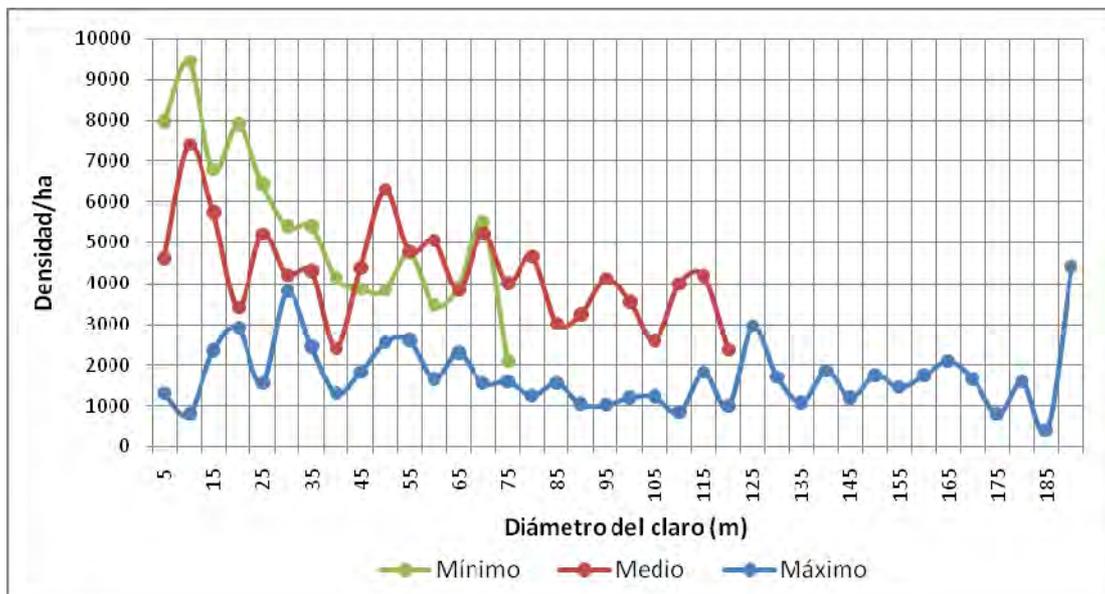


Figura 11. Variación de la densidad de regeneración natural de *P. tecunumanii* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

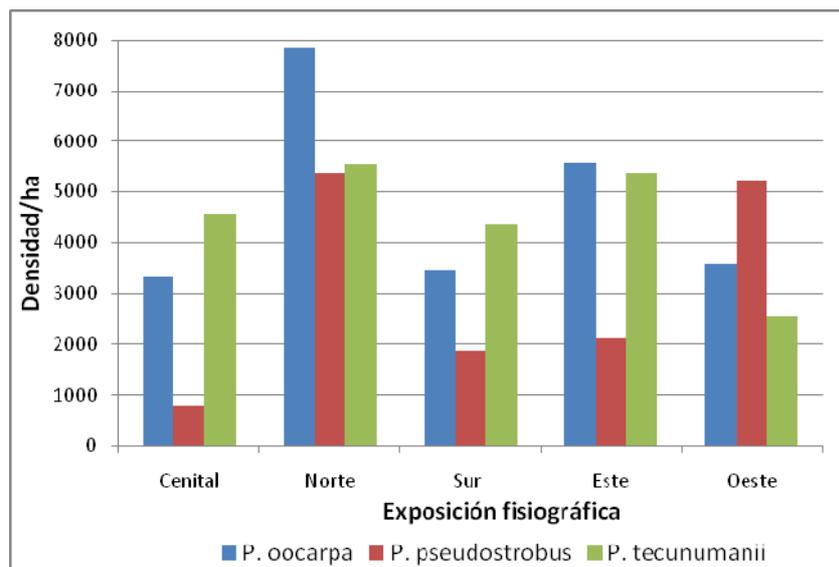
La densidad media tiende a ser inversa al tamaño del claro para las especies de *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*, no así en este estudio para la especie *P. pseudostrobus*, tal como se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Densidad media de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* en claros con diámetros: mínimo, medio y máximo.

Especie	Densidad/ha por diámetro de claro					
	Diámetro mínimo	Densidad /ha	diámetro medio	Densidad /ha	diámetro máximo	Densidad /ha
<i>P. oocarpa</i>	60	5861	105	4806	160	3423
<i>P. pseudostrobus</i>	75	4772	145	3708	185	4110
<i>P. tecunumanii</i>	75	5394	120	4288	190	1741

En la figura 12, se ilustra el comportamiento de la densidad en función de la exposición, en general las mayores densidades para las tres especies de pinos se presentan en exposición norte. La exposición este es favorable para *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*, y la oeste para *P. pseudostrobus*. La respuesta de alta densidad para *P. tecunumanii*, se presenta en las exposiciones cenital, norte, sur y este, y las exposiciones más favorables para *P. oocarpa* son norte y este y una respuesta similar en cenital, sur y oeste. Las exposiciones favorables para *P. pseudostrobus* es norte y oeste y la más desfavorable la cenital.

Figura 12. Respuesta de la densidad de regeneración natural de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* respecto a la exposición fisiográfica, en espacios de borde y claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.



### 7.3. Estimación del alcance de dispersión para determinar el establecimiento de una regeneración adecuada (Objetivo 3).

El alcance de dispersión desde la fuente semillera con una densidad adecuada de establecimiento es mayor para *Pinus pseudostrobus* con aproximadamente 75 metros, para *Pinus tecunumanii* se estima en 70 metros y para *Pinus oocarpa* se estima en 65 metros, tal como se ilustra en la figura 13.

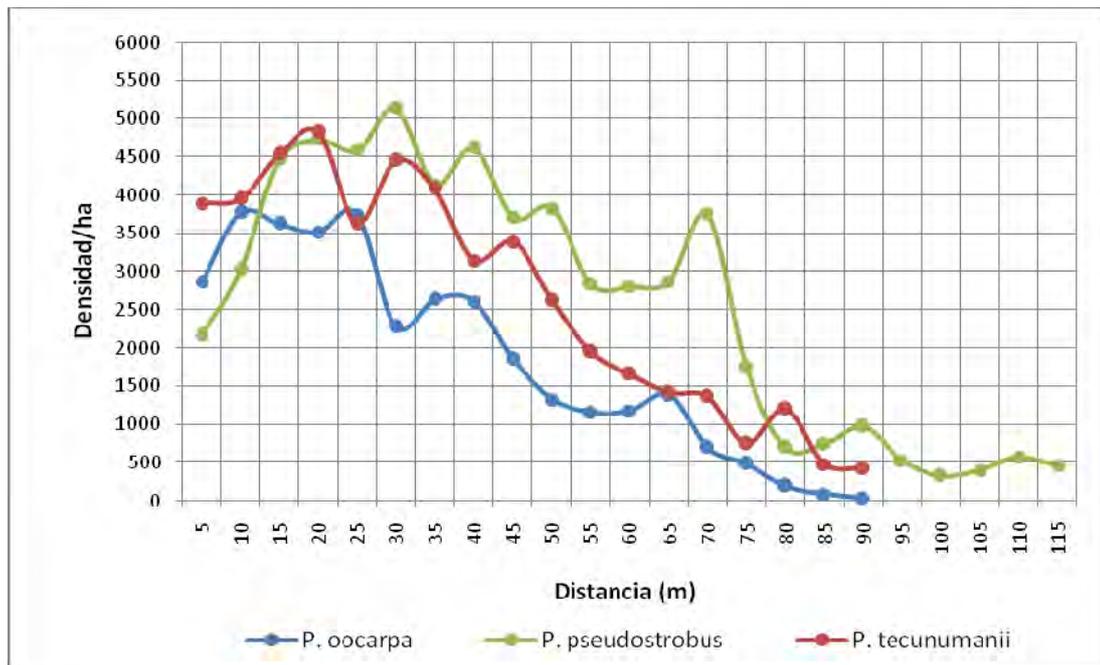


Figura 13. Variación de la densidad de regeneración natural establecida en *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de borde, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

En espacios de claro regenerados, *Pinus pseudostrobus* es el que presenta el mayor alcance de regeneración establecida. La tendencia para *Pinus oocarpa* es a lograr una dispersión adecuada hasta 160 metros. *Pinus tecunumanii* es el que presenta la menor distancia de establecimiento de regeneración natural. Las especies de *Pinus pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, son los que presentan una baja densidad que no llega al nivel de regeneración establecida en los primeros 10 metros de distancia de la fuente semillera.

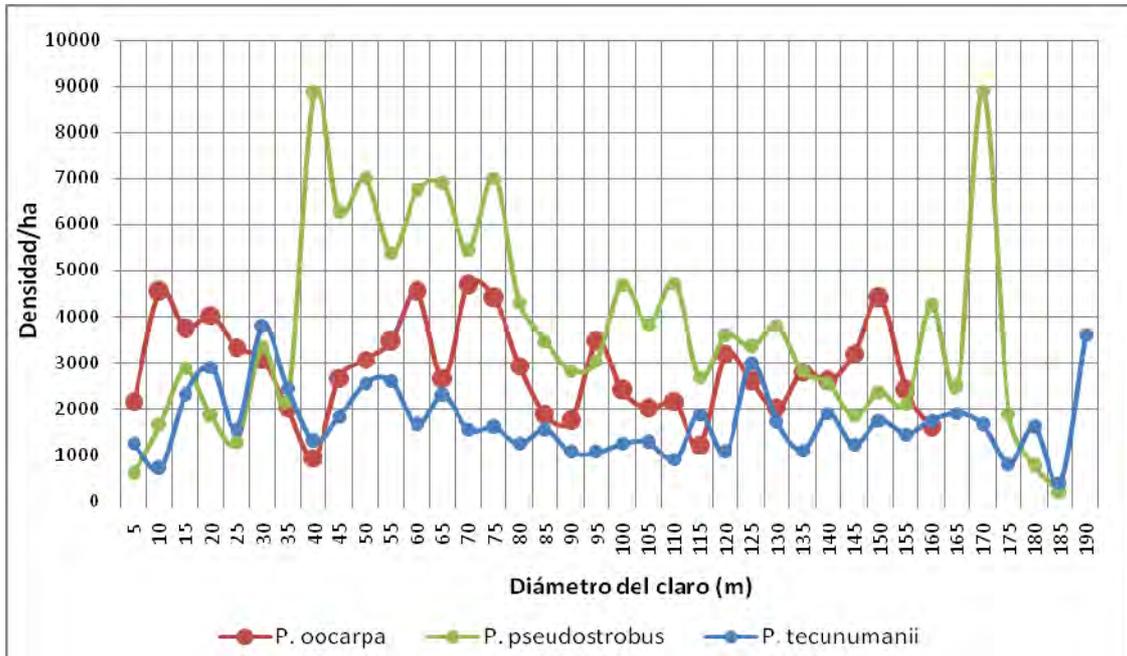


Figura 14. Variación de la densidad de regeneración natural establecida en *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* respecto a la distancia de la fuente semillera, en espacios de claro, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

#### 7.4. Evaluación de las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (objetivo 4).

Las mayores densidades de *Pinus oocarpa* están relacionadas con las mayores áreas basales y alturas de la fuente semillera y el menor número de árboles semilleros, tal como se detalla en el cuadro 4. Las mayores densidades se presentan en claros.

Cuadro 4. Resumen de las características de la fuente semillera de *P. oocarpa* en espacios de borde y claro.

No.	Sitio	Cod.	REG. NAT.	CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SEMILLERA															
			Densidad / HA	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad / HA	Altura Media (m)	Calidad de fuste (%)				Clase de árbol (%)			Daño mecánico (%)			Daño biológico (%)		
							1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Borde	POBH1	4050	15.87	120	22	78	22	-	-	33	44	22	44	-	-	-	-	-
2	Borde	POBT1	3979	9.55	150	19	67	7	27	-	38	23	38	20	7	-	-	-	-
3	Borde	POBH2	3740	8.63	180	16	82	12	6	-	22	56	22	24	-	-	-	-	-
4	Borde	POBT2	3583	7.36	290	12	62	7	31	-	17	50	33	7	-	-	-	-	-
5	Borde	POBT3	3314	6.72	170	15	73	13	7	7	14	57	29	7	-	-	-	-	-
6	Borde	POBT4	3287	7.92	220	15	78	-	13	4	31	31	38	23	-	-	-	-	-
7	Borde	POBT5	3214	8.04	320	12	73	6	18	3	27	45	27	-	-	-	-	-	-
8	Borde	POBT6	2717	7.78	320	12	81	6	13	-	29	29	43	3	-	-	-	-	-
9	Borde	POBH3	2667	12.88	90	23	89	11	-	-	88	-	13	11	-	-	-	-	-
10	Borde	POBT7	2112	6.96	190	15	40	-	45	15	20	50	30	5	-	-	-	-	-
1	Claro	POCQ1	14982	17.79	80	26	43	14	29	14	21	21	57	29	7	-	-	-	7
2	Claro	POCQ2	10920	16.29	115	23	57	9	9	22	27	41	32	22	-	22	-	-	-
3	Claro	POCQ3	9418	13.00	200	18	73	13	7	7	33	33	33	-	-	-	-	-	-
4	Claro	POCH1	4897	14.68	300	20	53	10	34	3	36	40	24	3	-	-	-	-	-
5	Claro	POCT1	4488	6.70	120	18	60	5	25	10	38	23	38	11	-	-	-	-	-
6	Claro	POCH2	4033	15.63	110	22	82	9	9	-	32	55	14	14	-	-	-	-	-
7	Claro	POCH3	3911	10.89	340	16	43	9	36	11	24	39	36	-	-	-	-	-	-
8	Claro	POCT2	3850	6.13	150	17	69	4	27	-	31	38	31	4	-	-	-	-	-
9	Claro	POCT3	3821	13.61	240	19	76	12	12	-	36	20	44	-	-	-	-	-	-
10	Claro	POCH4	3168	18.15	170	20	62	11	14	14	13	65	23	5	-	-	-	-	-
11	Claro	POCT4	2720	6.08	170	15	74	-	15	12	20	55	25	15	-	-	-	-	-

Fuente: Datos de campo

Para *Pinus pseudostrabus* existe una leve tendencia de entre las altas densidades de regeneración natural y el área basal, las mayores densidades de regeneración se distribuyen en claros que en bordes.

Cuadro 5. Resumen de las características de la fuente semillera de *P. pseudostrabus* en espacios de borde y claro.

No.	Espacio	Código	Reg. Nat.	CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SEMILLERA												
			Densidad (Individuos/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad (árboles/ha)	Altura media (m)	Calidad de fuste (%)				Clase de árbol (%)			Daño mecánico (%)		
							1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
1	Borde	PPBH1	3057	18.29	100	24.92	75	-	25	-	75	-	25	-	-	-
2	Borde	PPBT1	3946	6.61	210	16.32	88	13	-	-	75	25	-	38	25	-
3	Borde	PPBT2	2029	7.27	280	15.57	72	4	24	-	71	21	7	12	25	-
4	Borde	PPBT3	2289	28.29	300	18.19	17	33	50	-	80	20	-	17	-	-
5	Borde	PPBT4	3927	8.02	60	22.78	50	50	-	-	33	67	-	-	-	-
6	Borde	PPBT5	18002	17.95	220	17.42	80	-	20	-	67	33	-	40	-	-
7	Borde	PPBT6	5903	11.42	270	13.92	76	-	24	-	57	7	36	-	-	-
8	Borde	PPBT7	2775	18.92	420	20.29	92	8	-	-	45	45	9	8	-	-
9	Borde	PPBT8	1567	13.07	160	18.95	69	8	23	-	50	20	30	8	67	-
10	Borde	PPBT9	4257	3.69	290	15.65	44	-	52	4	28	12	60	-	-	-
1	Claro	PPCQ1	10247	19.87	150	23.41	92	-	8	-	13	73	13	19	-	-
2	Claro	PPCQ2	6090	14.16	135	23.14	85	-	15	-	68	23	9	-	-	-
3	Claro	PPCQ3	2137	18.19	55	24.26	82	3	15	-	82	11	7	-	-	-
4	Claro	PPCT1	10342	12.10	140	18.88	71	14	14	-	57	14	29	-	-	-
5	Claro	PPCT2	3533	13.55	210	17.27	86	14	-	-	71	29	-	-	-	-
6	Claro	PPCT3	800	9.22	87	20.49	64	9	27	-	55	18	27	-	-	-
7	Claro	PPCT4	6891	9.40	27	12.43	67	8	20	4	55	27	18	-	-	-
8	Claro	PPCT5	2133	5.88	120	13.90	64	9	27	-	60	20	20	-	-	-
9	Claro	PPCT6	3855	15.87	190	18.53	61	17	17	6	62	23	15	6	-	-
10	Claro	PPCT7	1846	17.54	255	16.48	74	2	23	-	54	29	17	2	-	-

Fuente: Datos de campo

*Pinus tecunumanii* no manifiesta tendencia de relación de la densidad de la regeneración natural y las variables área basal, densidad y altura de la fuente semillera; tampoco hay diferencia entre borde y claro, lo cual se detalla en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen de las características de la fuente semillera de *P. tecunumanii* en espacios de borde y claro.

No.	Espacio	Código	Reg. Nat.	CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SEMILLERA																			
				Densidad (individuos/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad (árboles/ha)	Altura media (m)	Calidad de fuste (%)				Clase de árbol (%)			Daño mecánico (%)				Daño biológico (%)				
								1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Borde	PTBQ4	2682	29.5116	80	33	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Borde	PTBT5	2682	21.6980	190	23	88	-	13	-	50	38	13	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Borde	PTBT1	6652	9.5158	80	21	83	-	17	-	33	50	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Borde	PTBT6	3829	18.0578	320	17	67	13	13	7	33	33	33	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-
5	Borde	PTBQ7	1600	41.7479	870	17	90	9	1	-	44	44	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Borde	PTBT8	9467	16.3611	180	19	80	-	20	-	20	60	20	-	-	-	-	20	60	-	-	-	-
7	Borde	PTBQ3	1511	24.2923	70	32	56	-	44	-	33	33	33	11	-	-	-	-	-	11	-	-	-
8	Borde	PTBQ5	4922	7.6876	360	21	72	-	17	11	44	22	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Borde	PTBH3	4567	18.2397	140	25	88	-	13	-	-	89	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Borde	PTBT7	4892	26.9031	120	30	100	-	-	-	100	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Claro	PTCH2	12560	26.1879	155	21	83	4	4	9	24	62	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Claro	PTCQ6	8186	31.6705	405	23	89	3	5	3	46	39	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Claro	PTCQ2	6303	28.4140	70	29	71	-	29	-	33	47	20	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Claro	PTCQ1	5871	17.9246	70	29	65	35	-	-	60	33	7	12	-	-	-	-	6	-	-	-	-
5	Claro	PTCQ8	3641	19.1415	175	24	75	7	14	4	29	65	6	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-
6	Claro	PTCT3	3370	10.7508	70	25	86	-	14	-	33	58	8	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Claro	PTCH1	2973	7.7957	140	22	75	21	-	4	46	29	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Claro	PTCQ9	2297	14.1242	190	21	87	3	10	-	52	14	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Claro	PTCT2	2236	20.7409	150	24	86	3	10	-	31	31	38	17	-	-	-	-	3	-	-	-	-
10	Claro	PTCT4	2004	20.5759	130	24	73	19	4	4	24	48	28	65	-	-	-	-	27	-	-	-	-

Fuente: Datos de campo

**Referencias:**

Códigos: PO = Pinus oocarpa, PP = Pinus pseudostrobus, PT = Pinus tecunumanii, B = borde, C = Claro, H = Huehuetenango, Q = Quiche, T = Totonicapán

Calidad de fuste: 1). Recto, 2). Inclinado, 3). Sinuoso, 4). Bifurcado

Clase de árbol: 1) Árbol excelente, 2). Árbol bueno, 3) Árbol indeseable

Daño biológico: 1). Ataque de insectos, 2). Ataque de hongos, 3). Podrido

Daño mecánico: 1).Ocoteado, 2). Desramado, 3). Fuste quemado

## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Identificación de fuentes de disturbio que han originado el establecimiento de áreas con regeneración natural (objetivo 1).

Los boques de coníferas del altiplano occidental de Guatemala toman un papel importante en la vida socioeconómica de la población de Huehuetenango, Quiché y Totonicapán, principalmente los bosques de *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, por los bienes y servicios que brindan. Esta condición repercute en la integridad de los mismos, ya que de 60 áreas evaluadas para el presente estudio, 33 correspondieron a aprovechamientos forestales, de esta manera el recurso forestal se constituye como medio fundamental para la generación de ingresos económicos. Los incendios forestales ocupan el segundo lugar en orden de importancia en cuanto a disturbios que han originado el establecimiento de regeneración natural con 14 áreas registradas, dadas principalmente por descuidos y falta de medidas de protección en la práctica de rozas.

De las áreas donde el aprovechamiento forestal fue la causa del establecimiento de la regeneración natural, solo un caso en *P. pseudostrobus* representa un área de aprovechamiento forestal declarado ante el INAB, las demás áreas fueron aprovechamientos de madera y leña no declarados. Las áreas afectadas por plagas corresponden a *P. tecunumanii* en las parcialidades Carrillo y Leones de Santa María Chiquimula, resultado de brotes de *Dendroctonus* sp., que se presentaron en los años 1991 a 1995. Las 2 áreas afectadas por el huracán Mitch pertenecen a San Andrés Huista, Jacaltenango. En cuanto a los aludes, la regeneración natural se estableció después de que se aperturara una brecha para carretera en la comunidad de Sumalito, municipio de Nebaj.

Se consideró en este estudio como disturbio al suceso inicial que afectó la masa forestal adulta y dio paso al establecimiento de la regeneración natural como mecanismo de sucesión o restauración ecológica del área; todos los disturbios iniciales, excepto el aprovechamiento forestal declarado, tienen en común que

después de su ocurrencia, siempre se dio el aprovechamiento de la masa forestal afectada por el disturbio inicial.

La figura 5 muestra ejemplos de competencia intra e inter específica; por ejemplo, en las áreas de alud (*P. oocarpa*) y agricultura (*P. tecunumanii*), la densidad de regeneración fue mayor (11773 y 2973 individuos/hectárea) a la densidad de las especies asociadas (4442 y 2314 individuos/hectárea). Para estos casos hubo una remoción del suelo y el mismo quedó totalmente limpio y disponible para el establecimiento de la regeneración de los pinos, al prevalecer altas densidades de pinos y en especial en el estado de brinzal, lo que prácticamente está cubriendo el suelo con el follaje y ha generado competencia interespecífica con las especies acompañantes.

Para el resto de áreas la densidad de las especies asociadas supera a la regeneración natural, con densidades que oscilan entre los 2597 a 5571 individuos/ha, en estas áreas la regeneración se presentó en su mayoría los estados de desarrollo: brinzales, latizales y fustales; los cuales por ser estados superiores ocupan mayor espacio (área basal y cobertura de copa), suprimen e inhiben, en cierta medida, el establecimiento de estados menores como las plántulas y brinzales de pinos que demandan luz, pero crean las condiciones para el establecimiento y permanencia de especies acompañantes que son esciofitas y hemiesciofitas tanto de especies arbóreas como arbustivas y herbáceas.

En el estudio se halló que la densidad de regeneración natural de *P. oocarpa* es superada en 6.04% por la densidad de las especies asociadas, debido a que ésta especie tiene una gran capacidad para establecerse en sitios con condiciones críticas como: suelos pobres, con déficit humedad, pedregosos, escasos de materia y material orgánico, entre otros; que le dan ventaja sobre otras especies.

Para el caso del *P. pseudostrobus*, la densidad de las especies asociadas es mayor a la densidad de la regeneración de la especie en un 55.11%. Esta especie de pino se establece en sitios con mejores condiciones de suelo y humedad, las que son favorables para el establecimiento exitoso de especies pioneras con ciclos biológicos cortos.

Actualmente, el *P. tecunumanii*, está declarada como especie protegida de categoría tres<sup>2</sup> según la Lista de Especies Amenazadas de Guatemala –LEAs- y especie vulnerable según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres –CITES- (CONAP, 2006) (6). Su condición endémica, es una de las razones por la que es considerada especie protegida, ya que es bastante selecta en cuanto a las condiciones del sitio donde se establece, es decir, tiene afinidad por sitios donde los suelos son profundos, bien drenados, no muy pedregosos, areno-arcillosos y con altas condiciones de humedad. Esta característica hace que el *P. tecunumanii* se localice en micro sitios muy particulares concentrándose y ocupando todo el espacio posible, cuando el pino empieza a establecerse fuera de esa localización es cuando las especies asociadas incrementan su densidad. Ese comportamiento particular ha influido en que para este caso la densidad de las especies asociadas sobrepasen por 23.16% la densidad de la regeneración natural.

Por otra parte, el comportamiento de la densidad de regeneración natural respecto al aprovechamiento y el incendio forestal, es similar para las tres especies estudiadas, puesto que mantienen la misma tendencia a incrementar su densidad. Además se observa que los incendios forestales favorecen no solo el establecimiento de la regeneración natural sino también al establecimiento de las especies asociadas, por arriba de los otros disturbios.

Se obtuvo, además en el presente estudio, información sobre la distribución natural donde es más común observar bosques naturales de las especies estudiadas:

Cuadro 7. Distribución natural de *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* y por zonas de vida y rangos de altitud.

Especie	bh-MB	bmh-MB	bh-S(t)	bmh-S ( c )	Altitud msnm.
<i>P. oocarpa</i>					1140-2147
<i>P. pseudostrobus</i>					1928-2416
<i>P. tecunumanii</i>					1507-2850

Referencias

- bh\_MB Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical
- bmh-MB Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical
- bh-S(t) Bosque húmedo Subtropical (templado)
- bmh-S(c) Bosque muy húmedo Subtropical (cálido)

**8.2. Determinación de la variación de la densidad de la regeneración natural respecto a la distancia de la fuente semillera (Objetivo 2).**

La regeneración natural para las especies estudiadas en espacios de borde presentó una tendencia decreciente respecto el aumento de la distancia de la fuente semillera (figura 6, 8, 10). Se acepta entonces, la hipótesis alternativa uno ( $H_{a1}$ ) la cual establece que “la densidad de la regeneración natural varía en proporción inversa respecto al aumento de la distancia de la fuente semillera”

La tendencia decreciente semejante a una jota invertida de la densidad de la regeneración natural en espacios de borde, se debe al alcance de dispersión de las especies estudiadas, la cual está condicionada por características de la fuente semillera (densidad, altura y el área basal), el viento, la pendiente y otros factores del sitio. Cabe mencionar que en algunos casos el muestreo en campo se finalizó no solo por la falta de regeneración natural, sino también por la presencia de disturbios aledaños a la regeneración, como: sistemas agrícolas, pecuarios, infraestructuras y condiciones orográficas; por lo cual, los bordes se clasificaron en distancias: mínimas, medias y máximas para las tres especies.

En espacios de claro la fuente semillera se ubica en la periferia realizando una dispersión del perímetro del claro hacia el centro del mismo desde diversas direcciones, lo cual genera un patrón de dos o más subpoblaciones que se ubican

generalmente en los extremos; en base a lo expuesto para los claros se no acepta la hipótesis alternativa ( $H_{a1}$ ), al mantener una tendencia horizontal en el transcurso de su diámetro con algunos puntos de inflexión correspondiente a las subpoblaciones.

En espacios de borde y claro, la tendencia de la densidad presenta puntos de inflexión altos y bajos. Por ejemplo en *P. oocarpa* (fig. 6, tendencia media a 65 m) y *P. pseudostrobus* (fig. 8, tendencia media a 70 m) la tendencia manifiesta un incremento en densidad cuando la tendencia general adopta un comportamiento decreciente, esto se debió a la presencia, en el transcurso de la distancia de la fuente semillera hasta la parte final muestreada, de arboles semilleros dispersos y el banco de semillas establecido por los árboles aprovechados durante y después del disturbio inicial. Los puntos bajos en la tendencia en *P. oocarpa* (fig. 7, tendencia máxima a 40 y 90 m), *P. pseudostrobus* (fig. 8, tendencia máxima a 55 m) y *P. tecunumanii* (fig. 10 tendencia máxima, a 10, 110, 175 y 185 m) se debe a factores como: altas densidades de especies asociadas, pedregocidad, suelo con malas condiciones y disturbios secundarios como el apeo de árboles, caminos, veredas, pastoreo y cárcavas.

En el cuadro 3 se observa que *P. oocarpa* posee densidades de 5861, 4806 y 3423 individuos/ha en claros con diámetros mínimo, medio y máximo (60, 105 y 160 m). Densidades mayores que sobrepasan las densidades mínimas medias y máximas de *P. pseudostrobus* y *p. tecunumanii*, es de hacer notar también que las dimensiones de claro de *P. oocarpa* son menores (60, 105 y 160 m) en comparación a los diámetros de *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* (75, 145 - 120 y 185-190 m) respectivamente, esto significa que éstas especies tienen un alcance de dispersión mayor que *P. oocarpa* al cubrir áreas más extensas con regeneración natural. Cabe mencionar que *P. pseudostrobus* alcanzó mayores densidades en claros con diámetros máximos (fig. 9) en comparación con los diámetros medio y mínimo, esto se debe a que esta especie tiene mayores requerimientos de luz.

En cuanto a la densidad respecto a la exposición fisiográfica se puede observar en la figura 12 que *P. oocarpa* manifestó mejores densidades en el Norte con 7854 individuos/ha; *P. pseudostrobus* alcanzo mayores densidades en Norte y oeste con 5378 y 5235 individuos/ha y *P. tecunumanii* al igual que *P. oocarpa* en el norte y este con 5549 y 5374 individuos/ha.

Además se observa que *P. oocarpa* y *P. tecunumanii* mantienen una regularidad de densidad en las cinco exposiciones, mientras que *P. pseudostrobus* presenta altas densidades en las exposiciones norte y oeste, y en el resto de las exposiciones (cenital, sur, este) sus densidades son bajas.

### **8.3. Estimación del alcance de dispersión en que se determina el establecimiento de una regeneración adecuada (Objetivo 3).**

El Inab-procafor, establece que un área con regeneración natural con densidad  $\geq 900$  individuos por hectárea y con una altura media de 1 m, es considerada como adecuada o establecida. Para efecto del presente estudio, la densidad adecuada de una regeneración natural se da cuando existen  $\geq 900$  individuos por hectárea en los estados de desarrollo brinzales, latizales y fustales sin incluir las plántulas.

Considerando este criterio, para las especies *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, en espacios de borde, a distancias medias de la fuente semillera (65, 75 y 70 m) se encontraron densidades medias de 1389, 1735 y 1360 individuos por hectárea respectivamente (figura 13). Esto quiere decir que a distancias menores se encuentran valores medios de densidad por arriba del criterio establecido y a distancias posteriores la densidad es menor y se podrían considerar como áreas con densidades no adecuadas o establecidas.

En función de lo anteriormente expuesto se acepta la segunda hipótesis alternativa que establece que “existe densidad adecuada en por lo menos una especie en estudio a 60 metros de distancia de la fuente semillera que garantice una

regeneración establecida” puesto que las tres especies a más de 60 m de la fuente semillera presentan densidades adecuadas o establecidas de regeneración natural. Aunque otros investigadores (Gonzales & Bravo 1999, Jeansson 1954, Matney & Hodges 1991, Barnard 1950, Booth 1984), establecen que para especies del género *Pinus* y con fines maderables, áreas con densidades entre 740 a 2500 individuos/ha se puede considerar como áreas con una regeneración natural adecuada o establecida, por lo tanto, la distancia en que la dispersión establece una densidad de regeneración natural adecuada o establecida dependerá del criterio a considerar.

En cuanto a claros evaluados en este estudio, para *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* con diámetros mínimo y medio (75 y 145-120) la densidad adecuada es constante, mientras en *P. oocarpa* la densidad adecuada prevalece en claros con diámetros mínimo, medio y máximo (60, 105 y 160). En *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* con diámetros máximos de 185 y 190 m, la densidad adecuada prevalece a partir de los 15 m de la fuente semillera como se muestra en la figura 14. Las densidades (media) mínimas registradas en claros para *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* fueron de 934, 200 y 400 individuos por hectárea mientras que las densidades máximas fueron de 4667, 8888 y 3800 individuos por hectárea respectivamente.

#### **8.4. Evaluación de las características de la fuente semillera que ha originado el establecimiento de la regeneración natural (objetivo 4).**

Uno de los factores que determinan la regeneración natural es la característica de la fuente semillera, tal como se muestran en los cuadros 4, 5 y 6, donde se observa la relación entre el área basal, densidad y altura de los árboles con respecto a la densidad de regeneración natural existente. Áreas basales mayores corresponden a densidades altas de regeneración natural, las densidades y alturas mayores determinan densidades mayores. En algunos casos se observan densidades bajas de fuente semillera acompañadas de áreas basales grandes que manifestaron densidades altas de regeneración natural, el cual implica que los individuos que conforman la fuente semillera son de diámetros grandes, indica también madurez de

la fuente semillera y es también una de las características que condicionan la densidad de regeneración natural.

La calidad de fuste se refiere a los árboles rectos, sinuosos, bifurcados entre otros, la mayor parte de árboles rectos se registro para *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, mientras que en *P. oocarpa* estos valores fueron menores debido a las características propias de la especie y de los sitios donde se establece. Los porcentajes en daños mecánicos en la fuente semillera se debe principalmente a actividades de ocoteo, los cuales son realizados hasta una altura promedio de 2 metros de la base de los árboles. Este daño se registro para las tres especies en estudio y en los tres departamentos donde se realizó el estudio. La existencia de daños biológicos se encontraron únicamente en *P. tecunumanii* en áreas de Totonicapán por la incidencia de gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus sp.*)

## IX. CONCLUSIONES

- Se identificaron 6 tipos de disturbio que propiciaron el establecimiento de regeneración natural: Agricultura, alud, aprovechamiento forestal, huracán, incendios forestales y plagas. Así también se confirmó que después de ocurrido cualquiera de estos disturbios, siempre se dio un aprovechamiento de la masa forestal afectada.
- Después de establecida la regeneración natural en las áreas disturbadas, siempre se dieron disturbios secundarios que afectaron la integridad y densidad de la regeneración, los más comunes fueron: caminos, veredas, pastoreo y apeo de árboles de la fuente semillera.
- En espacio de borde, para las tres especies estudiadas, la tendencia de la densidad decreció con el aumento de la distancia de la fuente semillera, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa que establece que: “la densidad de la regeneración natural varía en proporción inversa respecto al aumento de la distancia de la fuente semillera”
- En espacio de claro, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la nula que establece que “la densidad de la regeneración natural no varía respecto al aumento de la distancia de la fuente semillera” debido a que en estos espacios la fuente semillera se ubica en la periferia realizando una dispersión en todas direcciones.
- La tendencia en claro y borde, manifestada por la densidad presenta puntos de inflexión debido la presencia de arboles semilleros dispersos, banco de semillas, altas densidades de especies asociadas, pedregocidad, suelo con malas condiciones y disturbios secundarios como el apeo de árboles, caminos, veredas, pastoreo, cárcavas, etc.
- Para las especies: *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, en espacios de borde, a distancias de 65, 75 y 70 m la fuente semillera registraron densidades medias de 1389, 1735 y 1360 individuos por hectárea, representando así las distancias en la que la dispersión determina una densidad adecuada.
- De las características de la fuente semillera se estableció que mientras mayor sea el área basal, menor densidad de árboles semilleros y mayores alturas se obtienen mayores densidades de regeneración natural.

## X. RECOMENDACIONES

- Fortalecer el aprovechamiento forestal tradicional y la implementación del manejo del fuego en el manejo forestal, puesto que en ambos tipos de disturbios se registraron las mayores densidades de regeneración natural para *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*.
- Considerar las distancias en las que se alcanza una dispersión adecuada en *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii* para la prescripción de sistemas, tratamientos y operaciones silviculturales en manejo forestal, así también el manejo de las especies asociadas.
- Considerar (según la especie) la ubicación, área basal, densidad y altura de la fuente semillera, así como la exposición fisiográfica del sitio a regenerar para garantizar densidades adecuadas de regeneración natural.
- En las zonas de evaluación, considerar la recuperación de la masa forestal afectada mediante el manejo de la regeneración natural, ya que las densidades obtenidas en la evaluación superan la densidad mínima aceptable establecida por Inab-procafor ( $\geq 900$  individuos/ha).
- Realizar investigación sobre aspectos económicos y financieros entre la recuperación, con regeneración natural y la reforestación, de áreas donde la masa forestal adulta ha sido afectada.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Audesirk, T; Audersirk, G. 1996. Biología en la Tierra. Edición 4ta. Edit. Prentice-Hall. 947 p.
2. BANSEFOR (Banco de Semillas Forestales, GT). 2000. Curso de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras. BANSEFOR-INAB. Guatemala. 100 p.
3. Calva, O; Beltrán, G; Günter, S & Cabrera, O. 2007. Impacto de la luz sobre la regeneración natural de Podocarpáceas en los bosques de San Francisco y Numbala. (En Línea). pp. 21 – 23. Ecuador. Consultado: 03 jul. 2009. Disponible en: <http://74.125.155.132/search?q=cache:CL0NDUTjdnIJ:w3.forst.tu-muenchen.de/~waldbau/litorg0/2018.pdf+influencia+del+sitio+sobre+la+regeneración+natural&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=us>
4. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1997. Manejo de semillas forestales de *Pinus oocarpa* schiede. Nota técnica. San José, CR. 2 p.
5. Cattaneo, M. 2002. Effects of microsite characteristics, competition and grazing on *Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii* seedling establishment. (en línea) M. For. Sc. Thesis, School of Forestry, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 155 p. Consultado 06 oct. 2008. Disponible en Web:<http://www.institutohorus.org.br/download/artigos/conifinvasorasNZ.pdf>
6. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Lista de Especies Amenazadas de Guatemala –LEAs-. (en línea) Guatemala. 59 p. Consultado 19 ene. 2001. Disponible en: <http://www.conap.gob.gt:7778/conap/documentos/fauna/Listado%20de%20especies%20amenazadas.pdf/view>
7. Cruz, JR. de la 1982. Clasificación de las zonas de vida a nivel de reconocimiento Guatemala. Instituto Nacional Forestal. Guatemala, C.A. 42 p.
8. Daniel, TW Ja Helms & FS Backer. 1982. Principios de silvicultura. Ed. McGraw-Hill. México.

9. Equihua, M; Benítez, G. 1983. Dinámica de las comunidades ecológicas. México, Trillas. 120 p.
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Términos y definiciones. Documento de Trabajo No. 1. Roma. (En línea). Italia. Consultado 15 ene. 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp>).
11. Figueroa, JA.; León-Lobos, P.; Cavieres A., L.; Pritchard, H. & Way, M. 2004. Ecofisiología de semillas en ambientes contrastantes de Chile: Un gradiente de ecosistemas desérticos a templados-húmedos. (En línea). Valparaíso Chile. 90 p. Consultado 25 feb. 2009. Disponible en Web: [http://www.inia.l/recursosgeneticos/descargas/Ecofisiologia\\_semillascap5.pdf](http://www.inia.l/recursosgeneticos/descargas/Ecofisiologia_semillascap5.pdf)
12. Flores G. JG. & Moreno González DA. 2005. Modelaje Espacial de la Influencia de Combustibles Forestales sobre la Regeneración Natural de un Bosque Perturbado. (En Línea) pag. 339-349. Guadalajara, Jalisco. México. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro (INIFAP). Consultado: 03 jul.2009. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1215848>
13. Gonzales M., SC. & Bravo, F. 1999. Regeneración Natural, Establecimiento y Primer Desarrollo del Pino Silvestre (*Pinus sylvestris* L.). (En línea) E.T.S.II.AA. Dpto. de Producción Vegetal y Silvopascicultura Universidad de Valladolid. 34004 Palencia. España. Consultado 06 nov. 2008. Disponible en web: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/15.S.C.GONZALEZ\\_047903019763.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/15.S.C.GONZALEZ_047903019763.pdf)
14. Hernández L., I. 2007. Cambios en la Estructura del Bosque Bajo dos Tratamientos Silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México. (En línea). México. Consultado 14 nov. 2008. Disponible en Web: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1726E/A1726E.PDF>
15. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2001. Manual para la Elaboración de Planes de manejo Forestal en Bosques de Coníferas, Modelo Centroamericano. Edit. Malber Impresos. Instituto Nacional de Bosques. Ed. Guatemala. 212 p.

16. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, NI). 2006. Establecimiento y manejo de regeneración natural de pinos y/o plantaciones (enriquecimiento). Departamento de promoción forestal. 48 p. (En línea). Nicaragua, NI. consultado 13 mayo de 2009. Disponible en: [http://www.inafor.gob.ni:8080/documentos\\_tecnicos/pdf/Guias%20Metodo%20de%20B%20g%20icas%20para%20el%20Manejo%20Forestal/GUIA%20TECNICA%20DE%20APOYO%20AL%20PRODUCTOR%20FORESTAL%20PARA%20ESTABLECIMIENTO.pdf](http://www.inafor.gob.ni:8080/documentos_tecnicos/pdf/Guias%20Metodo%20de%20B%20g%20icas%20para%20el%20Manejo%20Forestal/GUIA%20TECNICA%20DE%20APOYO%20AL%20PRODUCTOR%20FORESTAL%20PARA%20ESTABLECIMIENTO.pdf)
17. Jardel, P; E. J., R; Ramírez V., A; Saldaña, A; F. Castillo, N; Chacón M, JC; S. Zuloaga, A; Balcázar M., OE; Quiñones, H. y Aragón C., A. 2003. "Restauración de áreas afectadas por incendios forestales en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán". 33 p. (En línea) Informe final del Proyecto F6-00-14. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. y Universidad de Guadalajara. Autlán, Jalisco, México. Consultado 28 ene. 2009. Disponible en Web:<http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/MesoAmerica/Manantlan%20Biosphere%20Res%20Fire%20lan.pdf>
18. Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas –posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido- Ed. GTZ. Alemania. 335 p.
19. Marroquín F., RA. 2007. Regeneración de *Pinus pseudostrobus* Lindl. En zonas degradadas por incendio en la Sierra Madre oriental, en el Estado de Nuevo León, México. s.e. (En línea). 125 p. Consultado 20 ene. 2009. Disponible en: [http://www.imacmexico.org/file\\_download.php?location=S\\_U&filename=1764920141TesisRubenMarroquin200702.pdf](http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=1764920141TesisRubenMarroquin200702.pdf)
20. OFI/CATIE (Oxford Forestry Institute; US) / (Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza; CR) 2003. Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas. (Programa de computo) Edit J. Cordero y D.H. Boshier. CATIE. Turrialba; CR. Un disco compacto de 8 mm
21. PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT). 1999. Política Forestal de Guatemala. 31 p.

22. Peña B., JC.; Monroy Ata, A; Álvarez Sánchez, FJ; & Orozco Almanza, MS. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. (En línea). 98 p. (En línea). Consultado 05 sep. 2008. Disponible en Web:[http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=98&IDARTICULO=7824&ID\\_PUBLICACION=87&NOMBRE=TIP%20Revista%20Especializada%20en%20Ciencias%20Qu%C3%83%C2%ADmico-Biol%C3%83%C2%B3gicas](http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=98&IDARTICULO=7824&ID_PUBLICACION=87&NOMBRE=TIP%20Revista%20Especializada%20en%20Ciencias%20Qu%C3%83%C2%ADmico-Biol%C3%83%C2%B3gicas)
23. Pinelo, G. 2004. Manual de Inventario Forestal Integrado para unidades de conservación. Reserva de la biósfera maya, Petén Guatemala. (en línea). Petén, Guatemala. Consultado 15 mayo de 2009. Disponible en: <http://www.unapiquitos.edu.pe/intranet/pagsphp/docentes/archivos/Manual%20inventario.pdf?PHPSESSID=14fb659fa3bef7103612380ed1ecdb85>
24. Plana B., E. 2000. Curso sobre Gestión y Conservación de Bosques Tropicales. Centro Tecnológico Forestal de Catalunya 3-5/5/00. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. (En línea) España. 13 p. Consultado 27 nov. 2008. Disponible en Web:<http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Plana%20Bach%202000%20Ecologia%20bosque%20tropical.pdf>
25. Proyecto de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques, GT. 2003. Base de Datos Forestales de Guatemala –DATAFORG-. (Programa de cómputo). Versión 4.0, Guatemala. 1 Disco Compacto de 8 mm.
26. Rebottaro, S & Cabrelli, D. (2007). Crecimiento y rendimiento comercial de *Pinus elliotii* en plantación y en regeneración natural manejada con raleos en Entre Ríos. (En línea). Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Consultado 05 ago. 2008 Disponible en Web:<http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2002/posters2002/161%20%20Rebotaro%20Trabajo%20compl.pdf>
27. Robledo A., JJ; Gil, L, Alía, R y Cañellas, I. 2003. Efecto de dos métodos selvícolas de regeneración natural sobre la dispersión polínica en masas naturales de *Pinus sylvestris* L. Ecosistemas 2003/3. (En línea). España. Consultado 12 ene. 2009. Disponible en Web:<http://www.aeet.org/ecosistemas/033/articulo2.htm>

28. Rodríguez G, E; Juez, L; Guerra, B. & Bravo F. 2005. Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España). (En Línea). Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Campus de Palencia. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 44. 34071 Palencia. España. Consultado: 03 oct. 2000. Disponible en:[http://www.inia.es/gcontrec/pub/025-038-\(1306\)-Analisis\\_1175077\\_141250.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/025-038-(1306)-Analisis_1175077_141250.pdf).
29. Sarasola, MM; Rusch, VE; Schlichter, TM. & Ghersa, CM. (2006). Invasión de coníferas forestales en áreas de estepa y bosques de ciprés de la cordillera en la Región Andino Patagónica. *Ecol. Austral.* (en línea), vol. 16, no. 2. Consultado 06 Oct. 2008. p. 143-156. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-82X2000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-82X2000200006&lng=es&nrm=iso). ISSN 1667-782X.
30. SEP (Secretaría de Educación Pública, MX). 1982. Manual para Educación Agropecuaria. Producción Forestal. Ed. Trillas. México, D. F. 134 p.
31. Spurr, S; Barnes, B. 1982. Ecología Forestal. Trad. Carlos Luis Raigorodsky Z. México, A.G.T. Editores S.A. 690 p.
32. Sutton, DB; Harmon, PN. 1979. Fundamentos de Ecología. Primera Edición. Segunda Reimpresión. Editorial LIMUSA. México. 293 p.
33. Tiscar, O. 2007. Dinámica de regeneración de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* al sur de su área de distribución: etapas, procesos y factores implicados. (En línea). 12 p. Centro de Capacitación y Experimentación Forestal. C/ Vadillo-Castril, s/n. 23470 Cazorra (Jaén). España. Consultado 05 ago. 2008. Disponible en Web:<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2330637>
34. Veblena, TT; Kitzbergerb, T. y Villalba, R. 2004. Nuevos paradigmas en ecología y su influencia sobre el conocimiento de la dinámica de los bosques del sur de argentina y chile. (En línea) 48 p. Consultado 27 ene. 2008. Disponible en Web:[http://www.colorado.edu/geography/biogeography/publications/Veblen\\_et\\_al\\_2004.pdf](http://www.colorado.edu/geography/biogeography/publications/Veblen_et_al_2004.pdf)

## XII. ANEXOS

Cuadro 8. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B, C), para *Pinus oocarpa*, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

Departamento	Municipio	Comunidad	No. sitio	Especie	Código	Coordenadas			Zona de vida	Espacio	Disturbio					
						x	y	altitud			Ag	Af	P	If	Al	H
Huehuetenango	La libertad	Astillero municipal, la libertad	1	P. oocarpa	POBH2	622748	1716152	1457	bh-S(t)	B		1				
Huehuetenango	La libertad	Hojo de agua	2	P. oocarpa	POBH3	622285	1717846	1451	bh-S(t)	B				1		
Huehuetenango	Huehuetenango	La estancia	3	P. oocarpa	POBH1	668997	1690187	2147	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	3	P. oocarpa	POBT5	680596	1664952	1991	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	4	P. oocarpa	POBT6	680523	1665422	2037	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	5	P. oocarpa	POBT3	680352	1665101	2083	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	6	P. oocarpa	POBT1	682276	1668743	1915	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	7	P. oocarpa	POBT2	680635	1668227	1937	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	8	P. oocarpa	POBT4	680614	1666912	2003	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	9	P. oocarpa	POBT7	680597	1666657	2050	bh-MB	B		1				
Huehuetenango	Jacaltenango	San Andres Huista	11	P. oocarpa	POCH1	634679	1739938	1140	bh-S(t)	C						1
Huehuetenango	Jacaltenango	San Andres Huista	12	P. oocarpa	POCH3	634557	1740005	1165	bh-S(t)	C						1
Huehuetenango	Nenton	Nueva Esperanza Chaculá	13	P. oocarpa	POCH4	647062	1766462	1707	bh-MB	C		1				
Quiché	Nebaj	Trapichitos	14	P. oocarpa	POCQ2	648730	1702158	1779	bmh-S( c )	C					1	
Quiché	Nebaj	Trapichitos	15	P. oocarpa	POCQ1	701541	1720599	1310	bmh-S( c )	C					1	
Quiché	Nebaj	Sumalito	16	P. oocarpa	POCQ3	702175	1721055	1410	bmh-S( c )	C					1	
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	17	P. oocarpa	POCT3	681123	1665245	1984	bh-MB	C				1		
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	18	P. oocarpa	POCT1	682264	1668562	1921	bh-MB	C		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	19	P. oocarpa	POCT2	681736	1668525	1956	bh-MB	C		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Aldea Patzam	20	P. oocarpa	POCT4	681052	1668466	1986	bh-MB	C				1		
Total										10		12		3	3	2

Cuadro 9. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B,C), para *Pinus pseudostrobus*, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

Departamento	Municipio	Comunidad	No. sitio	Especie	Código	Coordenadas			Zona de vida	Espacio	Disturbio					
						x	y	altitud			Ag	Af	P	If	Al	H
Huehuetenango	Huehuetenango	Lo de chavez	1	P. pseudostrobus	PPBH1	671743	1697552	2241	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paxan	2	P. pseudostrobus	PPBT6	681322	1656466	2351	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	3	P. pseudostrobus	PPBT1	682799	1656847	2276	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	4	P. pseudostrobus	PPBT2	683210	1657021	2217	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	5	P. pseudostrobus	PPBT4	682999	1656869	2290	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	6	P. pseudostrobus	PPBT7	682043	1659239	2290	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	7	P. pseudostrobus	PPBT3	682085	1659143	2186	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	8	P. pseudostrobus	PPBT8	682099	1658831	2051	bh-MB	B				1		
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	9	P. pseudostrobus	PPBT9	682369	1658180	2254	bh-MB	B		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Tzununa, Chuacorrall II	10	P. pseudostrobus	PPBT5	683007	1658682	2166	bh-MB	B		1				
Quiché	Sta. Ma. Cunén	Media Luna	11	P. pseudostrobus	PPCQ1	706953	1695798	2416	bmh-MB	C		1				
Quiché	Sta. Ma. Cunén	La hacienda	12	P. pseudostrobus	PPCQ2	719202	1695057	2344	bh-MB	C		1				
Quiché	Chichicastenango	Finca Cepela	13	P. pseudostrobus	PPCQ3	703397	1657363	1928	bh-MB	C		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paxan	14	P. pseudostrobus	PPCT1	680770	1657351	2295	bh-MB	C	1					
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paxan	15	P. pseudostrobus	PPCT2	680511	1657571	2266	bh-MB	C	1					
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Chuijooj	16	P. pseudostrobus	PPCT3	680794	1658507	2256	bh-MB	C		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	17	P. pseudostrobus	PPCT4	682752	1657179	2238	bh-MB	C				1		
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	18	P. pseudostrobus	PPCT5	682718	1657048	2219	bh-MB	C				1		
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Mejilla, Chuacorrall II	19	P. pseudostrobus	PPCT6	682714	1658922	2189	bh-MB	C		1				
Totonicapán	Sta. Ma. Chiquimula	Paraje Quinillo, Chuacorrall II	20	P. pseudostrobus	PPCT7	682272	1658245	2196	bh-MB	C		1				

Cuadro 10. Identificación de fuentes de disturbio, en espacios de borde y claro (B,C), para *Pinus tecunumanii*, en bosques del altiplano occidental de Guatemala.

Departamento	Municipio	Comunidad	No. sitio	Especie	Código	Coordenadas			Zona de vida	Espacio	Disturbio						
						x	y	altitud			Ag	Af	P	If	AI	H	
Huehuetenango	Nentón	El Campamento	1	P. tecunumani	PTBH3	648090	1766056	1775	bh-MB	B				1			
Quiché	Santa María Cunén	Ast. municipal, 3 cruces	2	P. tecunumani	PTBQ3	713956	1697855	2325	bmh-MB	B		1					
Quiché	San Pedro Jocopilas	Cerro Tzujil	3	P. tecunumani	PTBQ5	696198	1680933	2395	bh-MB	B		1					
Quiché	San Pedro Jocopilas	Cerro Tzujil	4	P. tecunumani	PTBQ7	696320	1681141	2466	bh-MB	B				1			
Quiché	Santa María Cunén	Ast. municipal, 3 cruces	5	P. tecunumani	PTBQ4	713846	1697917	2317	bmh-MB	B		1					
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Leones	6	P. tecunumani	PTBT6	678500	1653606	2700	bmh-MB	B			1				
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Leones	7	P. tecunumani	PTBT7	678710	1653732	2676	bmh-MB	B			1				
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Leones	8	P. tecunumani	PTBT8	679344	1654515	2632	bmh-MB	B			1				
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Leones	9	P. tecunumani	PTBT5	678772	1654557	2523	bmh-MB	B			1				
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Carrillo	10	P. tecunumani	PTBT1	678339	1655793	2408	bmh-MB	B		1					
Huehuetenango	Nentón	Nueva Esperanza, Chaculá	11	P. tecunumani	PTCH1	646342	1767443	1507	bh-S(t)	C	1						
Huehuetenango	Nentón	El Campamento	12	P. tecunumani	PTCH2	647984	1766002	1775	bh-MB	C		1					
Quiché	San B. Jocotenango	La palma	13	P. tecunumani	PTCQ8	706944	1675357	2119	bh-MB	C				1			
Quiché	San B. Jocotenango	La palma	14	P. tecunumani	PTCQ9	707409	1675965	2093	bh-MB	C		1					
Quiché	Santa María Cunén	Ast. municipal, 3 cruces	15	P. tecunumani	PTCQ1	713614	1697771	2370	bmh-MB	C		1					
Quiché	Santa María Cunén	Ast. municipal, 3 cruces	16	P. tecunumani	PTCQ2	713745	1697780	2345	bmh-MB	C		1					
Quiché	San Pedro Jocopilas	Cerro Tzujil	17	P. tecunumani	PTCQ6	696371	1681220	2471	bh-MB	C				1			
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Carrillo	18	P. tecunumani	PTCT2	678343	1655531	2466	bmh-MB	C				1			
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Carrillo	19	P. tecunumani	PTCT3	678351	1655431	2497	bmh-MB	C				1			
Totonicapán	Sta. María Chiquimula	Paraje Leones	20	P. tecunumani	PTCT4	678308	1654791	2664	bmh-MB	C			1				
Total											10	1	8	5	6		



## Boleta 2. Identificación de la fuente de disturbio

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_  
Régimen de propiedad: \_\_\_\_\_ Zona de Vida: \_\_\_\_\_ Especie: \_\_\_\_\_  
Disturbio: Claro \_\_\_\_\_ Borde \_\_\_\_\_ Coordenada: x: \_\_\_\_\_ y: \_\_\_\_\_  
Código: \_\_\_\_\_ Exposición fisiográfica: \_\_\_\_\_ Pendiente: \_\_\_\_\_  
Informante: \_\_\_\_\_

Tipo de disturbio:

Natural: \_\_\_\_\_ Antropogenico: \_\_\_\_\_  
Incendio forestal: \_\_\_\_\_ Aprovechamiento: \_\_\_\_\_  
Roza: \_\_\_\_\_ Huracán: \_\_\_\_\_  
Plagas y enfermedades : \_\_\_\_\_ Alud: \_\_\_\_\_  
Avance de la frontera agrícola: \_\_\_\_\_ Apertura de carreteras: \_\_\_\_\_  
Avance de frontera pecuaria: \_\_\_\_\_ Fecha de ocurrencia: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Disturbios que afectan después de establecida la regeneración natural:

Pastoreo: \_\_\_\_\_  
Incendio forestal : \_\_\_\_\_  
Erosión : \_\_\_\_\_  
Aprovechamientos: \_\_\_\_\_  
Veredas o caminos: \_\_\_\_\_

Medidas de protección y/o recuperación del área y la regeneración natural:

Estado de desarrollo: \_\_\_\_\_  
Control y vigilancia: \_\_\_\_\_  
Ronda contra incendios: \_\_\_\_\_  
Limpias: \_\_\_\_\_  
Podas: \_\_\_\_\_  
Raleo: \_\_\_\_\_

Observación: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### Boleta 4. Registro de árboles de la fuente semillera

Disturbio: Claro \_\_\_\_\_ Borde \_\_\_\_\_ Coordenada: x: \_\_\_\_\_ y: \_\_\_\_\_  
 Código: \_\_\_\_\_ Exposición fisiográfica \_\_\_\_\_ Pendiente: \_\_\_\_\_

No.	Orientación	Nombre común	DAP (cm.)	Altura (m)	Cal. fuste (1-5)	Daño biol.	Daño mecánico	observaciones

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- Calidad de fuste:** 1) Recto,                      2) Inclinado,                      3) Sinuoso,                      4) Bifurcado  
**Daño biológico:** 1) Ataque de insectos,      2) Ataque de hongos,          3) Podrido  
**Daño mecánico:** 1) Ocoteado,                      2) Desramado