

**Evaluación de los factores que afectan la
regeneración natural del bosque de pino en
áreas atacadas por *Dendroctonus frontalis*,
Santa Inés, Honduras**

Merly Yadira Herrera Eguigure

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

**Evaluación de los factores que afectan la
regeneración natural del bosque de pino en
áreas atacadas por *Dendroctonus frontalis*,
Santa Inés, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Merly Yadira Herrera Eguigure

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Evaluación de los factores que afectan la regeneración natural del bosque de pino en áreas atacadas por *Dendroctonus frontalis*, Santa Inés, Honduras

Merly Yadira Herrera Eguigure

Resumen. Los bosques de pino de Honduras se vieron fuertemente afectados por un brote de *Dendroctonus frontalis* en el 2015. Este insecto normalmente juega un rol importante dentro del ecosistema al alimentarse de los árboles viejos y enfermos. Sin embargo, su incremento poblacional debido al cambio climático ocasionó que comenzaran a atacar los árboles saludables. Ahora que se controló la plaga, la preocupación principal yace en recuperar las áreas de bosque perdido. Existen dos métodos principales en los que se puede dar la regeneración: natural y por plantación. Este estudio se enfocó en evaluar los factores que afectan la regeneración natural del bosque de pino. Se utilizó un diseño experimental factorial con tres factores y tres replicas con un nivel de significancia del 5%. Los factores a evaluar fueron: dirección del viento, distancia del árbol semillero y quema. Se evaluaron dos brotes dentro de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Se instalaron 60 parcelas de 25 m² (5 m × 5 m) divididas en cuadrantes de 2.5 m. Se contabilizaron la cantidad de árboles presentes dentro de las parcelas y se midió la pendiente interna de la parcela. Se determinó que la quema beneficia la regeneración de los bosques de pino sin importar la proporción de esta. La pendiente se relaciona con la frecuencia de los árboles. El factor más determinante fue la dirección del viento. Los sitios ubicados a favor de la dirección del viento cuentan con una mejor regeneración.

Palabras clave: Dirección del viento, distancia del árbol semillero, pendiente, *Pinus oocarpa*, quema.

Abstract. The pine forests, in Honduras, were strongly affected by an outburst of *Dendroctonus frontalis* in 2015. This insect plays an important role in the ecosystem. It feeds on sick and old trees. Nevertheless, their population increase due to climate change caused an unbalance in the ecosystem in which the insects started feeding on healthy trees. Currently, the plague has been controlled and the concern lies on recovering the areas of lost forest. There are two main ways in which regeneration can happen: natural and by planting. This study was focused on evaluating the factors that affect the natural regeneration of pine forests. The experimental design used was a factorial design with three factors and three replicates at a significance level of 5%. The factors that were evaluated are: wind direction, distance from the seeding tree, and fire. Two sites were evaluated within the micro watershed Santa Inés in Honduras. 60 parcels of 25 m² (5 m × 5 m), divided in quarters of 2.5 m, were installed. The variables taken were the amount of trees present in each parcel and the slope inside the parcel. With this study it was determined that pine forests' regeneration is benefitted from fire, no matter the proportion in which this happened. Slope is related with the frequency of trees. Furthermore, the most determinant factor was wind direction. The sites located in favor of the wind direction had a better regeneration than those located against it.

Key words: Distance from the seeding tree, forest burning, *Pinus oocarpa*, slope, wind direction.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES	14
6. LITERATURA CITADA.....	15
7. ANEXOS	18

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Promedio de árboles por parcela y por hectárea en brote Sibaja.....	7
2. Promedio de árboles por parcela y por hectárea en brote Zarciles.....	8
3. Test Shapiro-Wilk para factor quema.....	9
4. Test Shapiro-Wilk para dirección del viento.....	9
5. Test Shapiro-Wilk para distancia del árbol semillero	10
6. Prueba Friedman para factores de dirección del viento y quema.....	10
7. Test Mann-Whitney para factor de dirección del viento.....	11
8. Prueba Kruskal-Wallis para distancia del árbol semillero.....	11
9. Correlación Rho de Spearman entre pendiente y número de árboles.....	12

Figuras	Página
1. Figura 1. Promedio de árboles ubicados a favor y en contra del viento de Sibaja (izquierda) y Zarciles (derecha).....	6
2. Figura 2. Promedio de árboles ubicados en sitios de quema y arrastre (Sibaja) y quema completa (Zarciles).	7
3. Figura 3. Promedio de árboles ubicados a cinco distintas distancias de los árboles semilleros en Sibaja (izquierda) y Zarciles (derecha).....	8
4. Figura 4. Distribución de árboles en los brotes.....	9
5. Figura 5. Regresión lineal entre pendiente y el número de árboles por parcela en un sitio de quema completa (izquierda) y uno de quema y arrastre (derecha). ...	11

Anexos	Página
1. Mapa de los brotes ubicados dentro de la microcuenca Santa Inés.....	18

1. INTRODUCCIÓN

El territorio Hondureño cuenta con 48% de la cobertura son bosques lo que equivale a 5,398,137.3 ha. Del total de bosques, el 17.43% corresponde a bosques de conífera con 1,960,511.1 ha. En el municipio de San Antonio de Oriente el 63.48% de la cobertura es bosque del cual 11,881.63 ha pertenece al bosque de conífera (Instituto de Conservación Forestal [ICF], 2015). La cobertura de bosques en el país ha venido disminuyendo.

Pinus oocarpa es la especie de pino más común en Honduras. Se encuentra naturalmente desde México hasta el Noreste de Nicaragua. Los árboles llegan a alturas máximas entre 30 m a 45 m con un DAP de 90 cm en promedio (Wolffsohn, 1984). Los pinos viven en lugares con suelos ácidos además de tener un crecimiento coetáneo. Esto se debe a que las especies de pino son heliófilas. Esto quiere decir que los pinos se desarrollan mejor cuando toda la población tiene la misma edad y reciben la misma cantidad de luz solar.

Dendroctonus frontalis es un insecto que ha existido en el ecosistema del bosque de pino por miles de años. Este insecto normalmente no es una plaga ya que juega un rol importante en los ecosistemas de los bosques de pino al eliminar los árboles débiles y enfermos y con esto dar lugar a árboles nuevos y sanos. Para que este insecto se considere una plaga, sus poblaciones tienen que crecer a un paso acelerado y empezar a atacar árboles sanos (ICF, 2016). Naturalmente se dan ciclos de brote de *Dendroctonus frontalis* dentro del bosque. Los dos factores más determinantes para que se den estos brotes son: 1) vigor de los árboles, 2) número de individuos de *Dendroctonus* presente. Cuando los árboles se encuentran saludables y las poblaciones del gorgojo están bajas, los árboles son capaces de producir suficiente resina para detener a los insectos que intentan entrar en su organismo (United States Department of Agriculture [USDA], 2006).

Para el 19 de enero de 2016, el Instituto de Conservación Forestal (ICF) tenía contabilizadas 381,000 hectáreas de bosque de pino afectadas por *Dendroctonus frontalis*. De estas, aproximadamente 245,000 hectáreas (64%) han sido controladas, (Baquedano, 2016). Para el 2015 se estimaron pérdidas económicas de más de L 5,000 millones debido a *Dendroctonus frontalis* inducida por factores ambientales y antropogénicos (Lagos, 2015).

Existen brechas que se crean cuando ocurre un disturbio en el bosque, especialmente en el dosel, que es luego llenada por otros árboles. A este fenómeno se le conoce como dinámica de claros. Dentro de esta teoría se considera que las especies de árboles que cuentan con doseles dispersos cuentan también con pocos individuos jóvenes, son generalmente grandes y representan poca población dentro del bosque. En referencia a lo anterior, se considera que estas especies poseen una inhabilidad de regenerarse en ese ecosistema. La teoría de

sucesión clásica indica que las especies que no toleran la sombra, eventualmente desaparecerán de los bosques (Yamamoto, 2000). Ambas teorías se contradicen debido a que según la primera teoría planteada las especies intolerantes a la sombra podrían regenerarse precisamente entre las brechas presentes en los árboles maduros.

Existen dos métodos principales para la regeneración de un bosque: regeneración natural y plantación directa de semillas y plántulas. Este estudio se enfocó la regeneración natural de los bosques de pino. La regeneración natural se basa en los árboles maduros que han quedado en un terreno, los cuales serán los que proveerán las semillas (Duryea, 2000).

Se considera que la regeneración natural de un bosque es un factor fundamental para un manejo forestal adecuado y sostenible. Con respecto a esto, existen ideas contrarias: por un lado se considera que el aprovechamiento maderable de los bosques ocasiona una reducción en los frutos de los árboles, lo cual a su vez disminuye la cantidad de semillas depositadas en el suelo para ocasionar la germinación de nuevos individuos. Se indica un aumento en los rayos solares que logran penetrar en el bosque residual (Gómez, 2011). Con la regeneración natural se busca preservar la variabilidad genética específicamente de las especies nativas (Harmer y Gill, 2000).

La regeneración natural puede sufrir imprevistos, los cuales se pueden considerar como parte del proceso. Uno de estos contratiempos, son los incendios naturales. Este evento favorece, principalmente, a aquellas especies que germinan a partir de las semillas que se han adaptado a los suelos minerales que han sido afectados por incendios. Ayudan a controlar las especies que son competencias para las plántulas y los animales que se alimentan de las mismas. Otro contratiempo puede ser los movimientos geológicos como deslizamientos o volcanismo (Smith, 1996).

Efectos negativos de los incendios incluyen: ocasionar la muerte de árboles adultos, contaminación atmosférica y facilitar la erosión del suelo al eliminar la cobertura vegetal del mismo. Para los bosques de pino, los incendios pueden significar una ventaja debido a que ocasionan una apertura del dosel lo cual mejora las condiciones para la regeneración. La intensidad de los incendios afecta proporcionalmente la regeneración natural de *Pinus oocarpa*. Se considera que las quemas prescritas sirven como un tratamiento silvícola que favorece la regeneración natural de la especie (Juárez y Rodríguez, 2003).

Existen diversos factores que afectan la regeneración natural. Uno de estos factores es la distancia del árbol semillero: a mayor cercanía del árbol semillero existe una mayor cantidad de semillas y un mayor número de árboles nuevos. Se han reportado mayor número de semillas entre los 10 m y 30 m y una mayor densidad entre los 5 m y 10 m. La luz es otro factor que influye en el crecimiento de los pinos. Las especies de pinos generalmente no toleran la ausencia de luz, este término se conoce como especie heliófila. En viveros se ha demostrado que durante el primer año pueden tolerar hasta un 50% de ausencia de luz lo cual promueve el crecimiento de la plántula en cuanto a la altura pero no en diámetro (Wolffsohn, 1984).

El estudio de Wolffsohn (1984) indica que la producción de semillas se ve afectado por la densidad del rodal, las condiciones del sitio y la época del año. Las semillas caen

principalmente durante los meses de marzo a mayo. La sobrevivencia de las semillas y las plántulas en sí, se ven afectados por la fauna que se alimenta de ambos. Los roedores y pájaros se alimentan de las semillas, mientras que los insectos se alimentan de las plántulas. Otros factores que afectan la regeneración son: la sequía, especialmente después de la germinación y la competencia con otras especies.

Se conoce como estación de regeneración a la época de lluvia dentro de un territorio ya que esto favorece la germinación de las semillas. En el caso de Honduras, este periodo normalmente abarca desde el mes de mayo hasta noviembre. No se toma en cuenta el período de canícula que se presenta en los meses de julio y agosto (ICF, 2014). El mal manejo forestal especialmente de los bosques naturales ya establecidos resulta una de las principales causas de la deforestación de bosques principalmente en Latinoamérica. Los economistas atribuyen esto al resultado del acceso abierto a este recurso (Zhang, 2001). La regeneración de las especies es considerada como una forma de reproducción. En caso que una especie no pueda producir una generación siguiente, se considera un “callejón sin salida” para dicha especie, evolutiva y ecológicamente hablando. Esto es particularmente preocupante en las especies que dominan en un ecosistema ya que esto ocasionaría el colapso de todo este ecosistema (Brockway, Outcalt y Boyer, 2006).

Las poblaciones de pino se ven amenazadas por diversos factores, entre los cuales se incluye la tala indiscriminada, incendios, ataque de plagas, entre otros. Esta disminución de las poblaciones nativas plantea un riesgo para la diversidad genética. Estudios han determinado que en los próximos 50 – 100 años las poblaciones actuales presentarán dificultades para adaptarse a los sitios que habitan en la actualidad. Una de las soluciones para este problema es movilizar las semillas hacia mayores altitudes donde se espera que existan las mismas condiciones climáticas en el futuro (Sáenz-Romero, Guzmán-Reyna y Rehfeldt, 2006).

Los objetivos del estudio fueron:

- Caracterizar los sitios afectados por *Dendroctonus frontalis* en el bosque de Santa Inés, Zamorano, Honduras.
- Identificar los principales factores que afectan la regeneración del pino en áreas afectadas por ataques de *Dendroctonus frontalis* en los bosques de Santa Inés, Zamorano, Honduras.

2. METODOLOGÍA

Sitio de estudio.

El estudio se llevó a cabo dentro de la microcuenca Santa Inés que cuenta con un área total de 1,958 ha (Gudiel, 2015) dentro de la cual 937.81 ha son propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Dentro de la propiedad de la institución, 582.26 ha están cubiertas por bosque de coníferas. Este bosque se caracteriza por tener un estrato P1 en 83% del área lo que quiere decir que presentan homogeneidad en altura, diámetro, densidad y edad (31 años en promedio) (Alvarado, 2013).

Esta microcuenca se encuentra ubicada dentro de los municipios de San Antonio de Oriente, Yuscarán y Güinope. Cuenta con una precipitación promedio anual de 1,100 mm y una temperatura promedio anual de 24 °C. Las altitudes de este sitio se encuentran entre 784 y 1,154 msnm (Dubón, 2015). Dentro de este sitio se estudió específicamente el brote Sibaja y el brote Zarciles que cuentan con un área de 43.08 ha y 41.00 ha respectivamente. En Sibaja se dio un tratamiento de corta y quema de los árboles afectados por el gorgojo. El brote Zarciles se quemó completamente y algunos de los árboles muertos siguen en pie.

Diseño experimental.

El diseño experimental de este estudio es un diseño factorial de Friedman con arreglo de 2×2×5. Inicialmente se propuso estudiar cuatro factores: quema, distancia del árbol semillero, pendiente y dirección del viento. Los niveles propuestos de cada factor son los siguientes:

1. Quema:
 - 1.1 Quema completa
 - 1.2 Quema y arrastre
2. Dirección del viento:
 - 2.1 A favor
 - 2.2 En contra
3. Distancia del árbol semillero:
 - 3.1 0 – 15 m
 - 3.2 15 – 30 m
 - 3.3 30 – 45 m
 - 3.4 45 – 60 m
 - 3.5 > 60 m
4. Pendiente:
 - 4.1 0 – 30%
 - 4.2 > 30%

En campo se analizó la factibilidad de analizar los cuatro factores con sus respectivos niveles. Los niveles propuestos de pendiente no se podían cumplir por lo que se decidió analizarlo como una variable y no como un factor. Se evaluaron los factores: 1) quema, 2) dirección del viento y 3) distancia del árbol semillero.

Instalación de parcelas. Para instalar las parcelas se utilizó un método sistemático de muestreo. Se tomó en cuenta la distancia del árbol semillero como el factor principal en cada brote. Se escogió un árbol semillero ubicado en el borde del bosque y se marcó un transecto de acuerdo a las distancias establecidas entre parcelas asegurándose que no hubiera otros árboles semilleros cercanos que pudieran sesgar la información obtenida. Se midieron 10 m de distancia del árbol y entre parcelas. Para determinar la dirección del viento se observó la copa de los árboles y se siguió la dirección que tenían. Se instalaron parcelas cuadradas de 25 m² (5 m × 5 m) delimitadas por estacas de madera y subdivididas en cuatro cuadrantes de 6.25 m² (2.5 m × 2.5 m) para facilitar el conteo de los árboles. Cada transecto cuenta con cinco parcelas. Se obtuvieron tres repeticiones por cada combinación de factores con un total de seis transectos para cada brote y 30 parcelas por brote.

Recolección de datos.

Se contaron los árboles presentes en cada cuadrante de las parcelas siguiendo el mismo orden para contar (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo). Se incluyeron todos los individuos presentes de *Pinus oocarpa* sin importar la estatura. La mayoría de árboles encontrados se encontraban en alturas entre 5 – 30 cm. La segunda variable que se midió fue la pendiente dentro de las parcelas utilizando un clinómetro.

Análisis estadístico.

Se utilizó la herramienta estadística IBM SPSS 19 y Microsoft Excel 2013 con la extensión Real Statistics 2010. Se determinaron las estadísticas descriptivas de ambos brotes. Se corrió un análisis de normalidad Shapiro-Wilk para determinar si los resultados obtenidos provienen de una población normal o no. Para los factores de dirección del viento y quema se corrieron pruebas de Friedman. Para el factor de distancia del árbol semillero se corrió una prueba Kruskal-Wallis. Posteriormente se hizo una prueba U de Mann-Whitney en los datos que indicaron diferencias significativas. El nivel de significancia utilizado para los análisis es del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadística descriptiva.

Se contabilizaron un total 112 árboles en el brote Sibaja y 188 en el brote Zarciles, sumando un total de 300 árboles para ambos brotes. Se calcularon las medias del número de árboles presentes para cada factor con sus respectivos niveles y una extrapolación de la cantidad de árboles presentes en 1 ha. Para el factor de dirección del viento se obtuvieron un promedio de 3 árboles/parcela a favor del viento y 4 árboles/parcela en contra del viento en Sibaja. Para Zarciles los datos obtenidos fueron 11 árboles/parcela a favor del viento y 2 árboles/parcela en contra del viento. Al extrapolar estos datos se obtuvo un promedio de 1,387 árboles/ha a favor del viento y 1,600 árboles/ha en contra del viento en Sibaja y 4,320 árboles/ha a favor del viento y 693 árboles/ha en contra del viento en Zarciles (Figura 1).

Los resultados obtenidos son similares a los de Acheritobehere y Orellana (2016), quienes indican una mayor cantidad de árboles en los sitios ubicados a favor de la dirección del viento para el brote de Zarciles. Se piensa que la repoblación de Sibaja depende más de las semillas diseminadas por los árboles que se murieron con el ataque de *Dendroctonus frontalis* ya que se encontraron más árboles en contra de la dirección del viento.

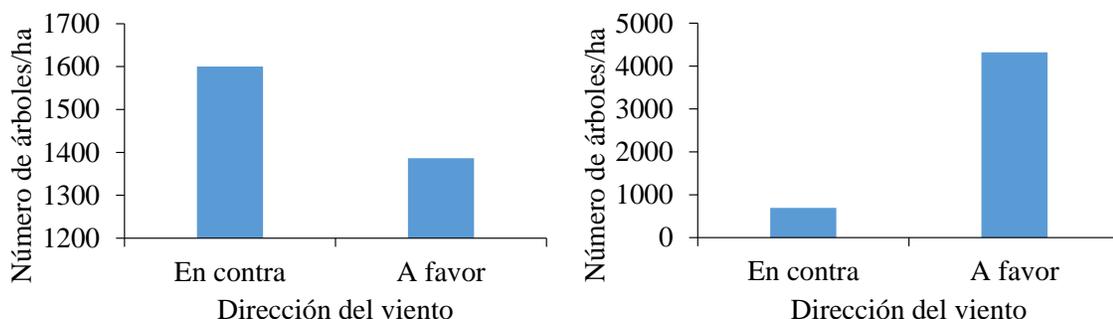


Figura 1. Promedio de árboles ubicados a favor y en contra del viento de Sibaja (izquierda) y Zarciles (derecha).

Existe en promedio 4 árboles/parcela en el brote Sibaja donde se hizo quema y arrastre de los troncos. En el brote Zarciles hay en promedio 6 árboles/parcela. Al extrapolar los datos se obtuvo un promedio de 1,493 árboles/ha en el sitio de quema y arrastre y 2,507 árboles/ha en el sitio de quema completa (Figura 2).

La existencia de vegetación con altas densidades o de hojarasca muy profunda compite con el desarrollo de las plántulas recién germinadas. Los incendios benefician la regeneración de los bosques de *Pinus oocarpa* debido a que elimina la vegetación que compite con las plantas además que esta es una especie adaptada a incendios por lo cual no se ve afectada negativamente por estos eventos Farjon y Filer (2013). Un sitio quemado completamente es beneficioso para la regeneración de las especies *Pinus oocarpa*.

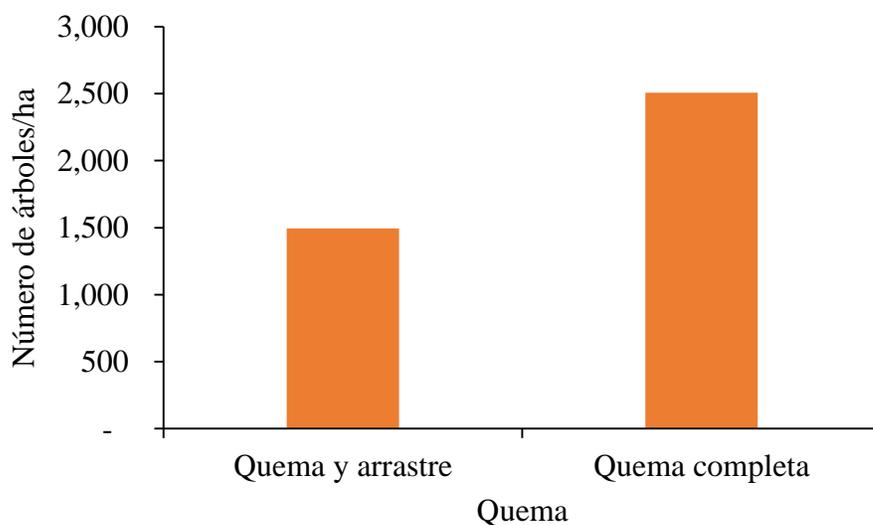


Figura 2. Promedio de árboles ubicados en sitios de quema y arrastre (Sibaja) y quema completa (Zarciles).

A partir del promedio de árboles/parcela se extrapola el promedio de árboles/ha en cada brote para las cinco distancias evaluadas (Figura 3). La cantidad de árboles obtenidos para cada uno de los brotes se reportan en el Cuadro 1 y Cuadro 2.

Cuadro 1. Promedio de árboles por parcela y por hectárea en brote Sibaja.

Distancia del árbol semillero	Árboles/parcela	Árboles/ha
0 – 15 m	5	2,607
15 – 30 m	8	3,333
30 – 45 m	2	600
45 – 60 m	1	533
> 60 m	2	933

Cuadro 2. Promedio de árboles por parcela y por hectárea en brote Zarciles.

Distancia del árbol semillero	Árboles/parcela	Árboles/ha
0 – 15 m	6	2,400
15 – 30 m	7	2,933
30 – 45 m	6	2,467
45 – 60 m	6	2,333
> 60 m	6	2,400

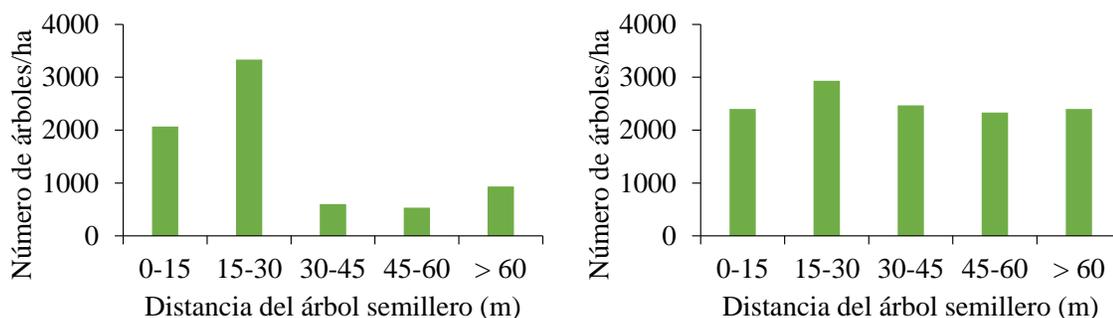


Figura 3. Promedio de árboles ubicados a cinco distintas distancias de los árboles semilleros en Sibaja (izquierda) y Zarciles (derecha).

Los resultados obtenidos para el factor de distancia del árbol semillero son similares a aquellos obtenidos por Wolffsohn (1984) en el cual reporta una mayor cantidad de árboles en los primeros 30 m de distancia. Se debe tomar en cuenta que los árboles contaban con diferencias de altura, la mayoría menores a 30 cm. Se espera que exista un porcentaje de mortalidad y el número total de árboles/ha disminuya.

Pruebas de normalidad.

Los árboles que germinaron en los brotes Zarciles y Sibaja no tienen una distribución normal (Figura 4). Dados estos resultados se corrió un test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de cada factor por separado.

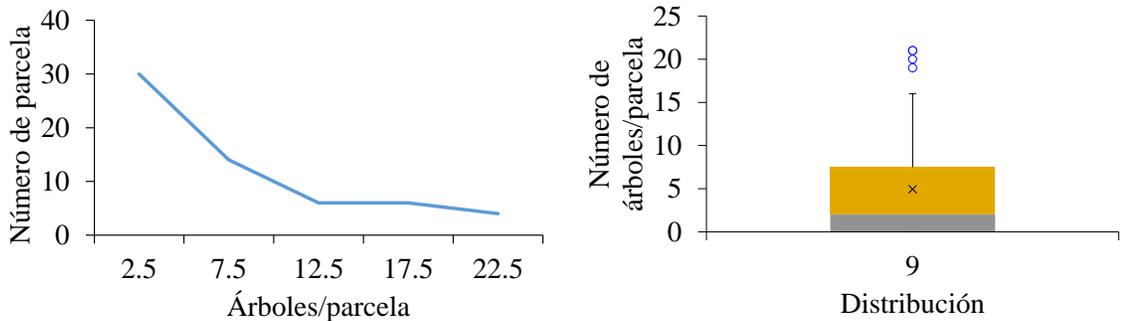


Figura 4. Distribución de árboles en los brotes.

Para el factor de quema se obtuvo un nivel de significancia de 0.00 en ambos niveles. Esto indica que los valores obtenidos no provienen de una población normal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Test Shapiro-Wilk para factor quema.

Quema	Estadístico	gl	Significancia
Quema y arrastre	.843	30	.000
Quema completa	.788	30	.000

Para el factor de dirección del viento las significancias obtenidas fueron de 0.001 para el nivel de a favor del viento y el de en contra es 0.000. Esto indica que los datos obtenidos no provienen de una distribución normal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Test Shapiro-Wilk para dirección del viento.

Dirección de viento	Estadístico	gl	Significancia
A Favor	.860	30	.001
En Contra	.721	30	.000

El Cuadro 5 indica que hay diferencias significativas para los primeros dos niveles obteniendo niveles de significancia de 0.432 y 0.506. Sin embargo, los siguientes tres niveles tienen niveles de significancia menores a 0.050. Se determinan todos los niveles provenientes de una población no normal.

Cuadro 5. Test Shapiro-Wilk para distancia del árbol semillero

Distancia del árbol	Estadístico	gl	Significancia
0-15	.935	12	.432
15-30	.941	12	.506
30-45	.664	12	.000
45-60	.608	12	.000
> 60	.684	12	.001

Prueba de medias.

Dado que la prueba de normalidad indicó que los valores obtenidos no provienen de una población normal, se utilizó la prueba de Friedman con un nivel de significancia de 5%. Para el factor de dirección de viento se obtuvo un valor α de 0.03 (Cuadro 6). Esto infiere que existe una diferencia significativa entre los sitios ubicados a favor y en contra de la dirección del viento. Seguido a esto se corrió una prueba U de Mann-Whitney para comprobar la heterogeneidad de las muestras.

Esta prueba resultó en un α de 0.004 por lo que se infiere que los sitios ubicados a favor de la dirección del viento con respecto a los árboles semilleros poseen una mayor cantidad de árboles que aquellos sitios ubicados en contra de la dirección del viento (Cuadro 7). Acheritobehere y Orellana (2016) encontraron una diferencia significativa en los sitios a favor de la dirección del viento de aquellos ubicados en contra en relación a la densidad de la población.

El factor de quema resultó en un α de 0.10 en la prueba de Friedman por lo cual no se encontraron diferencias significativas entre ambos sitios (Cuadro 6). Esto se debe a que ambos sitios recibieron un tratamiento de quema, aunque haya sido en diferentes proporciones. Ambos sitios se vieron beneficiados por la quema. Los datos obtenidos son similares a los de Juárez y Rodríguez (2003) y Calvo et al. (2008) quienes sostienen que la regeneración de los bosques de pino se ve beneficiada por los incendios.

Cuadro 6. Prueba Friedman para factores de dirección del viento y quema.

Factor	Estadístico	gl	Significancia
Dirección del viento	4.8	1	0.028
Quema	0.8	1	0.100

Cuadro 7. Test Mann-Whitney para factor de dirección del viento.

Nivel	Conteo	Mediana	U	U-crit	Desviación estándar	Significancia
A favor	30	4.5	275.5	341.25	66.115	0.004
En contra	30	1	624.5			

Para el factor de distancia del árbol semillero se obtuvo un α de 0.082 en la prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 8) por lo que se infiere que no existe una diferencia significativa entre los distintos rangos de distancia. Esto difiere con los resultados de Wolffsohn, (1984) ya que encontró una mayor cantidad de árboles entre los 10 – 30 m de distancia del árbol semillero. El hecho de no encontrar diferencias entre distancias se puede deber al hecho que los árboles infestados con *Dendroctonus frontalis* regaron semillas antes de ser talados.

Cuadro 8. Prueba Kruskal-Wallis para distancia del árbol semillero.

Niveles	Media	Estadístico	gl	Significancia
0-15	5.5	7.895	4	0.082
15-30	7.0	7.895	4	0.082
30-45	0.0	7.895	4	0.082
45-60	0.5	7.895	4	0.082
>60	2.0	7.895	4	0.082

Regresión.

Se corrió una regresión lineal para determinar la relación entre la pendiente y el número de árboles por parcela para el sitio de quema completa y el de quema y arrastre. El modelo no es replicable por lo cual no explica la relación que existe entre ambas variables (Figura 5). Bajo este resultado se procedió a realizar un análisis de correlación Rho de Spearman el cual indicó que si existe una correlación entre ambas variables.

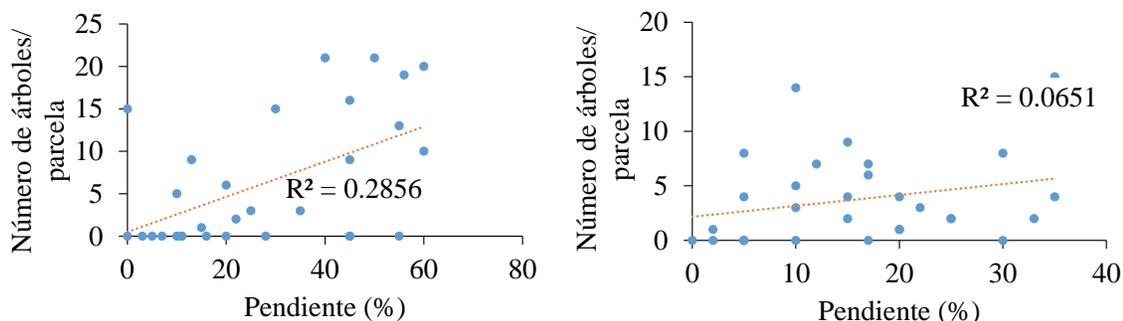


Figura 5. Regresión lineal entre pendiente y el número de árboles por parcela en un sitio de quema completa (izquierda) y uno de quema y arrastre (derecha).

La correlación de Spearman demostró que existe una relación entre la pendiente y la cantidad de árboles encontrados en las parcelas (Cuadro 9). Entre más pronunciada es la pendiente existe una mayor cantidad de árboles a mayor distancia del árbol semillero. Al contar con variaciones en la pendiente a lo largo de los transectos se encontraron diferentes cantidades de árboles a las distintas distancias medidas. Albaba (2014) encontró resultados similares en cuanto a la variación en frecuencia de acuerdo a la variación en pendiente. Omary (2011) encontró en su estudio que adicional a la frecuencia existe un efecto en el desarrollo de los árboles con respecto a la pendiente, sobretodo en la altura de los pinos.

Cuadro 9. Correlación Rho de Spearman entre pendiente y número de árboles.

Estadísticos	Número de árboles	Pendiente
Coefficiente de correlación	1.000	.409**
Significancia (bilateral)	.001	.001
N	60	60
Coefficiente de correlación	.409**	1.000
Significancia (bilateral)	.001	.001
N	60	60

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

4. CONCLUSIONES

- Los sitios afectados por *Dendroctonus frontalis* dentro de la microcuenca de Santa Inés cuentan con una regeneración inicial aceptable. El brote Zarciles cuenta con una mayor cantidad de árboles en comparación con el brote Sibaja.
- La regeneración natural del bosque de pino de la microcuenca Santa Inés se ve afectada principalmente por la dirección del viento y la pendiente.
- No se pudo determinar una diferencia significativa a distintas distancias del árbol semillero ya que la repoblación actual de los sitios se ve influenciada por las semillas diseminadas por los árboles talados.
- La quema es un factor que promueve la regeneración del bosque de pino, sin embargo no existe una diferencia en el tratamiento de quema que se dé.

5. RECOMENDACIONES

- Reforestar primordialmente el brote Sibaja ya que este cuenta con una menor cantidad de árboles/ha que el brote Zarciles.
- Plantar árboles en ambos brotes en sitios ubicados en contra de la dirección del viento para complementar la regeneración natural.
- Plantar árboles en sitios con pendientes muy escarpadas donde las semillas se pierden más fácilmente de acuerdo a la relación existente entre la pendiente y la cantidad de árboles encontrados.
- Estimar la mortalidad de los árboles menores a 30 cm de altura ya que los árboles menores a esta altura presentan una mortalidad elevada por la competencia por luz.
- Evaluar la regeneración natural del bosque una vez que los árboles hayan alcanzado una altura mínima de 30 cm como parte del plan de manejo de la microcuenca Santa Inés.
- Tomar mediciones de la biomasa que ocupa los brotes para poder determinar su efecto en la regeneración.

6. LITERATURA CITADA

- Acheritobehere, L.; Orellana, I. (2016): Influencia del viento y de la vegetación nativa en la distribución de la regeneración de *Pseudotsuga menziesii* en Patagonia, Argentina. En: *Bosque* 37 (2), pp. 317–325. DOI: 10.4067/S0717 9200201600020 0010.
- Albaba, I. (2014): The effects of slope orientations on vegetation characteristics of Wadi Alquf forest reserve (WAFR) West Bank-Palestine. En: *International Journal of Agricultural and Soil Science* 2 pp. 118-125.
- Alvarado, M. (2013): Guía para la implementación del sistema de análisis y prescripción de compartimientos en planes de manejo con fines de silvicultura y manejo forestal. Tegucigalpa, Honduras.
- Baquedano, K. (2016): Hay 381,000 hectáreas afectadas por el gorgojo. Tegucigalpa, Honduras. La Prensa. Disponible en línea en <http://www.laprensa.hn/honduras/921460-410/hay-381000-hect%C3%A1reas-afectadas-por-el-gorgojo>, Última comprobación el 28/10/2016.
- Brockway, D.; Outcalt, K.; Boyer, W. (2006): Longleaf Pine Regeneration Ecology and Methods. En: Shibu Jose, Eric J. Jokela y Deborah L. Miller (eds.): *The Longleaf Pine Ecosystem*. New York, NY: Springer New York (Springer Series on Environmental Management), pp. 95–133.
- Calvo, L.; Santalla, S.; Valbuena, L.; Marcos, E.; Tárrega, R.; Luis-Calabuig, E. (2008): Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. En: *Plant Ecology* 197 (1), pp. 81–90. DOI: 10.1007/s11258-007-9362-1.
- Dubon, A. (2015): *Efecto del aprovechamiento forestal en el dosel inferior y el suelo en el bosque de coníferas en Santa Inés, Honduras* (Tesis pregrado). Valle Yeguaré: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

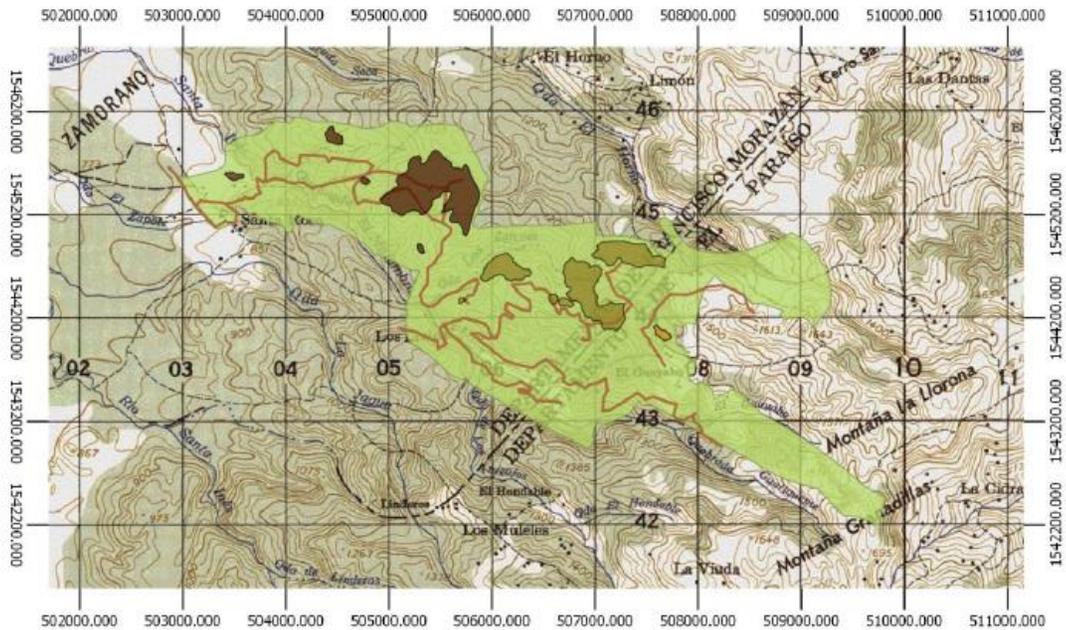
- Duryea, M. (2000): Forest regeneration methods: natural regeneration, direct seeding and planting. Gainesville, Florida.
- Farjon, A., & Filer, D. (2013). An Atlas of the World's Conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity, and conservation status. Boston: BRILL. DOI:9789004211803.
- Gómez, Jhon Wilber Leigue (2011): Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. En: *Acta Amaz.* 41 (1), pp. 135–142. DOI: 10.1590/S0044-59672011000100016.
- Gudiel, D. (2015): *Ecuación alométrica para estimar biomasa aérea en Pinus oocarpa del bosque natural de la Microcuenca Santa Inés, Honduras* (Tesis pregrado). Valle Yeguaré: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Harmer; G. (2000): Natural regeneration in broadleaved woodlands: deer browsing and the establishment of advance regeneration. Forestry comission, 2000. Forest research.
- Instituto de Conservación Forestal (2014): Manual de evaluación de regeneración natural y plantaciones en bosque de pino. Tegucigalpa: ICF.
- Instituto de Conservación Forestal (2015): Atlas Municipal Forestal y Cobertura de la Tierra. Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán. Tegucigalpa: ICF.
- Instituto de Conservación Forestal (2016): Plagas. Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Disponible en línea en http://icf.gob.hn/?page_id=7531, Última comprobación el 28/10/2016.
- Juárez, A.; Rodríguez, D. (2003): Efecto de los incendios forestales en la regeneración de *Pinus oocarpa* var. *ochoterenae*. En: *Chapingo* 9 (22), pp. 125–130.
- Lagos, A. (13 de diciembre de 2015): Pérdidas por el gorgojo de pino son de L 5,000 millones. Tegucigalpa, Honduras. Diario El Heraldo. Disponible en línea en <http://www.elheraldo.hn/pais/910912-466/p%C3%A9rdidas-por-el-gorgojo-de-pino-son-de-l-5000-millones>, Última comprobación el 28/10/2016.

- Omary, A. (2011): Effects of aspect and slope position on growth and nutritional status of planted Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in a degraded land semi-arid areas of Jordan. En: *New Forests* 42 (3), pp. 285–300. DOI: 10.1007/s11056-011-9251-2.
- Sáenz-Romero, C.; Guzmán-Reyna, R.; Rehfeldt, G. (2006): Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico. En: *Forest Ecology and Management* 229 (1-3), pp. 340–350. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.04.014.
- Smith, D. (1996): The practice of silviculture. Applied forest ecology. David M. Smith ... [et al.]. 9th ed. New York: Wiley.
- United States Department of Agriculture. (2006). Bark Beetles. EE.UU.: Forest Health Protection.
- Wolffsohn, A. (1984): Estudios silviculturales de *Pinus oocarpa* Schiede en la República de Honduras. Siguatepeque: ESNACIFOR.
- Yamamoto, S. (2000): Forest gap dynamics and tree regeneration. En: *Journal for Research* 5 (4), pp. 223–229. DOI: 10.1007/BF02767114.
- Zhang, Y. (2001): Deforestation and forest transition: Theory and evidence in China. En: Matti Palo, Jussi Uusivuori y Heidi Vanhanen (eds.): World forests from deforestation to transition?. Dordrecht: Springer Netherlands (World Forests), pp. 41–65.

7. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de los brotes ubicados dentro de la microcuenca Santa Inés.
Fuente: Ing. Juan Ramón Licona, 2016.

Mapa de Ubicación Cartográfica
Sitio: Santa Inés
Región Forestal Francisco Morazán



Simbología	 1:52,000	Fuente
<ul style="list-style-type: none">  Límite Santa Inés (859.5 hectáreas)  Brote Zarciles (41 hectáreas)  Brote Sibaja (43.08 hectáreas)  Brote Guayabo (1.27 hectáreas)  Camino Principal 		