

**Efecto del tratamiento para el control de
Dendroctonus frontalis en la escorrentía
superficial en bosques de *Pinus oocarpa***

Diego Gerardo Pilco Paladines

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

**Efecto del tratamiento para el control de
Dendroctonus frontalis en la escorrentía
superficial en bosques de *Pinus oocarpa***

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

Presentado por

Diego Gerardo Pilco Paladines

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efectos del tratamiento para el control de *Dendroctonus frontalis* en la escorrentía superficial en la microcuenca Santa Inés

Diego Gerardo Pilco Paladines

Resumen. El gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis*) es una de las especies más destructivas del pino, causando pérdidas de bosques de coníferas en Honduras. Tratamientos tanto de control como de prevención se han efectuado a nivel nacional para controlar esta plaga. En Sibaja, Santa Inés se realizaron tratamientos silvícolas de tala rasa en el bosque de pino. El primer corte se realizó en octubre del 2016 y el segundo en enero del 2017. En ambas áreas tratadas se instalaron parcelas para cuantificar la escorrentía superficial. Además, se instalaron parcelas en un bosque sin ataque de plaga y con las mismas características que las áreas afectadas: suelo, pendiente y edad del bosque. Se establecieron tres parcelas de escorrentía de 54 m² en cada tratamiento. Se cuantificó la escorrentía superficial generada por las precipitaciones ocurridas desde julio a agosto 2017. Los datos se analizaron aplicando pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y una separación de medias Dunn. Este análisis determinó que el tratamiento silvícola corte de tala rasa para control presentó coeficientes de escorrentía de hasta de 39% comparado con los del tratamiento de corte para prevención de 3%. Los coeficientes menores se presentaron en el bosque no afectado. Se realizó una evaluación de cobertura del suelo en las parcelas. Esta variable se analizó aplicando un ANDEVA y una separación de medias Duncan. El tratamiento silvícola tala rasa para control (T2) presentó diferencias con los otros tratamientos, con el menor porcentajes 81%. Este estudio se debe ampliar incluyendo mayor tiempo de toma de datos, así como evaluar diferentes rangos de pendientes y tipos de suelos.

Palabras clave: Coeficiente de escorrentía, parcelas de escorrentía, *Pinus oocarpa*.

Abstract. The bark beetle (*Dendroctonus frontalis*) is one of the most destructive pine species, that causes losses of coniferous forests in Honduras. Restraint and prevention treatments were implemented nationwide to control this pest. At Sibaja, Santa Inés, forestry treatments of clearcutting were carried out at the pine forest. The first cut was done in october 2016 and the second in january 2017. In both treated areas, plots were installed to quantify surface runoff. In addition, plots were installed in a forest without pest attack and with the same characteristics as the affected areas: soil, slope and forest age. Three plots of runoff of 54 m² were established in each treatment. The surface runoff generated by precipitations from july to august 2017 was quantified. The data was analyzed using Kruskal-Wallis statistical tests and using a Dunn means separation. This analysis determined that the forestry treatment of clearcutting for control had runoff coefficients of 39%, compared to the cut treatment for prevention of 3%. The smaller coefficients were presented in the unaffected forest. A soil cover assessment was done at the plots. This variable was analyzed by applying an ANDEVA and a Duncan means separation. The forestry treatment for control (T2) was different from the other treatments, with the lowest percentages 81%. This study should be extended including longer data collection time, as well as evaluating different ranges of slopes and soil types.

Key words: Coeficient Runoff, plots of runoff, *Pinus oocarpa*.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Análisis estadístico de varianza de un factor (ANDEVA).....	9
2. Resultados de la prueba post hoc Duncan.....	9
3. Análisis estadístico Kruskal-Wallis.....	11
4. Resultados de la prueba post hoc Dunn.....	11
Figuras	Página
1. Ubicación del área de estudio en la microcuenca Santa Inés, Honduras.....	3
2. División de subparcelas.....	4
3. Caracterización de cobertura en parcelas de 1 m ²	5
4. Instalación de parcelas.....	7
5. Cobertura vegetal de los diferentes tratamientos.....	8
6. Precipitación registrada en el pluviómetro manual durante los meses de junio a agosto del 2017.....	10
7. Coeficiente de escorrentía en porcentaje para cada evento de precipitación.....	10
8. Precipitación y coeficientes de escorrentía por evento.....	12
9. Correlación entre coeficiente de escorrentía y cobertura vegetal.....	13
Anexos	Página
1. Medición a través de la pendiente para su determinación.....	19
2. Medición del rango porcentual de pendiente.....	19
3. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 1 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.....	20
4. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 2 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.....	21
5. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 3 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.....	22
6. Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos de la microcuenca Santa Inés, Sibaja, Honduras.....	23
7. Descripción de familia textural calicata 1.....	24
8. Descripción de familia textural calicata 2.....	24
9. Descripción de familia textural calicata 3.....	25
10. Caracterización de cobertura en campo.....	26
11. Caracterización de cobertura en campo.....	26

12. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 1.....	27
13. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 2.....	28
14. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 3.....	29
15. Instalación de las parcelas.	30
16. Parcela instalada en campo.....	30
17. Formulario para toma de dato en campo.	31

1. INTRODUCCIÓN

La superficie que ocupan los bosques con el transcurso del tiempo cada vez es menor. En la actualidad solamente quedan 3,999 millones de hectáreas, representando el 30.6% del planeta (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Mundial [FAO], 2015). América Central únicamente contiene 22,4 millones de hectáreas (Cordero, 2011). Honduras cuenta con 5,398.137 hectáreas (Duarte et al. 2014), representadas por bosques de coníferas, bosques de manglares, bosques nublados, bosques húmedos tropicales y bosques secos (Padilla, 2003).

En Honduras el bosque de coníferas ha sido degradado y reducido en densidad, ocasionando una mayor cantidad de bosques ralos. Esta degradación ha generado por medio de explotaciones no sustentables, incendios que se producen cada vez con mayor frecuencia, malas técnicas de extracción de madera y plagas especialmente la del gorgojo de pino (*Dendroctonus frontalis*) (Flórez y Mairena, 2005).

Honduras a nivel mundial de acuerdo al Índice Global de Riesgo Climático, es el país más afectado por el fenómeno de cambio climático (Madero, Paz, Galdames y Cerrato, 2016). Altas temperaturas y prolongadas sequías derivadas del cambio climático han generado que la presencia del descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) sea cada vez más frecuente (Comisionado Nacional de los Derechos Humanos, 2016). La plaga en los últimos 50 años se ha convertido en la catástrofe ambiental más destructiva del país, reduciendo aproximadamente 30% el bosque de coníferas hasta diciembre del 2015 (Madero et al. 2016).

El control de la plaga de *Dendroctonus frontalis* durante la emergencia forestal, motivó al Estado de Honduras a través del Instituto de Conservación Forestal (ICF) a publicar varias normativas para control de la plaga. Estas disposiciones permitieron a nivel nacional la aprobación y ejecución de planes de salvamento. Los planes buscaban facilitar la extracción de madera afectada y a la vez prevenir daños en los bosques afectados (Comisionado Nacional de los Derechos Humanos, 2016). Los planes de salvamento recomiendan el corte tala rasa, causando así deforestación total del área plagada. Este método de control puede salvar rodales y detener la propagación de la plaga (Pereira, Chapas y Nájera, 2010). Las especies pioneras de rápido crecimiento empiezan emergiendo, obteniendo con el paso del tiempo un bosque similar al cortado (Aus der Beek y Sáenz, 1992).

Las malas operaciones y altas intensidades de aprovechamiento forestal, han provocado que se reduzca en gran cantidad la vegetación forestal. El suelo queda expuesto a impactos naturales como el de la precipitación. Cuando el suelo no tiene cobertura, la precipitación

altera y modifica las propiedades físicas y químicas de este. Actividades como el arrastre de traserías, maniobras de cargas, transporte, extracción, remoción y disturbio vegetal de la superficie del suelo hacen que la infiltración disminuya, aumentando los escurrimientos superficiales y la erosión del suelo (Kasran, Nik-Muhamad y Mokhtaruddin, 1996).

Las zonas de recarga hídrica, de las cuencas, subcuencas y microcuencas productoras de agua en Honduras se han visto gravemente afectadas por la deforestación de áreas plagadas por el gorgojo de pino. Esto ha ocasionado una irregular recarga hídrica, absorción y almacenamiento del agua (Comisionado Nacional de los Derechos Humanos, 2016). Esta alteración a su vez, conlleva a una mayor cantidad de inundaciones, sequias y altos niveles de erosión, azolvando ríos y disminuyendo la cantidad de agua de los mantos acuíferos (Vallejo, 2011).

El aprovechamiento forestal bien ejecutado no remueve toda la hojarasca del suelo. Esta brinda varios beneficios permitiendo que exista una buena infiltración, disminuyendo el escurrimiento y erodabilidad al absorber e interceptar la precipitación, brindándole mayor tiempo al agua para que penetre en el suelo (Zang y Zhang, 1999). Para disminuir los impactos negativos del suelo o de las zonas de recarga hídrica, es indispensable que exista un rápido periodo de regeneración, manteniendo de esa manera la productividad del sitio, la cantidad y la calidad del agua (Croke, Fogarty y Hairsine, 2001).

El presente proyecto cuantificó la escorrentía superficial en la zona de Sibaja, el cual fue afectado por el gorgojo descortezador de pino (*Dendroctonus frontalis*) a través de dos objetivos:

- Caracterizar las áreas afectadas y tratadas para control de *Dendroctonus frontalis* en *Pinus oocarpa* en la microcuenca Santa Inés, Zamorano.
- Cuantificar la escorrentía superficial en áreas afectadas por *Dendroctonus frontalis* en las que se aplicó tratamiento de control y prevención de la plaga en la microcuenca Santa Inés, Zamorano.

2. METODOLOGÍA

Localización y descripción del área de estudio.

El estudio se realizó en el bosque de conífera de la microcuenca Santa Inés, ubicada entre los municipios de Güinope, San Antonio de Oriente y Yuscarán. La microcuenca Santa Inés presenta una altitud que va desde los 755 a los 1,765 msnm. La temperatura promedio anual es de 23°C y la precipitación media anual de 1,100 mm y una pendiente media del 10% (Huezo, 2011).

El sitio específico de desarrollo del estudio fue Sibaja (Figura 1). En esta área se realizaron dos intervenciones silvícolas en diferentes periodos de tiempo. Esta área presenta la misma gradiente de pendiente y características de suelos similares.

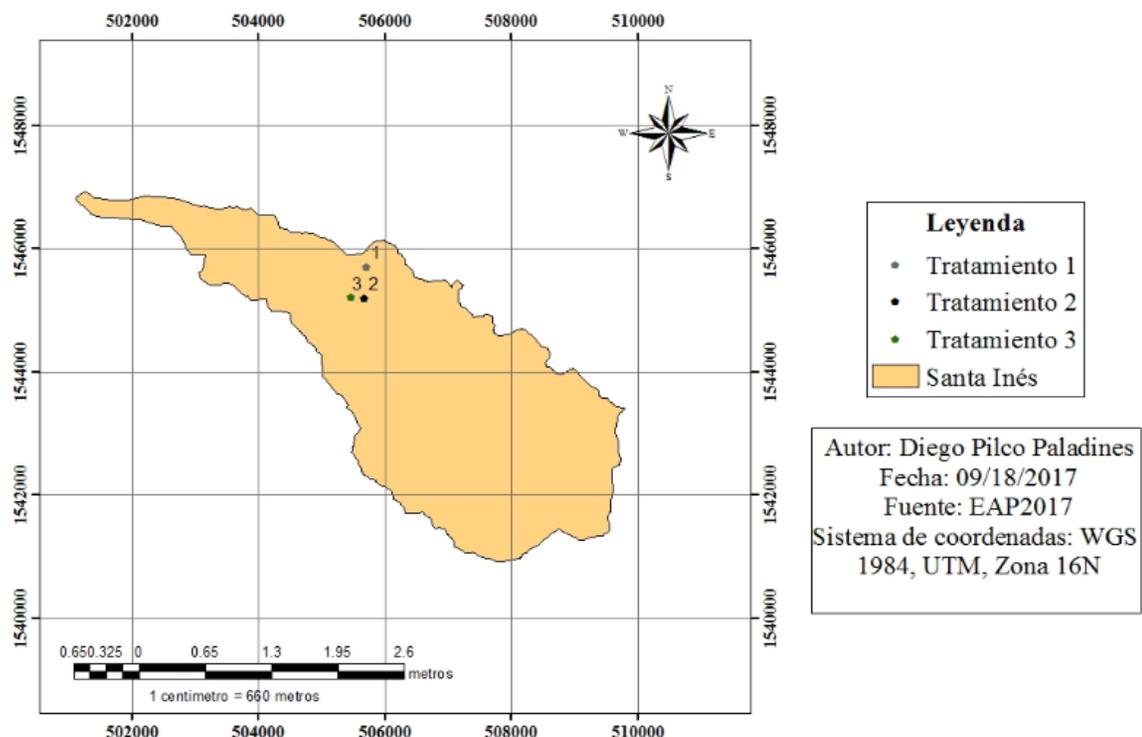


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la microcuenca Santa Inés, Honduras.

Caracterización de áreas afectadas por *Dendroctonus frontalis*.

Pendiente. Las parcelas se instalaron en el mismo rango de pendiente entre 40 a 50% para lo cual se utilizó un clinómetro.

Suelo. Se revisó información secundaria sobre los suelos de la microcuenca Santa Inés. Estudios previos de Acosta y Kucharsky, (2012) detallan a través de un mapa, las clases taxonómicas de suelos en esta microcuenca. La taxonomía utilizada en esta investigación fue la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la cual clasifica los suelos para el área de Sibaja como Typic Haplustalfs (Soil Survey Staff, Natural Resources Conservation Service y United States Department of Agriculture, 2006). Además, se realizó una calicata ubicada en cada tratamiento. La familia textural de los suelos se definió por medio del manual de laboratorio de suelo de (Arévalo y Gauggel, 2016).

Cobertura. La cobertura se refiere a la vegetación menor y reductos de bosque dominados por árboles jóvenes, remanentes de hojarasca y madera después del tratamiento para control y prevención de la plaga de gorgojo. Cada parcela se dividió en cinco subparcelas iguales de 10.8 m^2 y se cuantificó cobertura en dos subparcelas de 1 m^2 por cada parcela de escorrentía. La selección de las subparcelas se realizó al azar y para delimitarlas se utilizó un marco de madera de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Cada subparcela de 1 m^2 se dividió en una cuadrícula de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ (Figura 2).

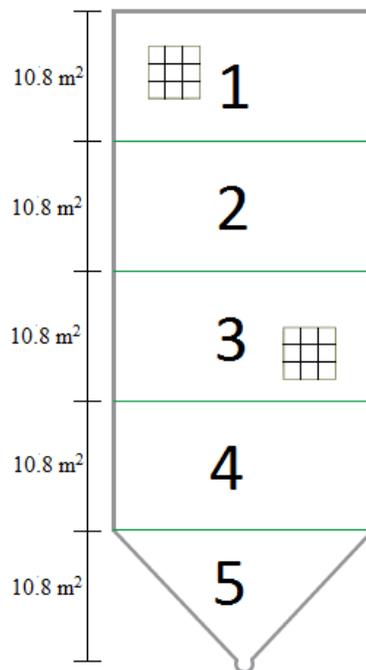


Figura 2. División de subparcelas.

En las subparcelas seleccionadas de 10.8 m², se lanzó el marco y se procedió a caracterizar la cobertura vegetal de manera digital y con ayuda de una foto tomada. Para determinar con mayor precisión el porcentaje de cobertura de cada área muestreada, se elaboró un mapa georeferenciado.

Con el programa Autocad® se simuló una cuadrícula con dimensiones iguales a la del marco. En esta cuadrícula se insertó la imagen y posteriormente se georeferenció hasta ajustarla en cada vértice. Con la imagen georeferenciada y ajustada, se mapeó y cuantificó la cobertura. Los tipos de cobertura que se encontró dentro de las imágenes fueron brinzales y pasto, hojarasca y suelo desnudo (Figura 3). El área de cobertura de las diferentes muestras se organizó en una tabla de Excel en la que se muestra el área con y sin cobertura de cada parcela por tratamiento.

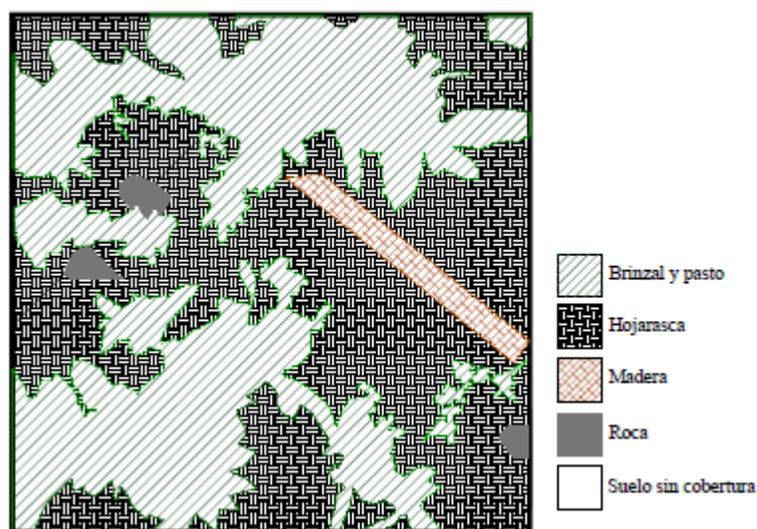


Figura 3. Caracterización de cobertura en parcelas de 1 m².

Tratamientos. Los tratamientos se seleccionaron a partir de una revisión preliminar y visita de campo en la que se determinó el tipo de tratamiento silvícola aplicado en las zonas afectadas. La aplicación de los tratamientos de control y prevención estuvo a cargo de la unidad forestal de Zamorano. Un tratamiento para controlar los brotes aplicado de julio a octubre del 2016 y un tratamiento preventivo en enero del 2017. El tratamiento preventivo fue (T1), donde se aplicó un corte completo de árboles o tala rasa planificada. Para este tratamiento se realizó un inventario previo. El volumen de extracción fue de 50 m³ por hectárea y un total de 290 árboles mayores a 20 cm por hectárea. Después del corte de árboles, se aplicó el seccionado y arrastre hasta los puntos de descarga en donde se apiló la madera. El arrastre se realizó con bueyes. El tiempo de extracción fue de 20 días y un remanente promedio de 8 m³ por hectarea entre árboles y madera en el sitio.

El tratamiento de control (T2) aplicado en octubre del 2016, consistió en una intervención silvícola de emergencia, para controlar la plaga del gorgojo de pino en la zona de Sibaja.

Se realizó un corte tala rasa. Se aprovecharon árboles afectados con clases diamétricas mayores a seis cm de DAP, extrayendo 370 árboles por hectárea y un volumen de 100.24 m³ por hectárea. El tipo de arrastre hacia las bacadillas fue con bueyes. Los residuos de árboles que quedaron en sitio fueron comercializados como leña, apilados en áreas abiertas, picados y esparcidos en áreas donde no afectaran al suelo ni al bosque remanente.

Con el propósito de tener datos de referencia y comparar el efecto de los dos tratamientos, se seleccionó un bosque sin perturbar en áreas aledañas. Este bosque tiene las mismas características de suelo y pendiente, se instalaron tres parcelas de escorrentía (T3) o testigo.

Cuantificación de escorrentía superficial.

Instalación de las parcelas de escorrentía. En cada tratamiento se estableció tres parcelas (repeticiones). Cada parcela tiene dimensiones de 10 m de largo y 5 m de ancho y un área colectora en forma de embudo para un total de 54 m² (Figura 2). El lado más largo se orientó en sentido de la pendiente y dirección de flujo de escorrentía y el lado menor en sentido horizontal y perpendicular a la pendiente. Para la instalación se utilizó una cinta métrica y una brújula que permitió asegurar ángulos rectos. En cada vértice se colocó estacas de madera delimitando el área y en la parte inferior, se midió 2.97 m hacia el centro de la parcela para formar un embudo colector. Después de delimitar cada parcela con estacas de madera y cuerda, se excavó el perímetro con una piocha para insertar las piezas de láminas de zinc calibre 27. Cada pieza de lámina de zinc midió 2.50 m de largo y 0.15 cm de alto.

En el extremo inferior de cada parcela se formó un colector con lámina zinc calibre 27, a la cual se perforó un orificio de $\frac{3}{4}$ de pulgada en el centro. A esta lámina se le conectó un adaptador macho de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada donde se acopló una manguera de poliducto de una pulgada. Esta manguera sirvió para conducir la escorrentía superficial hacia un colector final con capacidad de 20 L, ubicado en la parte inferior de la parcela (Figura 4).

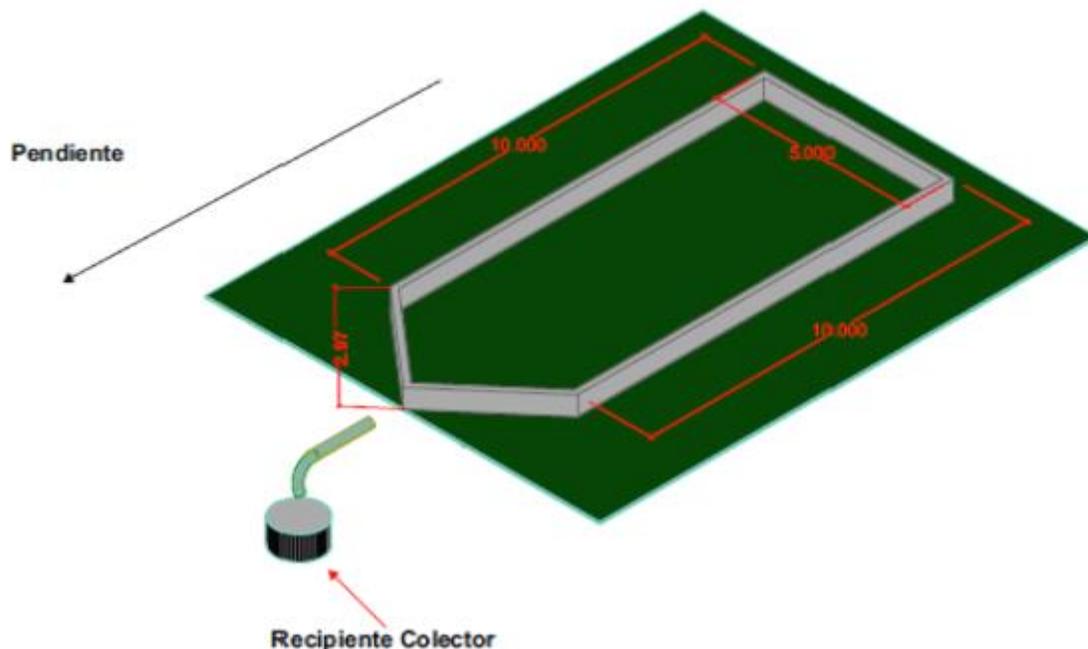


Figura 4. Instalación de parcelas.

Prueba de funcionamiento de las parcelas. Una vez instaladas todas las parcelas en su sitio, se realizó una prueba de funcionamiento y validación a partir de cinco eventos de precipitación. Esta prueba sirvió para observar algunos datos con inconsistencias y detectar fugas en las parcelas. Después de la prueba se corrigió las fugas hasta registrar datos consistentes en todos los tratamientos.

Registro de datos. El registro de datos se realizó por evento de precipitación, con apoyo de una persona de campo. El periodo de recolección de datos se ajustaba a la ocurrencia de eventos unitarios de precipitación capaces de generar escorrentía. El volumen de escorrentía se midió con una probeta de 1000 mL y se anotó en un formulario de campo (Anexo 17).

Registro de precipitación. Los datos de precipitación fueron recolectados con un pluviómetro de balancín HOB0 modelo RG3-M, marca Onset®. Este pluviómetro digital se instaló en la comunidad de los Lirios, a una distancia de 2km del sitio de ubicación de las parcelas. Para corroborar los datos y determinar la cantidad exacta de precipitación a la que se encontraban expuestas las parcelas, se colocó un pluviómetro manual equidistante a los tres tratamientos. El registro, tanto de escorrentía como de precipitación se realizó al mismo tiempo.

Análisis estadístico. Para análisis estadístico de los datos se utilizó el programa IBM SPSS y Excel 2013 con la extensión Real Statistics 2010 y XLSTAT. Los análisis utilizados fueron prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ANDEVA, prueba Kruskall-Wallis y una correlación. Todas estas pruebas con un nivel de significancia del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de suelo.

Descripción física. La caracterización de los suelos que se realizó para los diferentes tratamientos en el área de Sibaja, mostró que son suelos Alfisoles. Estos son de texturas con arcillas livianas que van desde franco arcilloso, franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso hasta franco arcilloso con menos de 35% de arcilla (Arévalo y Gauggel, 2016). La clasificación taxonómica reporta que son suelos Typic Haplustalf. Esta clasificación coincide con el estudio de (Acosta y Kucharsky, 2012).

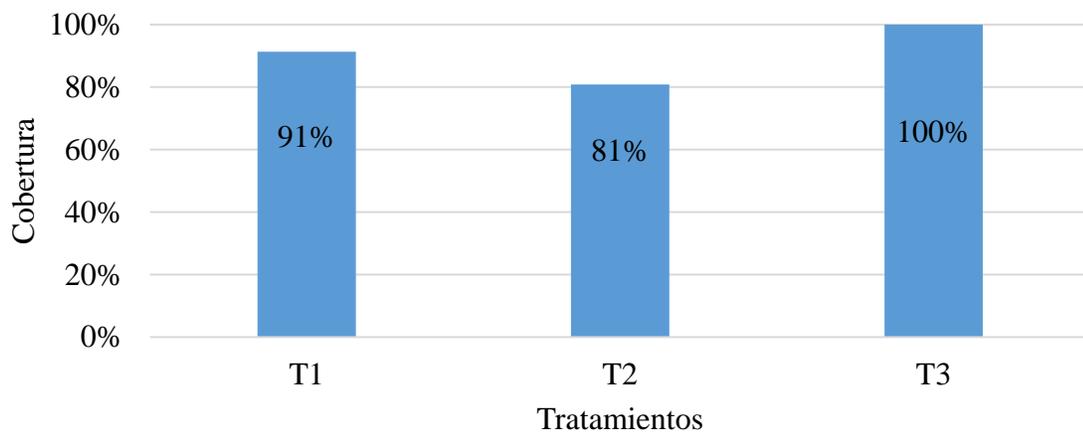


Figura 5. Cobertura vegetal de los diferentes tratamientos.

Cobertura. Con los datos de cobertura calculados con el programa Autocad®, se obtuvo el área por m² de cobertura y suelo desnudo por subparcela de 1 m². El promedio entre las subparcelas, se extrapola para determinar la cobertura de cada tratamiento (Figura 5). El tratamiento para prevención (T1), en el que se aplicó una intervención silvícola en enero del 2017, presenta un 91% de suelo cubierto. El tratamiento de control (T2) en el cual se aplicó una intervención silvícola en octubre del 2016 mostró el menor porcentaje de área con cubierta con 81%. Por otra parte, el tratamiento (T3) o tratamiento testigo presentó un 100% de cobertura en el suelo, además de contar con cobertura forestal.

Cuadro 1. Análisis estadístico de varianza de cobertura entre tratamientos (ANDEVA).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Cobertura	0.111	2	0.055	4.871	0.023
Total	0.281	17			

Para determinar si existe diferencias en la cobertura vegetal entre los tratamientos (Figura 5). Se analizó los datos aplicando estadística. Se realizó una prueba de normalidad con un nivel de confianza del 95%, lo que definió que los datos eran normales. Por tal motivo se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANDEVA). El resultado brindó un nivel de significancia menor a 0.05% por lo que la diferencia de medias de la cobertura entre los tratamientos fue significativa.

Cuadro 2. Resultados de la prueba post hoc Duncan.

Tratamientos	N	Grupo 1	Grupo 2
T2 (Control)	6	0.808	
T1 (Preventivo)	6	0.913	0.913
T3 (Testigo)	6		1.000
Significancia		0.108	0.179

Debido a que la prueba del análisis estadístico de varianza de un factor (ANDEVA) mostró que, si existe diferencia de la cobertura entre los tratamientos, se aplicó la prueba Duncan. Esta realizó una comparación de medias entre los distintos tratamientos. Se obtuvo como resultado que el tratamiento control (T2) es diferente al tratamiento testigo (T3), y que el tratamiento preventivo (T1) se relaciona con el tratamiento control de emergencia (T2) y testigo o bosque (T3). Se atribuyó que el nivel bajo de cobertura del tratamiento control (T2) provocó diferencia con el tratamiento testigo (T3) en los resultados. Por el contrario, la relación que existe del tratamiento preventivo (T1) con los demás tratamientos se le atribuyó a la aplicación de prácticas de aprovechamiento forestal. Se puede comprobar que, al aplicar prácticas de bajo impacto en el aprovechamiento forestal, las condiciones de cobertura y el suelo no se ven severamente afectados y por ende los procesos hidrológicos generan menor escurrimiento.

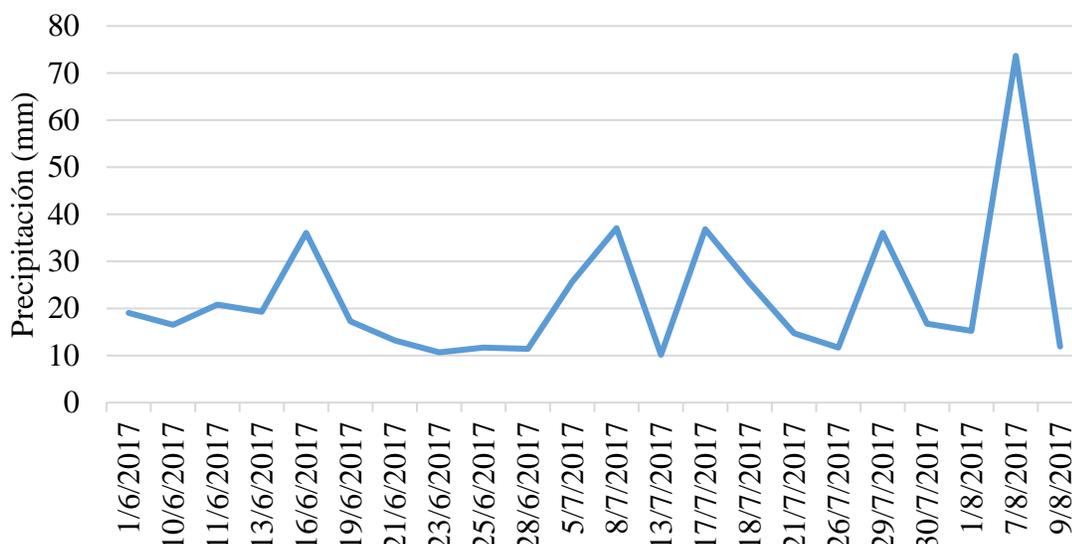


Figura 6. Precipitación registrada en el pluviómetro manual durante los meses de junio a agosto del 2017.

Escorrentía superficial. Durante el periodo de estudio el cual comprendió los meses de junio, julio y agosto del 2017 en el pluviómetro manual se registraron 22 eventos de precipitación (Figura 6). Todos los eventos generaron escorrentía superficial para cada tratamiento. Con los datos se determinó el coeficiente de escorrentía en porcentaje de cada tratamiento por evento (Figura 7).

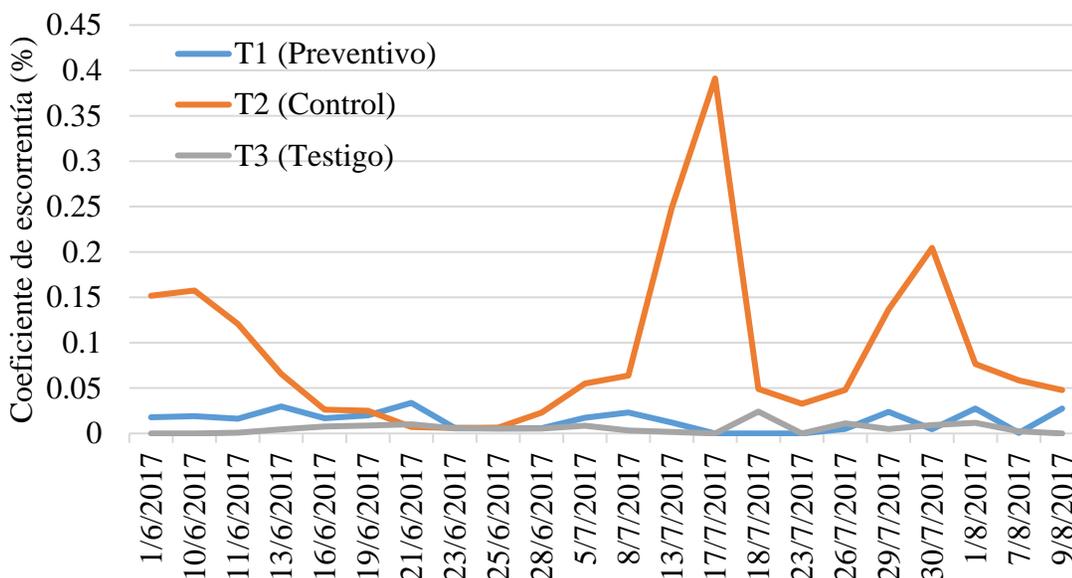


Figura 7. Coeficiente de escorrentía en porcentaje para cada evento de precipitación.

Al comparar el coeficiente de escorrentía para cada tratamiento (Figura 7), se observa que el tratamiento control (T2) presentó mayores coeficientes de escorrentía, siendo el máximo de 38%. El tratamiento preventivo (T1) en el que se aplicó el tratamiento preventivo en enero del 2017 presentó coeficientes de escurrimiento entre 0 a 3%. Al contrario, a los primeros dos tratamientos, el bosque (T3) sin intervención presenta coeficientes mínimos o casi nulos obteniendo coeficiente de escorrentía entre 0 a 1%.

Cuadro 3. Análisis estadístico de varianza Kruskal-Wallis para escorrentía superficial entre tratamientos.

Parámetros	Escurrimiento
Chi-cuadrado	34.83
gl	2
Significancia asintótica	0.00

Se analizó de manera estadística el coeficiente de escorrentía para todos los tratamientos (Cuadro 3). Se aplicó de una prueba de normalidad con un nivel de confianza del 95% y los datos no eran normales, por lo que se aplicó el análisis estadístico Kruskal-Wallis. El resultado fue < 0.05 , por lo que se rechazó la hipótesis nula la cual describe que no existe diferencia en el coeficiente de escorrentía entre tratamientos, aceptando la hipótesis alterna. Por lo tanto, si existe diferencia en el coeficiente de escorrentía entre los tratamientos.

Cuadro 4. Resultados de la prueba post hoc Dunn.

Tratamientos	Número de datos	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
T3 (Testigo)	22	395	17.955	A
T1 (Preventivo)	22	677	30.773	A
T2 (Control)	22	1139	51.773	B

Dado a que la prueba de Kruskal-Wallis mostró que existe diferencia entre los tratamientos, se aplicó la prueba Dunn. Esta realizó una comparación de medias entre los distintos tratamientos, obteniendo como resultado que solamente el tratamiento 2 difiere del tratamiento 1 y 3 en el coeficiente de escorrentía.

Este estudio demuestra que existe un aumento en la escorrentía superficial cuando el bosque es talado (Figura 8), al igual que los resultados de (Hong, 1978) y (Humphreys, 1991), (SEUNA, 1991) en su estudio realizado en Finlandia demuestra que al reducir o eliminar la cobertura boscosa en 55% la escorrentía media aumentaba entre un 15 a 20% sobre la media anual (Figura 7). De la misma manera coincide con el estudio de Dubón, (2015) el cual

menciona que al aplicar un tratamiento silvícola de corte selectivo no presentó valores significativos en un área, la cobertura no se verá afectada por lo que la escorrentía superficial.

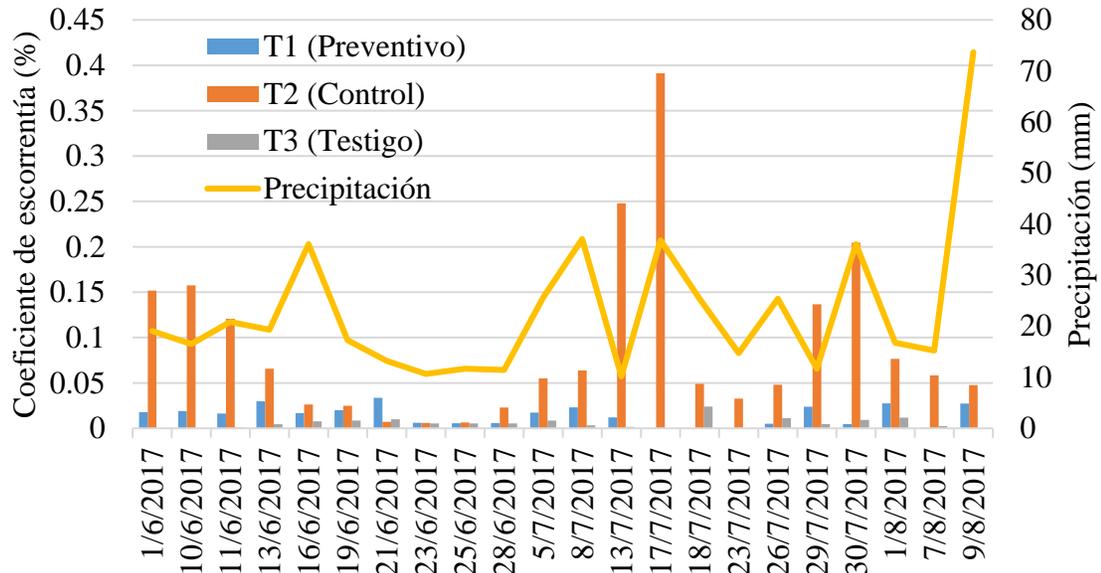


Figura 8. Precipitación y coeficientes de escorrentía por evento.

Intensidad. El día 17 de julio el tratamiento control de la emergencia (T2) presentó la intensidad máxima de 22 mm/h, con una precipitación de 37 mm generando un coeficiente de escorrentía de 39%. El 6 de agosto la intensidad máxima fue de 28 mm/h con una precipitación de 73 mm generando un coeficiente de escorrentía de 6%. Se comparó estos eventos y se le atribuyó al evento del 17 de julio la mayor cantidad de escorrentía superficial, debido a la saturación antecedente del suelo de días anteriores. Por el contrario, el suelo para el 6 de agosto no contenía saturación antecedente y el suelo se encontró seco, obteniendo niveles más bajos de escorrentía. Se atribuye a la saturación que presente el suelo. Al igual que (Ceballos, Schnabel, Gómez-Amelia y Cerdá, 1998) detallan en su estudio que coeficientes de escorrentía en un ambiente húmedo son mayores y mayormente duplican a valores obtenidos en un suelo seco.

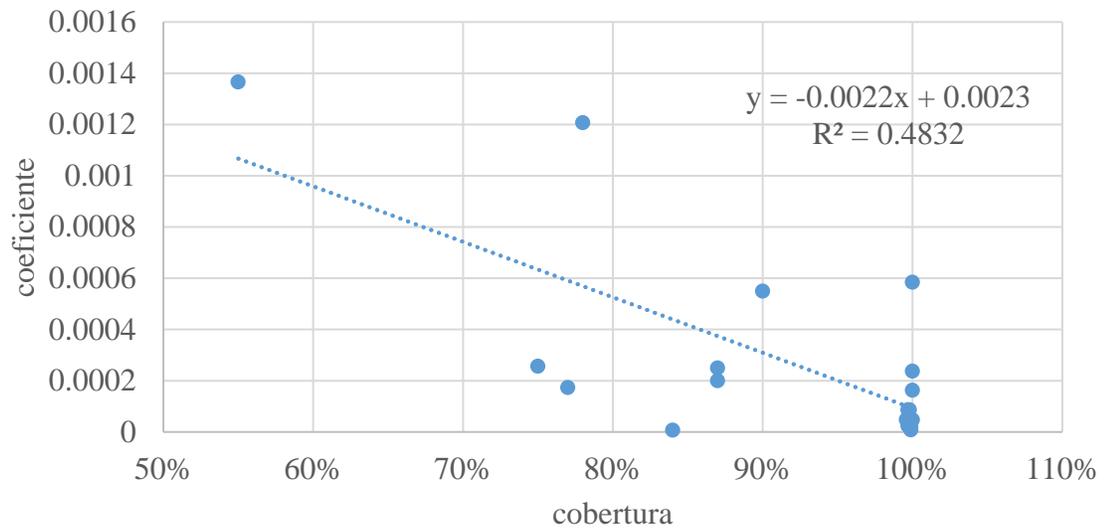


Figura 9. Correlación entre coeficiente de escorrentía y cobertura vegetal.

La línea de tendencia de la gráfica de correlación muestra una pendiente negativa en donde se puede apreciar que a mayor cobertura, menor escorrentía. El coeficiente de determinación (r^2) demuestra que la cobertura explica hasta el 48% de la varianza de la escorrentía. Aunque en algunos sitios la cobertura era del 100% se presentó escorrentía superficial debido a que varios puntos no se encontraron cubiertos por la misma cantidad de hojarasca o brinzales.

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento corte de emergencia (T2) el cual se aplicó para el control de *Dendroctonus frontalis* en octubre del 2016, mostró menor cobertura vegetal (81%) en el suelo, en comparación del tratamiento preventivo (T1) con (91%) de cobertura.
- El tratamiento preventivo planificado (T1) mostró un menor impacto en el suelo por su cobertura vegetal del 91% obteniendo menor escorrentía, la cual se atribuyó a la planificación previa y el buen manejo en la extracción forestal.
- El tratamiento de control de emergencia (T2) aplicado en octubre del 2016 presentó los niveles más altos de escorrentía (39%) generados por su baja cobertura (81%) en el evento de precipitación del 17 de julio.
- La humedad antecedente del suelo influye directamente en el coeficiente de escorrentía del suelo, a mayor saturación de suelo mayor es la escorrentía generada. El evento del 17 de julio aunque la intensidad fue menor de 22 mm/h el suelo generó 39% de escorrentía por la saturación del suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de sólidos suspendidos en la escorrentía por tratamiento, para cuantificar de esta manera el material suspendido que trae consigo la escorrentía superficial y determinar el tratamiento que más podría afectar además de la cantidad, la calidad del agua.
- Realizar un estudio comparativo cuantificando la regeneración de bosque después de uno y más años después de aplicado los tratamientos de control y prevención de la plaga de Gorgojo.
- Continuar este estudio ampliando el efecto de los tratamientos de prevención y control de gorgojo de pino en diferentes rangos de pendientes, diferentes tipos de suelos y periodos de tiempo mayores.
- Monitorear en escala mayor, por microcuencas, el caudal base en época seca en áreas afectadas por la plaga del Gorgojo para determinar el efecto en la disponibilidad de agua para consumo humano (Baharuddin, Nik-Muhamad, & Mokhtaruddin, 1996).

6. LITERATURA CITADA

- Acosta, A., y Kucharsky, O. (2012). Estudio edafológico y de cobertura para la modelación hidrológica con el modelo SWAT de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Valle del Yeguaré, Honduras: *Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/894/1/IAD-2012-T001.pdf>.
- Arévalo, G., y Gauggel, C. (2016). Manual de prácticas de laboratorio 2016. Tegucigalpa, Honduras: *LITHOCOM*.
- Aus der Beek, R., y Sáenz, G. (1992). Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica: *SERBIULA*, 3 (1), pp. 18-19.
- Ceballos, A., Schnabel, S., Gómez-Amelia, D., y Cerdá, A. (1998). Relación entre la escala espacial y escorrentía superficial en una pequeña cuenca hidrográfica semiárida ante condiciones contrastadas de humedad del suelo. Cáceres, España: *Cuaternario y Geomorfología*, 12 (2), pp. 63-75.
- Comisionado Nacional de los Derechos Humanos. (2016). Informe especial el gorgojo descortezador del pino y otras graves amenazas ambientales a la vida digna de los hondureños y hondureñas. Tegucigalpa, Honduras: *CONADEH*. Recuperado de: <http://conadeh.hn/wp-content/uploads/2016/05/Informe-Especial-Gorgojo-del-Pino-y-Amenazas-Ambientales.pdf>.
- Cordero, D. (2011). Los Bosques en América Latina. Quito, Ecuador: *Fundación Friedrich Ebert (FES-ILDIS)*. Recuperado de: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08364.pdf>.
- Croke, J., Fogarty, P., y Hairsine, P. (2001). Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time: *Forest Ecology and Management*, 143 (1), pp. 3-12.
- Duarte, E., Orellana, O., Maradiaga, I., Casco, F., Danhy, F., Jiménez, A., Milla, F., Emanuelli, P. (2014). Mapa forestal y de cobertura de la tierra de Honduras: Análisis de cifras nacionales. Antiguo Cuscatlán, El Salvador: *Programa Regional REDD/CCAD-GIZ*. Recuperado de: http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1697518440.pdf.

- Dubón, A. (2015). Efecto del aprovechamiento forestal en el dosel inferior y el suelo en la microcuenca Santa Inés. Valle del Yeguaré, Honduras: *Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4500/1/IAD-2015-009.pdf>.
- FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo? . Roma, Italia: *FAO* , 1 (2), pp. 10-30.
- Flórez, E., & Mairena, R. (2005). Diagnóstico de la situación forestal en bosques de pino en Honduras. Tegucigalpa, Honduras: *Rainforest alliance*. Recuperado de: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/FI%20C3%B3rez2005PinosHonduras.pdf>.
- Hamilton, L. (2009). Los bosques y el agua. Roma, Italia: *FAO*. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0410s/i0410s01.pdf>.
- Hong, A. (1978). Evaluation of the use of vegetative covers for soil conservation in FELDA. Singapur, Malasia: *Malaysian Agricultural Journal (Malaysia)*. 51, pp. 335-342.
- Huezo, L. (2011). Caracterización hidrológica y balance hídrico de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Valle del Yeguaré, Honduras: *Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/407/1/IAD-2011-T015.pdf>
- Humphreys, L. (1991). Tropical pasture utilization. Cambridge, UK: *Cambridge University Press*. pp. 202 .
- Kasran, B., Nik-Muhamad A., y Mokhtaruddin M. (1996). Effects of logging on soil physical properties in Peninsular. *Research Pamphlet*, 1(2), pp. 33-41.
- Lanza, G. (1999). Educación ambiental para el trópico de Cochabamba. Cochabamba, Bolivia: *FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/009/ah646s/AH646S00.htm>
- Madero, C., Paz, J., Galdames, J., y Cerrato, W. (2016). Poder Ejecutivo. La Gaceta Decreto N° 98-2007, pp. 4-17.
- Padilla G. (2003). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Honduras. Roma, Italia : *Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/007/j0607s/j0607s00.htm>.
- Pereira, L., Chapas, J., y Nájera, A. (2010). Lineamientos Técnicos de Manejo Forestal Sostenible para los Bosques Pino Encino de Mesoamérica. Ciudad de Guatemala, Guatemala: *TNC*. Recuperado de: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/407.pdf>.

- SEUNA, P. (1991). Effects of clear - cutting and forestry drainage on runoff in the numbers study. *Forestry Abstracts*, 52 (9), pp. 905.
- Soil Survey Staff, Natural Resources Conservation Service, y United States Department of Agriculture. (2006). Keys to soil taxonomy. United States: *Dept. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*.
- Vallejo, M. (2011). Evaluación preliminar sobre causas de deforestación y degradación de bosques en Honduras. Tegucigalpa, Honduras: *ECOJURIS*. Recuperado de: <http://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2015/08/Causas-de-la-deforestacion-y-degradacion-en-Honduras.pdf>.
- Zang, T., y Zhang, C. (1999). Function of forest litter in soil and water conservation. Nanjing, China: *Journal Nanjing Forestry University*, 23 (2), pp. 81-84.

7. ANEXOS

Anexo 1. Medición a través de la pendiente para su determinación.



Anexo 2. Medición del rango porcentual de pendiente.



Anexo 3. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 1 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.

Perfil No.: 1
Fecha de descripción: 14/08/2017
Ubicación: Santa Inés, Sibaja, Valle del Yeguaré, Honduras
Descrita por: Diego Gerardo Pilco Paladines
Posición Geomorfológica: Montañosa
Pendiente: 40 – 50 %
Uso de la tierra: Bosque de pino
Edad del cultivo: Pino en regeneración
Drenaje Natural: Rápido
Erosión: -
Humedad del suelo: Capacidad de campo
Régimen de humedad: Ustico
Régimen de temperatura: Isohipertérmico
Epipedón: Ocrico
Endopedón: -
Clasificación Taxonómica: Typic Haplustalf

	Horizonte	Profundidad	Caracterización
	A	0 – 48 cm	Color en húmedo 7.5YR 3/2 marrón oscuro; franco arcillo arenoso; estructura granular mediana moderada; raíces de todos los grosores frecuentes; poros gruesos tubulares frecuentes; muy friable; límite irregular y difuso.
	B	48 – 70 cm	Color en húmedo 5YR 4/4 marrón rojizo; franco arcillo; bloques subangulares medianos moderados; raíces medianas pocas; poros tubulares pocos finos; friable; límite irregular y difuso.
	Cr	70 – 90 x	Color en húmedo 5Y 6/8 amarillo oliva; arcillo limoso; bloques subangulares medianos moderados; no se encuentran raíces; poros tubulares pocos finos; friable; límite irregular y difuso.

Anexo 4. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 2 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.

Perfil No.: 2
Fecha de descripción: 14/08/2017
Ubicación: Santa Inés, Sibaja, Valle del Yeguaré, Honduras
Descrita por: Diego Gerardo Pilco Paladines
Posición Geomorfológica: Montañosa
Pendiente: 40 – 50 %
Uso de la tierra: Bosque de pino
Edad del cultivo: Pino en regeneración
Drenaje Natural: Rápido
Erosión: -
Humedad del suelo: Capacidad de campo
Régimen de humedad: Ustico
Régimen de temperatura: Isohipertérmico
Epipedón: Ocrico
Endopedón: -
Clasificación Taxonómica: Typic Haplustalf

	Horizonte	Profundidad	Caracterización
	A	0 – 22 cm	Color en húmedo 5YR 4/3 marrón rojizo; franco arcillo arenoso; estructura granular mediana moderada; raíces medianas muchas; poros tubulares muchos de todos los tamaños; friable; límite irregular y difuso.
	Bt	22 – 43 cm	Color en húmedo 5YR 4/4 marrón rojizo; franco arcillo arenoso; bloques subangulares medianos moderados; raíces medianas frecuentes; poros tubulares medianos frecuentes; friable; límite irregular y difuso.
	C	43 – 60 cm	Color en húmedo 5YR 6/8 amarillo rojizo; franco arcillo arenoso; bloques angulares medianos moderados; raíces muy finas pocas; poros tubulares medianos frecuentes; friable; límite irregular y difuso.
	Cr	60 – 80 x	Color en húmedo 5YR 5/6 rojo amarillento; franco arenoso; bloques angulares medianos moderados; no se encuentran raíces; no se encuentran poros; friable; límite irregular y difuso.

Anexo 5. Resultados de perfil de suelo del tratamiento 3 en Sibaja, Santa Inés, Valle del Yeguaré, Honduras.

Perfil No.: 3
Fecha de descripción: 14/08/2017
Ubicación: Santa Inés, Sibaja, Valle del Yeguaré, Honduras
Descrita por: Diego Gerardo Pilco Paladines
Posición Geomorfológica: Montañosa
Pendiente: 40 – 50 %
Uso de la tierra: Bosque de pino
Edad del cultivo: Pino en regeneración
Drenaje Natural: Rápido
Erosión: -
Humedad del suelo: Capacidad de campo
Régimen de humedad: Ustico
Régimen de temperatura: Isohipertérmico
Epipedón: Ocrico
Endopedón: -
Clasificación Taxonómica: Typic Haplustalf

	Horizonte	Profundidad	Caracterización
	A	0 – 18 cm	Color en húmedo 5YR 4/2 gris oscuro rojizo; franco arcillo arenoso; bloques subangulares medianos moderados; raíces de todos los grosores frecuentes; poros tubulares gruesos frecuentes; friable; límite irregular y difuso.
	B	18 – 36 cm	Color en húmedo 5Y 5/6 oliva; franco limoso; bloques subangulares medianos moderados; no se encuentran raíces; poros tubulares medianos frecuentes; suelto; límite irregular y difuso.
	Cr	36 – 66 x	Color en húmedo 5Y 6/8 amarillo oliva; franco limoso; bloques subangulares medianos moderados; no se encuentran raíces; poros tubulares finos pocos; suelto; límite irregular y difuso.

Anexo 6. Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos de la microcuenca Santa Inés, Sibaja, Honduras.

N°	Coordenadas X Y	H	Prof. (cm)	Color	Textura	Estructura	Consistencia	R.P	Poros	Raíces	Piedra/Roca	Límite
					T	G C	S H M	T F C	T C T	C T	C T	N
1	505729	1545690	A 0	48 7.5YR 3/2	FARa	g m m b	mf p	-	g t f	tg f p	f	i d
			B 48	70 5YR 4/4	FAR	m m b	f lp	-	f t p	m p m	f	i d
			Cr 70	90x 5Y 6/8	ArL	m m b	f lp	-	f t p	- m	f	i d
2	505685	1545184	A 0	22 5YR 4/3	FARa	g m m b	f np	-	n t m	m m	-	i d
			Bt 22	43 5YR 4/4	FARa	m m b	f lp	-	n t f	m f	-	i d
			C 43	60 5YR 6/8	FARa	m m b	f p	-	n t f	mf p	m	i d
			Cr 60	80x 5YR 5/6	FA	m m ld	f mp	-	- -	- m	f	i d
3	505461	154512	A 0	18 5YR 4/2	FARa	bsa m m b	f lp	-	g t f	tg f m	f	i d
			B 18	36 5Y 5/6	FL	bsa m m s	s lp	-	n t f	- g	m	i d
			Cr 36	66x 5Y 6/8	FL	bsa m m s	s p	-	f t p	- -	-	i d

Símbolos: Coordenadas (X,Y); H: horizonte. Prof: profundidad. Textura: F: franco, FA: franco arenoso, FAR: franco arcilloso, FARa: franco arcillo arenoso, AF: arena franca, Ar: arcilloso. FARL: franco arcillo limoso, ArL: arcillo limoso. Estructura: Tipo: g: granular, bsa: bloques subangulares, ba: bloques angulares, ma: masiva. Estructura: G: grado: d: débil, m: moderado, f: fuerte. Estructura: C: clase: t: todos los tamaños, mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos. Consistencia: S: seco, s: suelto, b: blando, ld: ligeramente duro, d: duro, md: muy duro, ed: extremadamente duro. Consistencia: H: húmedo, s: suelto, mf: muy friable, f: friable, fi: firme, mfi: muy firme. Consistencia: M: mojado, Peg: ligeramente pegajoso en mojado: np: no pegajoso, lp: ligeramente pegajoso, p: muy pegajoso. Plast: plasticidad en mojado: npl: no plástico, pl: plástico. R.P: Resistencia a la penetración (kg/cm²). Poros: T: tamaño: t: todos los tamaños, g: gruesos, m: medianos, f: finos, mf: muy finos, a: ausentes. Poros: F: forma: p: planares, v: vesiculares, t: tubulares, r: reticulares. Poros: C: cantidad: a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. Raíces: T: tamaño, tg: todos los grosos, mf: muy finas, f: finas, m: medianas, g: gruesas, mg: muy gruesas. Raíces: C: cantidad, a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. Piedra/Roca: T: tamaño, p: pequeño, m: mediano, g: grande. Piedra/Roca: C: cantidad, a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. Límite: T: topografía: p: plano, i: irregular, o: ondulado. Límite: N: nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto, g: gradual.

Anexo 6. Descripción de familia textural calicata 1.

Profundidad	Textura	Familia textural	Agrupación familia textural		
cm	Perfil				
0	FArA	F-	$\frac{(00-30)/(30-60)}{(60-90)/(90-120)}$		
5					
10					
15					
20					
25					
30					
35					
40					
45					
48					
50		FArRr		F-	$\frac{(F-)/(F-)}{(F+)}$
55					
60					
65					
70					
75	ArL	F+	$\frac{F-}{M}$		
80					
85					
90					
90					

Anexo 7. Descripción de familia textural calicata 2.

Profundidad	Textura	Familia textural	Agrupación familia textural
cm	Perfil		
0	FArA	F-	$\frac{(00-30)/(30-60)}{(60-90)/(90-120)}$
5			
10			
15			
20			
22			
25			
30	FArA		$\frac{(F-)/(F-)}{(M)}$
35			
40			
40			

Profundidad	Textura	Familia textural	Agrupación familia textural
43		F-	<u>F-</u> M
45	FArA		
50			
55			
60			
65	FA	M	
70			
75			
80			

Anexo 8. Descripción de familia textural calicata 3.

Profundidad	Textura	Familia textural	Agrupación familia textural
cm	Perfil		
0	FArA	F-	<u>(00-30)/(30-60)</u> <u>(60-90)/(90-120)</u>
5			
10			
15			
18			
20	FL		
25			
30			
35			
36			
40	FL	<u>F-</u> M	
45			
50			
55			
60			
65			M
66			

Anexo 9. Caracterización de cobertura en campo.

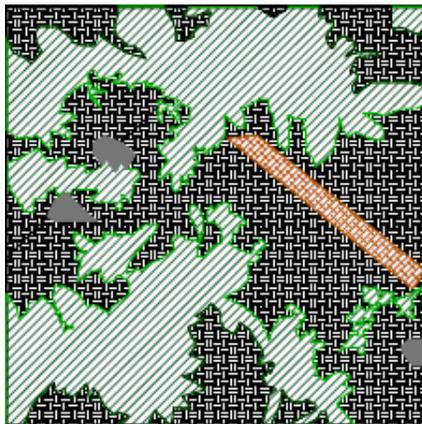


Anexo 10. Caracterización de cobertura en campo.

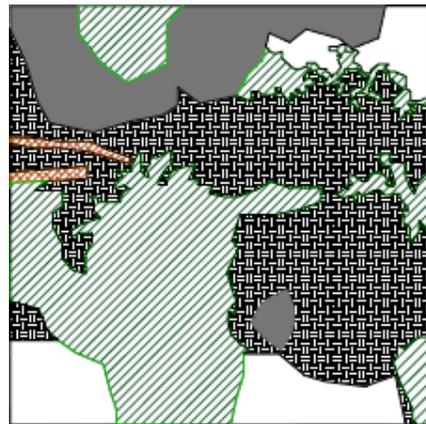


Anexo 11. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 1.

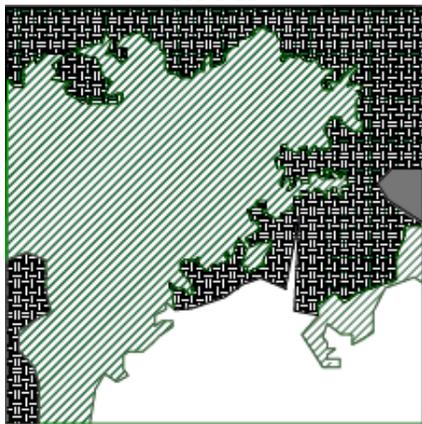
T1



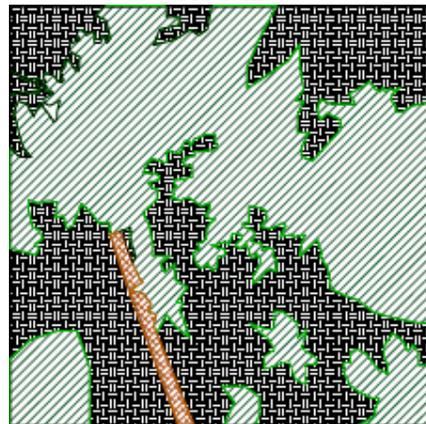
R1 M1



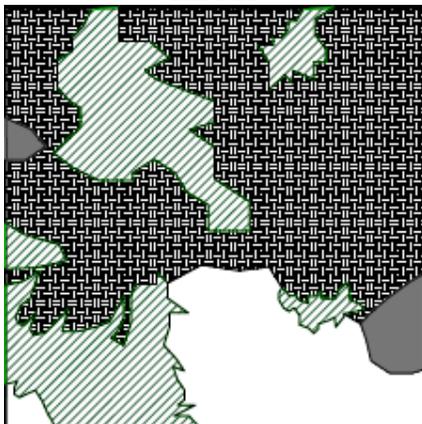
R1 M2



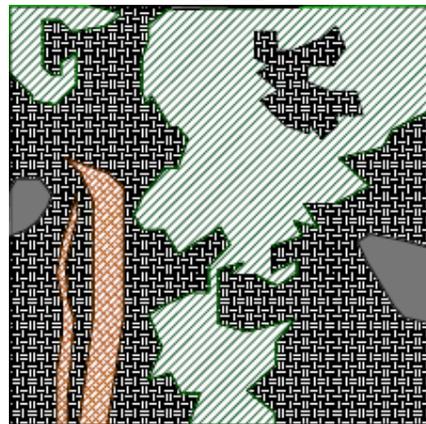
R2 M1



R2 M2



R3 M1



R3 M2



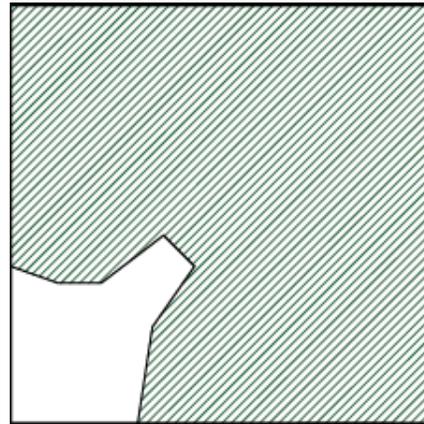
Símbolos: T: tratamieno; R: repetición (parcela); M: muestra.

Anexo 12. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 2.

T2



R1 M1



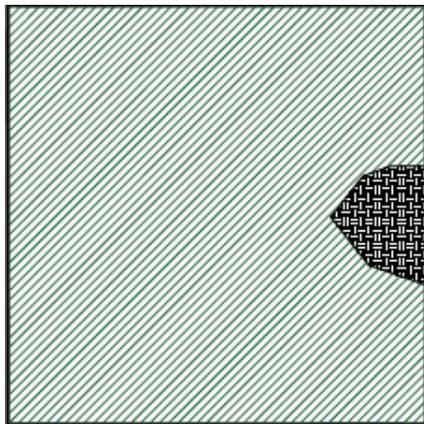
R1 M2



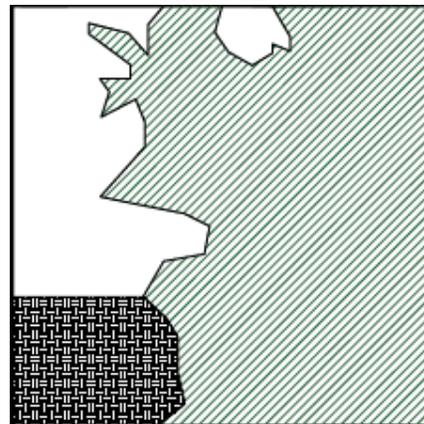
R2 M1



R2 M2



R3 M1



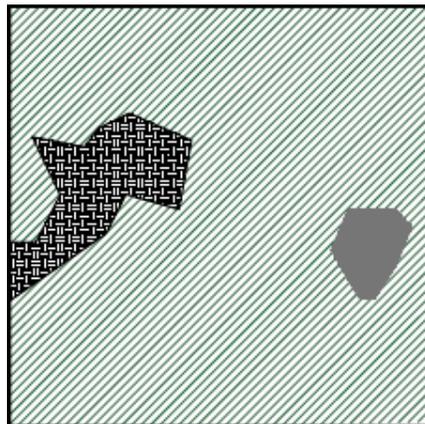
R3 M3



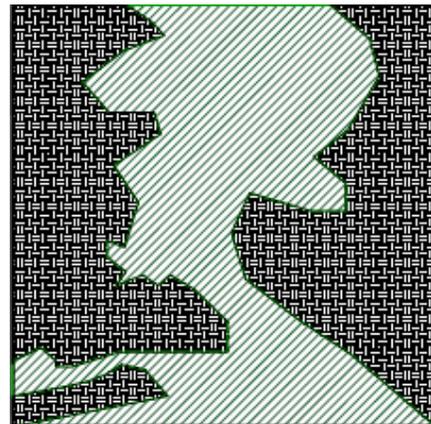
Simbolos: T: tratamieno; R: repetición (parcela); M: muestra.

Anexo 13. Caracterización de cobertura modelo digital tratamiento 3.

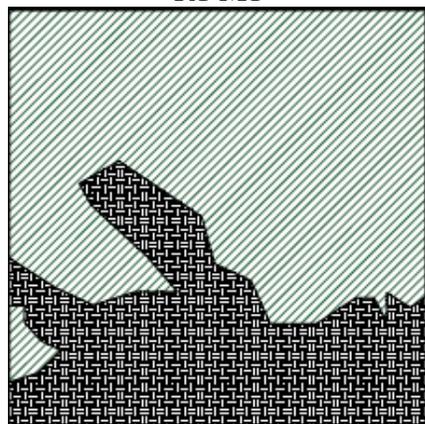
T3



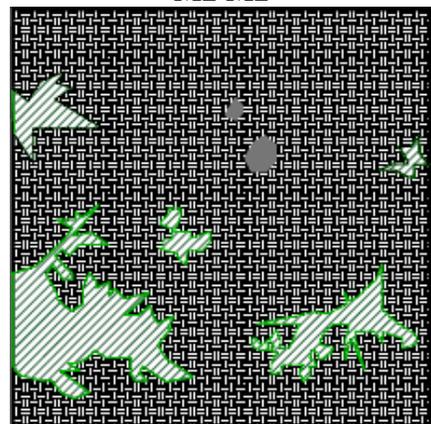
R1 M1



M2 M2



R2 M1



R2 M2



R3 M3



R3 M3



Simbolos: T: tratamieno; R: repeticin (parcela); M: muestra.

Anexo 14. Instalación de las parcelas.



Anexo 15. Parcela instalada en campo.



Anexo 16. Formulario para toma de datos en campo.

Número de Eventos	Fecha	Precipitación		Escurrentía en ml									Observaciones
				T1			T2			T3			
		Manual (in)	Digital	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													