

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
Caracterización de los cambios de uso en áreas afectadas por la
plaga del gorgojo descortezador del 2014 al 2018 en Yuscarán,
Honduras

Estudiante

Daniel Eduardo Amaya Mejía

Asesores

Alexandra Manueles, Mtr.

Juan Carlos Flores, Ph.D.

Julio Cesar Jut, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento de Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

| | |
|--|----|
| Índice de Cuadros..... | 4 |
| Índice de Figuras | 5 |
| Índice de Anexos..... | 6 |
| Resumen | 7 |
| Abstract..... | 8 |
| Introducción..... | 9 |
| Metodología..... | 11 |
| Sitio de Estudio | 11 |
| Cuantificación del Área de Pino Afectada por Plaga a Nivel Municipal..... | 13 |
| Priorización de un Área de Interés con Actores Claves de Yuscarán, Honduras | 13 |
| Cálculo de Porcentaje de Tasa de Cambio en la Microcuenca Priorizada | 15 |
| Resultados y Discusión..... | 17 |
| Cuantificación de la Afectación de Plaga en Bosque de Pino a Nivel Municipal | 17 |
| Evaluación del Cambio de Uso de Suelo en Parches Afectados por el Gorgojo Descortezador en el Municipio de Yuscarán..... | 18 |
| Detección de Cambios | 20 |
| Conclusiones | 24 |
| Recomendaciones..... | 25 |
| Referencias..... | 26 |
| Anexos..... | 29 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1 Criterios Principales para la Priorización de Cuencas planteados por el IDEAM (2002). | 14 |
| Cuadro 2 Áreas y porcentajes de usos y coberturas en zonas afectadas por el escarabajo descortezador en el municipio de Yuscarán | 18 |
| Cuadro 3 Áreas de los parches de gorgojo identificados dentro de la zona priorizada | 22 |
| Cuadro 4 Tasa de cambio de usos y coberturas del 2014 y 2018 dentro del área de interés | 22 |
| Cuadro 5 Matriz de cambios entre los años 2014 y 2018 dentro de los parches afectados por la plaga dentro del área de interés | 23 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ubicación de la zona de estudio | 11 |
| Figura 2 Proceso para la cuantificación del porcentaje de afectación de la plaga en el municipio de Yuscarán, Honduras | 13 |
| Figura 3 Proceso para la evaluación de cambio de uso del 2014 al 2018 en el área priorizada en Yuscarán, Honduras | 15 |
| Figura 4 Mapa de área afectada por gorgojo descortezador del 2014 al 2017 | 17 |
| Figura 5 Mapa de clasificación de uso de suelo en el área afectada por el gorgojo descortezador en el municipio de Yuscarán, 2014 | 19 |
| Figura 6 Mapa de clasificación de uso de suelo en el área afectada por el gorgojo descortezador en el municipio de Yuscarán, 2018 | 20 |
| Figura 7 Zona priorizada por actores clave para el desarrollo de la evaluación de cambios de usos en el área afectada por plaga en Yuscarán | 21 |

Índice de Anexos

| | |
|---|----|
| Anexo A Número de árboles afectados por municipio en periodo de diciembre 2019 a junio 2020 .. | 29 |
| Anexo B Matriz de transición de la zona priorizada por los actores claves | 30 |
| Anexo C Mapa presentado en la reunión con actores claves para establecer lógica de importancia en un sitio..... | 31 |
| Anexo D Reunión con actores claves | 32 |
| Anexo E Identificando zona priorizada por actores clave..... | 33 |
| Anexo F Mapa de cobertura y uso de suelo en el área priorizada por actores claves del 2014 | 34 |
| Anexo G Mapa de cobertura y uso de suelo en área priorizada por actores claves del 2018..... | 35 |
| Anexo H Usos y cobertura del municipio del 2014 | 36 |
| Anexo I Usos y cobertura del municipio del 2018 | 37 |
| Anexo J Fotografías de visita en campo del presente año..... | 38 |
| Anexo K Fotografías de visita en campo del presente año..... | 39 |

Resumen

En Honduras, los bosques de pino son afectados por el ataque del gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis*), el cual ha causado las mayores pérdidas en la cobertura forestal hondureña. En el municipio de Yuscarán se registró la presencia del género *Ips* spp. En esta investigación se cuantificó el área afectada por la plaga para todo el municipio. Asimismo, se priorizó un área específica más pequeña dentro del municipio, en la cual, se realizó una evaluación de los cambios de uso de suelo entre los años 2014 y 2018 usando como base los mapas de usos y coberturas de Honduras. Se obtuvieron datos de la tasa de cambio de uso de suelo por medio de una ecuación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) misma que ayuda a comprender el comportamiento de las coberturas. Posteriormente, se obtuvieron las transiciones entre las clases de usos y coberturas utilizando la matriz de Márkov para los años 2014 y 2018 del área específica priorizada. La fuente de datos son los mapas de usos y coberturas que se encuentran en el geoportal del Instituto de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) y de la plataforma Agua de Honduras. Debido al acontecimiento del fenómeno de El Niño en el 2014 los bosques de pinos quedaron vulnerables al ataque del gorgojo, infestando a más de 9,000 hectáreas en el municipio de Yuscarán al 2018.

Palabras clave: Cobertura, expansión agrícola, matriz de transición, tasa de cambio

Abstract

In Honduras, pine forests are affected by the attack of the bark beetle (*Dendroctonus frontalis*), which has caused the greatest losses in Honduran forest cover. In the municipality of Yuscarán, the presence of the genus *Ips* spp. was recorded. In this research, the area affected by the pest was quantified for the entire municipality. Likewise, a smaller specific area within the municipality was prioritized, in which, an evaluation of land use changes between the years 2014 and 2018 was carried out using the maps of uses and coverages of Honduras as a base. Data on the rate of land use change was obtained using an equation proposed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), which helps to understand the behavior of land cover. Subsequently, transitions between land use and land cover classes were obtained using the Markov matrix for the years 2014 and 2018 for the specific prioritized area. The data source is the maps of uses and coverages found in the geoportal of the Institute of Forest Conservation, Protected Areas and Wildlife (ICF) and the Agua de Honduras platform. Due to the El Niño event in 2014, pine forests were left vulnerable to weevil attack, infesting more than 9,000 hectares in the municipality of Yuscarán as of 2018.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: Agricultural expansion, coverage, exchange rate, transition matrix.

Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) generan información para la toma de decisiones. Los SIG están compuestos por equipos, programas, datos y usuarios, que capturan, almacenan, administran y analizan información digital para representar datos alfanuméricos en mapas estadísticos o dinámicos (López Trigal, 2015). Por lo tanto, determinar los cambios de uso de suelo a través de la percepción remota y el uso de estas herramientas de análisis que ofrecen los SIG para modelar los procesos de cambio, es considerada muy eficaz para la comprensión de la dinámica de cambio de un sitio (Pineda Pastrana, 2011).

La cobertura forestal hondureña es de 6,314,814.59 ha distribuidas en bosques latifoliados, de coníferas y de mangle, según datos publicados por el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (2021). Así mismo, datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (2018), revelan que los bosques de coníferas representan el 36.6% del total de la superficie forestal, aproximadamente 1,972,675 ha. Estos bosques son conformados por especies del género *Pinus* y además se encuentran entre los 200 hasta los 4,200 msnm. Suelen ubicarse en suelos pedregosos, de pendientes accidentadas, de escasa profundidad y la biomasa que se genera es importante para la industria forestal del país (Flórez y Mairena, 2005).

La reducción de la cobertura forestal es influenciada por diversos factores, por ejemplo, los desastres naturales, la agricultura y la expansión urbana no planificada agotan dicho recurso volviéndolo más vulnerable (Vignola et al., 2015). Además, la mortalidad generada por el estrés fisiológico, las plagas y los incendios forestales causados por el cambio climático sirven como indicadores para estimar la susceptibilidad de los bosques ante estos fenómenos (Allen et al., 2010).

Los incendios forestales son considerados como un problema ambiental cíclico importante (Comisionado Nacional de los Derechos Humanos [CONADEH], 2015) y las afectaciones causadas por el ataque de plagas son causas que también contribuyen a la pérdida de bosques de pino en Honduras. Actualmente, el gorgojo descortezador ha generado muchos daños, registrando durante los últimos

veinte años más de 500 mil hectáreas de bosques infestados que contribuyen a su vez con la pérdida de la cobertura, cambios en propiedades físico químicas y biológicas del suelo, el deterioro de las fuentes hídricas, la pérdida de la biodiversidad y considerando que, aunque los incendios causen serios estragos, el gorgojo del pino genera las mayores pérdidas socioeconómicas y ambientales (Comité Nacional de Protección Forestal [CONAPROFOR], 2021).

El *Dendroctonus* spp. es la principal plaga de los pinares de Belice, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras (Billings et al., 2004; Machín de Oñoro, 1991). En Honduras, hay registros que datan de 1962 hasta la actualidad (Administración Forestal del Estado Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal [AFE-COHDEFOR], 2002). Una hipótesis que se maneja es sobre la incidencia directa de las condiciones climáticas con el crecimiento poblacional del gorgojo, sin embargo, estas alteraciones afectan más al ecosistema de pino sometiéndolo a estrés principalmente en la época seca (Rivera Rojas et al., 2010).

Esta investigación evaluó el cambio de uso de suelo, definiendo este hecho como la transformación que ocurre en un ecosistema terrestre, causado por la intervención de fenómenos naturales o antrópicos. De acuerdo con Falcón García (2014), “el cambio del uso del suelo resulta de los asentamientos y las actividades productivas que se desarrollan sobre la cobertura del suelo para satisfacer las necesidades antrópicas” (p. 5). Así mismo, es posible inferir sobre el uso del suelo a partir de las cubiertas (Larrazábal et al., 2014). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar los cambios de uso en áreas afectadas por la plaga del gorgojo descortezador en el período del 2014 al 2018 en Yuscarán, El Paraíso, Honduras. En ese contexto, los objetivos específicos fueron los siguientes:

Cuantificar la afectación de la plaga del gorgojo descortezador a los bosques de pino en el periodo de 2013 al 2017, en el municipio de Yuscarán.

Identificar los cambios de uso y cobertura en los parches afectados por la plaga del 2014 al 2018 en una zona de interés del municipio de Yuscarán.

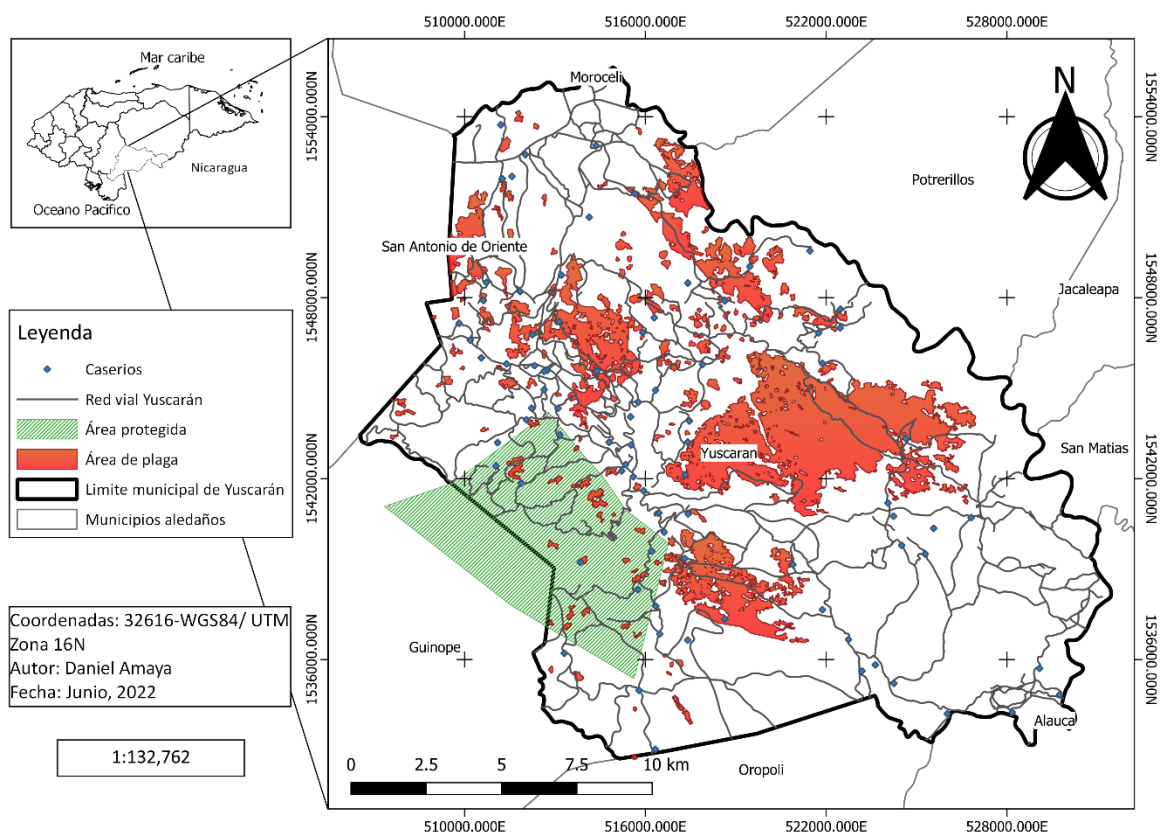
Metodología

Sitio de Estudio

La evaluación del área afectada por el gorgojo descortezador se llevó a cabo en el municipio de Yuscarán, El Paraíso, localizado a 65 kilómetros de la capital de Honduras (Figura 1). De acuerdo con el mapa forestal y de cobertura presentada en el atlas municipal de Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (2015), el municipio tiene una superficie total de 348.90 km², de los cuáles, el 40.7% representa bosques de coníferas ralo y denso.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Esta investigación se dividió en dos fases, la primera corresponde a la cuantificación del área de gorgojo en el municipio de Yuscarán o el porcentaje de bosque de conífera que fue afectado a nivel municipal. La segunda fase consistió en la evaluación de los cambios y transiciones de usos y coberturas en un área específica seleccionada por los actores claves en el municipio. Inicialmente, se realizó la descarga de las capas ráster de usos y cobertura del 2014 y 2018, y el mapa de área plagada de los años 2013 al 2017, que se encuentran disponibles en el geo portal del sector forestal de la república de Honduras.

Es importante mencionar que para la creación del mapa Forestal y de Cobertura de la Tierra de la República de Honduras de 2014 y de 2018, la metodología con la que se generaron los mapas, fueron adaptadas al sistema internacional de clasificación de “Corine Land Cover”, el cual se encuentra dentro del programa “CORINE” (“Coordination of Information on the Environment”), promovido por la Comisión de la Comunidad Europea. Dichos mapas fueron creados como una herramienta para la planificación y toma de decisión en el ordenamiento del sector forestal hondureño. La principal ventaja de ambos mapas es la alta resolución que poseen las imágenes satelitales usadas en ambos años, aunque son de diferentes fuentes (RapidEye y Sentinel) (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], 2018).

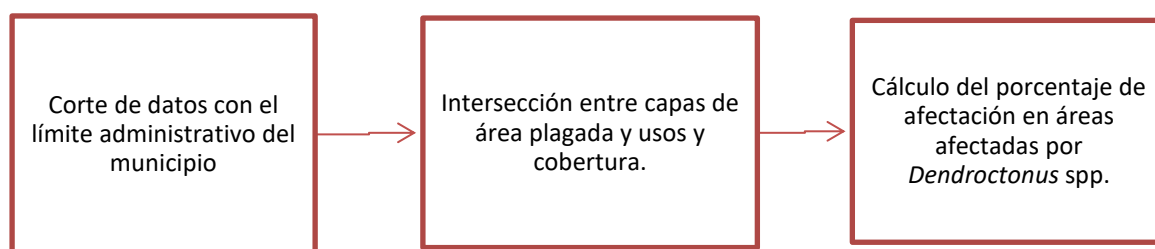
En este estudio, se realizó una primera fase con el fin de cuantificar del área de gorgojo en el municipio de Yuscarán o el porcentaje de bosque de conífera que fue afectado. La segunda fase consistió en la evaluación de los cambios y transiciones de usos y coberturas en un área específica seleccionada por los actores claves en el municipio. Durante el desarrollo de los mapas, se trabajó con un sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) y geográficas Latitud/Longitud WGS-84. El procesamiento de los datos se realizó con el programa Libre y de Código Abierto (FOOS) llamado QGIS versión 3.22.1®.

Cuantificación del Área de Pino Afectada por Plaga a Nivel Municipal

En la primera fase, se extrajo la información de los mapas con el límite administrativo del municipio, usando la herramienta de corte del programa QGIS v3.22.1[®]. Esto se realizó con el fin de obtener en formato vectorial las áreas plagadas con los usos y cobertura dentro del municipio. Se utilizó la herramienta de intersección entre el área plagada y la cobertura para obtener el área de las capas y así realizar el cálculo del porcentaje de afectación a nivel municipal (Figura 2).

Figura 2

Proceso para la cuantificación del porcentaje de afectación de la plaga en el municipio de Yuscarán, Honduras



Priorización de un Área de Interés con Actores Claves de Yuscarán, Honduras

Para identificar una zona de importancia dentro del municipio y así realizar la evaluación del cambio de uso de suelo, se hizo una reunión con actores claves para la obtención de información que permitiera definir las zonas de mayor interés. Se consultó con dos miembros de la Fundación Yuscarán a los cuales se les presentó los criterios de priorización de estudios planteados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2002). Los criterios seleccionados se mencionan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Criterios Principales para la Priorización de Cuencas planteados por el IDEAM (2002).

| Componente | Factor | Criterio |
|-----------------------------------|--|---|
| Hidrológico/ físico | Demanda y oferta hídrica | A mayor índice de escasez, mayor prioridad. |
| Tecnológico/económico | Oferta y demanda de bienes y servicios de la cuenca | A mayor déficit entre oferta y demanda, mayor prioridad. |
| Físico/biótico | Presencia y estado de ecosistemas estratégicos | A mayor presencia de ecosistemas estratégicos, mayor prioridad. |
| Sociocultural | Conflicto por uso de agua | A mayor número de conflictos por uso, mayor prioridad. |
| Político institucional | Existencia y/o potencial de coordinación interinstitucional e intersectorial para el ordenamiento de la zona | A mayor proporción de recursos disponibles, mayor prioridad. |
| Componente Hidrológico/ físico | Factor Demanda y oferta hídrica | Criterio A mayor índice de escasez, mayor prioridad. |
| Tecnológico/económico | Oferta y demanda de bienes y servicios de la cuenca | A mayor déficit entre oferta y demanda, mayor prioridad. |
| Físico/biótico | Presencia y estado de ecosistemas estratégicos | A mayor presencia de ecosistemas estratégicos, mayor prioridad. |
| Sociocultural | Conflicto por uso de agua | A mayor número de conflictos por uso, mayor prioridad. |
| Político institucional | Existencia y/o potencial de coordinación interinstitucional e intersectorial para el ordenamiento de la zona | A mayor proporción de recursos disponibles, mayor prioridad. |

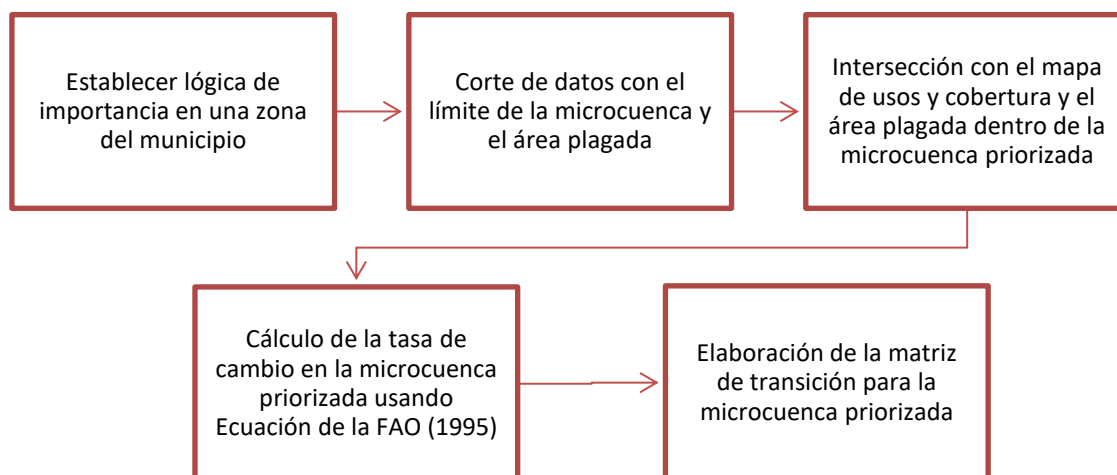
En la reunión que fue realizada el día 01 de febrero del año 2022 (Anexos), a los actores clave se les presentó los objetivos del estudio y se les mencionó una descripción de los criterios mencionados en el Cuadro 1. Posteriormente, y de acuerdo con las opiniones brindadas por asistentes, se seleccionó el criterio hidrológico y el factor de demanda y oferta hídrica como los de mayor importancia para la comunidad. Estos fueron seleccionados dado que, en primer lugar, fueron observados los mapas de usos y de afectación de la plaga a nivel municipal y relacionados con la disminución en las fuentes de captación de agua en el Noroeste del municipio. Seleccionaron la

microcuenca ubicada entre las aldeas de Las Dantas y La Fátima y con código 1910015 en la Plataforma Agua de Honduras.

Continuando con el plan de análisis de datos para la segunda fase (Figura 3), se procedió a usar las capas del área plagada y de los límites de la microcuenca priorizada por los actores clave. Para obtener la capa de área plagada dentro de la microcuenca, se usó como capa de entrada el mapa de usos y cobertura del 2014 y 2018 y como capa de superposición la del área plagada respectivamente, obteniendo como resultado los usos y cobertura que han sido afectados dentro de la microcuenca priorizada. Luego se hizo la intersección para obtener las respectivas áreas que son utilizadas para el cálculo del porcentaje de la tasa de cambio y la matriz de transición que se explican más adelante.

Figura 3

Proceso para la evaluación de cambio de uso del 2014 al 2018 en el área priorizada en Yuscarán, Honduras



Cálculo de Porcentaje de Tasa de Cambio en la Microcuenca Priorizada

Esta cuantificación se realizó durante el período del 2014 al 2018, gracias a la disponibilidad de información para estas fechas, provenientes de bases datos e informes del geoportal del ICF. A partir de las categorías de usos de cada año se reorganizaron las clases para generar un sistema de clasificación homogéneo, para ello se utilizó el esquema de clasificación del mapa forestal y de

cobertura de la tierra de Honduras (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], 2018), siendo estas clases las siguientes: bosques, agroforestales, agropecuario y otros usos. Posteriormente, se calculó el porcentaje de la tasa de cambio de uso de suelo en el área que fue afectada por el gorgojo dentro de la microcuenca priorizada, para esto se utilizó la Ecuación 1 propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1996), la cual permitió calcular el porcentaje de cambio en función del área total priorizada. Esta ecuación fue producto de un modelo obtenido por las condiciones primarias, secundarias y la dinámica de las coberturas leñosas (Velázquez et al., 2002).

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad [1]$$

Donde δ es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicarlo por 100). S_1 superficie en la fecha 1, S_2 Superficie en la fecha 2 y n es el número de años entre las dos fechas.

Se hizo la intersección con la herramienta de superposición vectorial entre los usos del año 2014 y con el mapa de usos del 2018. Luego, con los datos de la capa resultante se obtuvo las cifras que ingresarían al análisis de las transiciones que sucedieron entre 2014 y 2018. Posteriormente, se procedió a analizar los cambios de cobertura que ocurrieron por medio de la matriz de transición de Márkov, la cual consiste en una tabla con arreglo simétrico con uno de los ejes respectivo para la cobertura y uso de suelo para el año base y, en su otro eje se ubica las mismas clases respectivas para el último año. Finalmente, cada una de las celdas de la diagonal principal representan la superficie que permanece sin cambio en el período evaluado, mientras que el resto de las celdas indican la superficie que paso a otra clase de cobertura o de uso de suelo (Aaviksoo, 1995; Bocco et al., 2001).

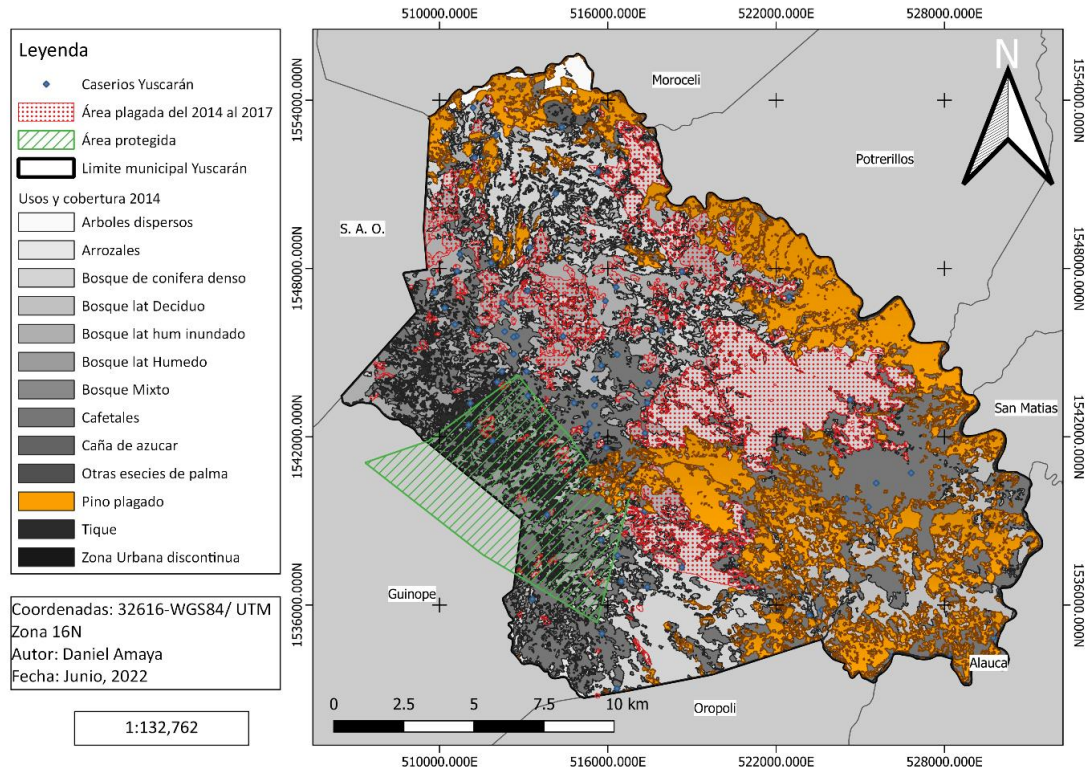
Resultados y Discusión

Cuantificación de la Afectación de Plaga en Bosque de Pino a Nivel Municipal

De acuerdo con los datos en los mapas de cobertura del ICF en el 2014 ya habían 6,269.861 ha de pino plagado y quedaban 7,973.661 ha de bosque de coníferas restante sin presencia de plaga. Sin embargo, el 45% de este hábitat fue registrado con afectación a partir de esa fecha hasta el 2017, en otras palabras, el grado de afectación incrementó 3,596.443 ha más, teniendo un total de 11,570.104 ha afectadas al 2018 (Figura 4). Este hecho se refleja en el Informe Descriptivo de Actividades de Control de Gorgojo Descortezador del Pino realizado por Alianza Fundación Yuscarán (2020), detallando que, de los cuatro municipios evaluados, Yuscarán es el que tuvo un índice mayor de afectación (Anexo A).

Figura 4

Mapa de área afectada por gorgojo descortezador del 2014 al 2017



Evaluación del Cambio de Uso de Suelo en Parches Afectados por el Gorgojo Descortezador en el Municipio de Yuscarán

La cobertura en el mapa del 2014 está ligada con el comportamiento de la plaga porque las larvas minan la corteza de los árboles, solo atacando a pinos (coníferas) y no a latifoliados. Sin embargo, se observó que dentro de los límites del área afectada por la plaga hay clases de usos y coberturas no clasificadas como bosque de pino, pero pudieron tener presencia de individuos de estas especies de coníferas (Duarte et al., 2014). Así mismo, en el 2018 un 56.95% del área afectada por la plaga sufrió cambios en su cobertura en comparación con el año 2014. Por lo tanto, uno de los cambios de uso presente en este periodo es el sector agropecuario con la aparición del 8%, respectivamente destinados a pastos y cultivos con 469.218 ha que no estaban presentes en el 2014 en el municipio de Yuscarán, Honduras (Cuadro 2).

Cuadro 2

Áreas y porcentajes de usos y coberturas en zonas afectadas por el escarabajo descortezador en el municipio de Yuscarán

| Clase | 2014 (ha) | 2014 (%) | 2018 (ha) | 2018 (%) |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Bosque latifoliado | 0.187 | 0.004 | 509.531 | 9.588464 |
| Bosque mixto | 53.451 | 1.006 | 26.322 | 0.495333 |
| Bosque latifoliado húmedo inundado | 1,650.486 | 31.059 | 17.62 | 0.331577 |
| Bosque de conífera denso | 3,593.573 | 67.625 | 1,731.101 | 32.57623 |
| Tique | 0.895 | 0.017 | - | - |
| Cafetales | 15.303 | 0.288 | 2.885 | 0.054291 |
| Zona urbana discontinua. | 0.002 | 0.000 | 0.007 | 0.000132 |
| Bosque de conífera ralo | - | - | 2,176.053 | 40.94944 |
| Árboles dispersos | - | - | 23.343 | 0.439274 |
| Vegetación secundaria | - | - | 350.44 | 6.594656 |
| Pastos y cultivos | - | - | 469.218 | 8.829846 |
| Suelo desnudo continental | - | - | 7.296 | 0.137298 |

En las Figuras 5 y 6, se observan los mapas de clasificación de uso de suelo y cobertura del área afectada por la plaga del gorgojo descortezador respectivamente de los años 2014 y 2018. En

estos escenarios se observó que, en la misma área, han cambiado las coberturas y hay presencia de nuevos usos de suelo respectivamente.

Figura 5

Mapa de clasificación de uso de suelo en el área afectada por el gorgojo descortezador en el municipio de Yuscarán, 2014

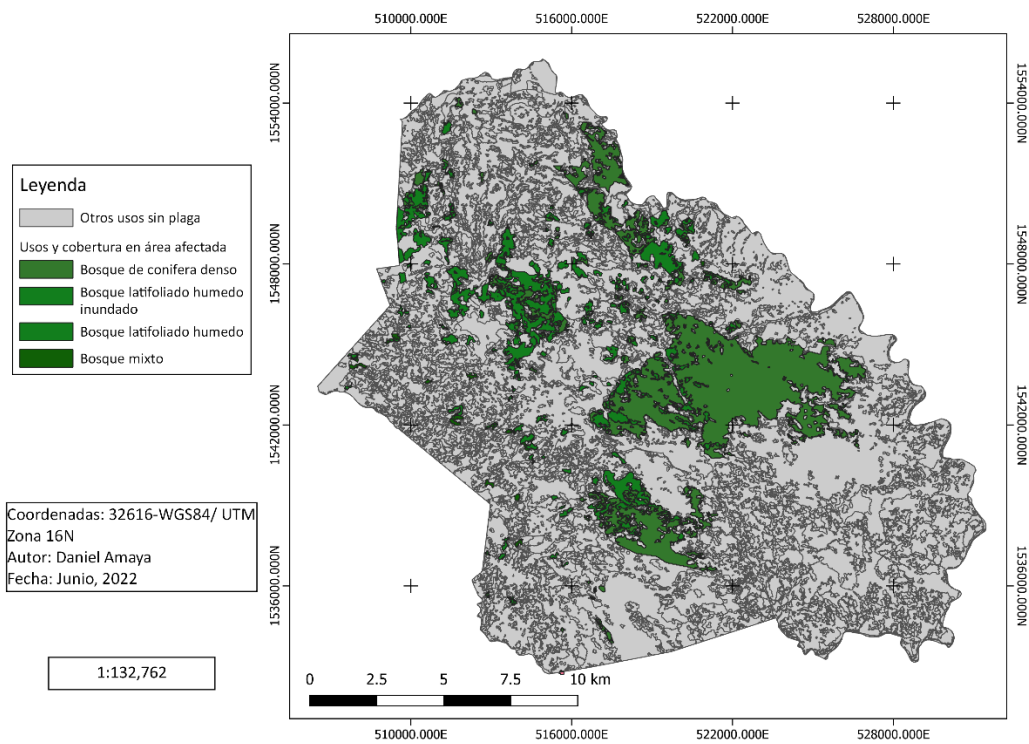
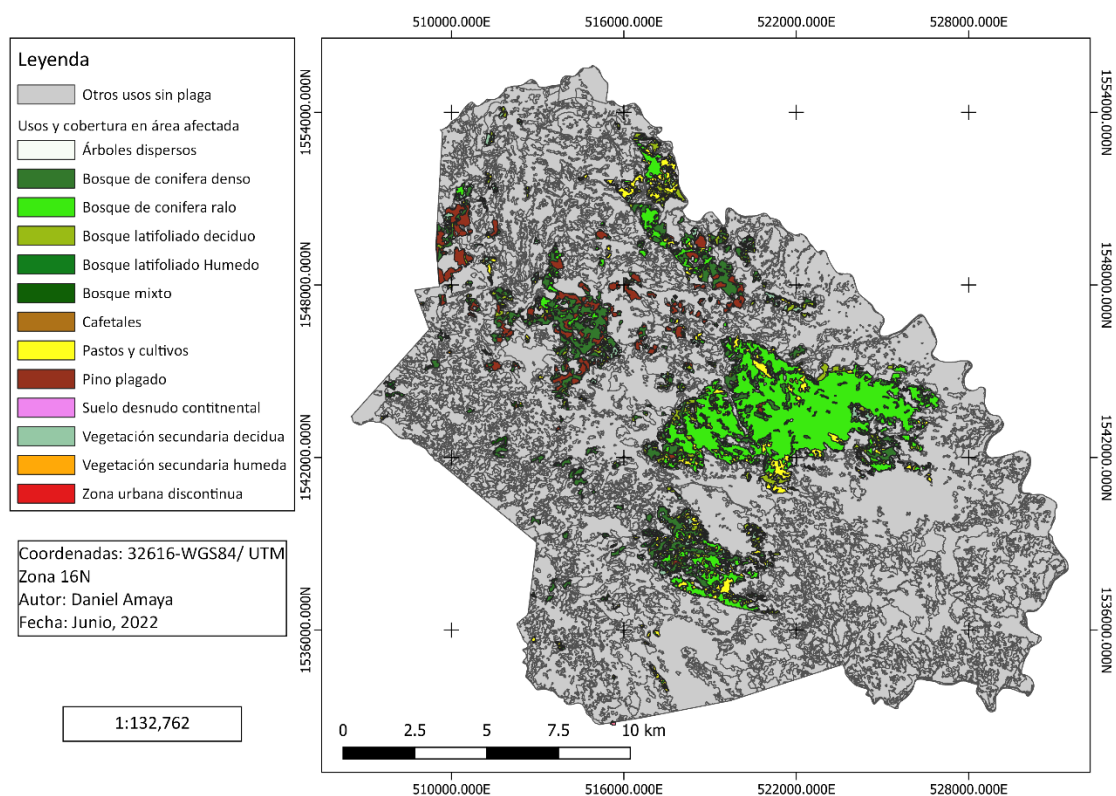


Figura 6

Mapa de clasificación de uso de suelo en el área afectada por el gorgojo descortezador en el municipio de Yuscarán, 2018

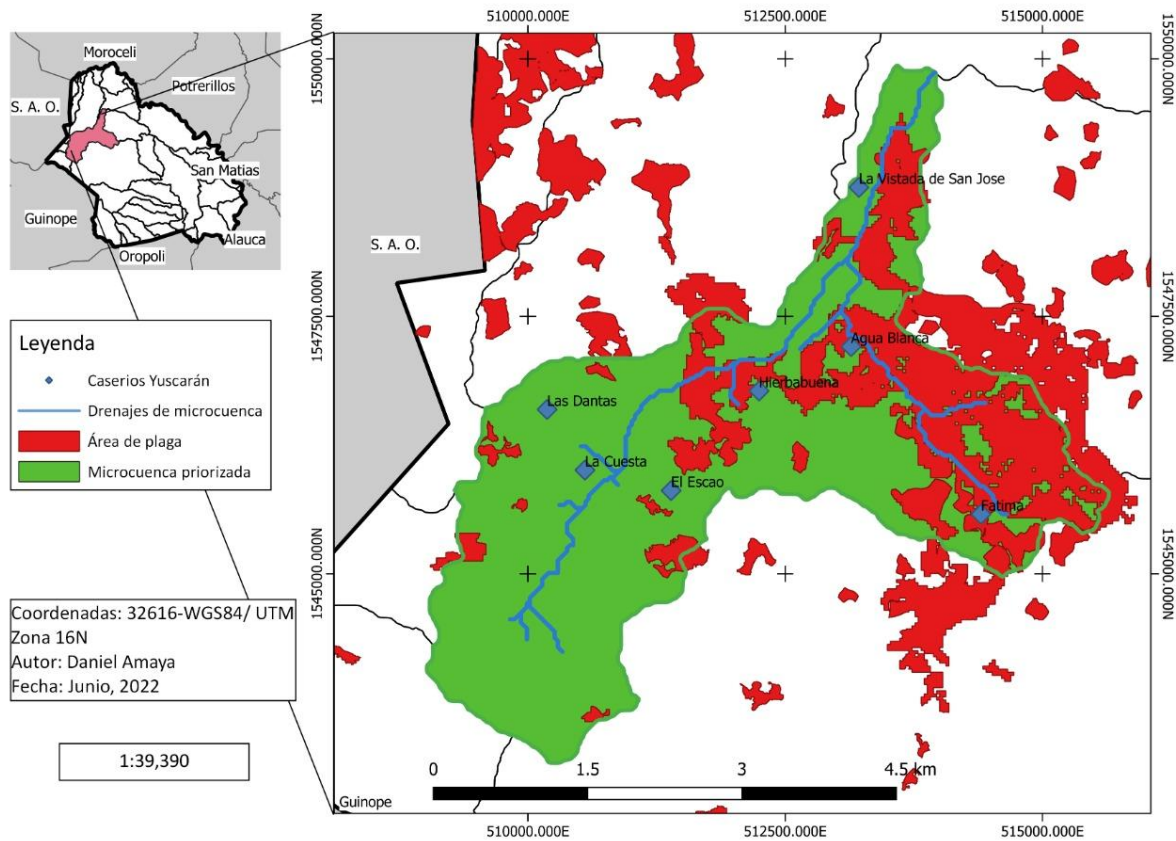


Detección de Cambios

Con la información proporcionada durante la reunión con actores claves y la información obtenida de los mapas de uso y cobertura de suelo de los años 2014 y 2018, se realizó la evaluación de los cambios en las aldeas de Agua Blanca, Hierba Buena, Las Dantas, La Cuesta, El Escao y la comunidad La Fátima. Las cuales han están ubicadas dentro de la microcuenca con código de identificación 1910015 (Figura 7), que posee un área de 1,591.6795 ha. Dichas capas de microcuencas utilizadas se encuentran disponibles en la plataforma Agua de Honduras, mismas que fueron desarrolladas en el marco del proyecto Sistema de Apoyo a la Planificación Hídrica Local en Honduras (Water Planning System-WPS) (Monserrate et al., 2017).

Figura 7

Zona priorizada por actores clave para el desarrollo de la evaluación de cambios de usos en el área afectada por plaga en Yuscarán



En la microcuencia priorizada, se observó un grupo conformado por diez parches dentro del área afectada por el gorgojo descortezador. La mayor cantidad de parches de gorgojo se concentraron en la parte alta del Este de la microcuencia, y los cambios que llegaran a ocurrir en su uso se pueden traducir en pérdidas de suelo, fertilidad y afectación en el ciclo hidrológico (Kelly, 2001). Así mismo, el 50% de estos parches tienen un área superior a tres hectáreas (Cuadro 3), esto puede causar a su vez un proceso de fragmentación del bosque y así afectar la conectividad biológica y a otros factores de importancia hídrica en la microcuencia.

Cuadro 3

Áreas de los parches de gorgojo identificados dentro de la zona priorizada

| Id de parche | Número de parche | Área en ha |
|--------------|------------------|------------|
| 51 | 1 | 2.065 |
| 52 | 2 | 9.777 |
| 47 | 3 | 5.734 |
| 55 | 4 | 1.038 |
| 58 | 5 | 2.214 |
| 53 | 6 | 5.472 |
| 54 | 7 | 2.249 |
| 69 | 8 | 0.13 |
| 59 | 9 | 3.3 |
| 63 | 10 | 422.563 |

En el cuadro 4, se presenta la estimación de las tasas de cambio basadas en la comparación entre los usos y coberturas de los años 2014 y 2018, utilizando la fórmula establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995). Las clases que pertenecen al grupo de bosques tuvo un cambio del 99.71% de cobertura en el 2014 a 92.68% en el 2018. Así mismo, se obtuvo que en el transcurso del periodo de cuatro años hubo un cambio de uso, siendo la clase de agropecuario con una presencia de 9.287 ha que no existían en el 2014 dentro del área de interés evaluada. Los valores en negativo describen las pérdidas y por el contrario los valores positivos representan las ganancias (Velázquez et al., 2002).

Cuadro 4

Tasa de cambio de usos y coberturas del 2014 y 2018 dentro del área de interés

| Clases | Superficie (ha) | | Tasa de cambio | | Tasa de cambio (%) | | Porcentaje | |
|--------------|-----------------|----------|----------------|------|--------------------|------|------------|---------|
| | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 |
| Bosques | 453.2197 | 421.2963 | -0.0145 | | -1.4501 | | 99.70911 | 92.6858 |
| Agroforestal | 0.92619 | 0.8523 | -0.0164 | | -1.6487 | | 0.2037 | 0.1875 |
| Agropecuario | 0 | 9.1870 | 0 | | 0 | | 0 | 2.0211 |
| Otros usos | 0.3960 | 23.2063 | 1.2572 | | 125.7242 | | 0.0871 | 5.1054 |
| Total | 454.542 | 454.542 | | | | | | |

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la implementación del modelo de Markov para la detección de cambios en la zona priorizada por actores claves, esta matriz de transición determinó la probabilidad de que un pixel en una clase de uso de suelo tome el lugar de otra clase durante el periodo analizado (Reynoso Santos et al., 2016). Los elementos de cada columna indican los cambios que realizan los distintos tipos de uso del suelo en el momento inicial para conformar un tipo de uso de suelo particular en el momento final (Benito Amaro et al., 2021). La matriz simula la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado (Eastman, 2012). Se encontró que entre los años 2014 y 2018 ocurrieron cambios de cobertura y el resultado más significativo es la aparición de 9.0346 hectáreas de la clase agropecuaria dentro del área afectada por la plaga del gorgogo en la microcuenca priorizada.

Cuadro 5

Matriz de cambios entre los años 2014 y 2018 dentro de los parches afectados por la plaga dentro del área de interés

| Clases | Año 2018 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|----------|----------|--------------|--------------|------------|
| Año 2014 | | Bosques | Agroforestal | Agropecuaria | Otros Usos |
| Bosques | 10 | 420.3025 | 0.7536 | 9.0346 | 23.1288 |
| Agroforestal | 20 | 0.7034 | 0.0130 | 0.1421 | 0.0675 |
| Agropecuaria | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros Usos | 40 | 0.2902 | 0.0855 | 0.0102 | 0.0099 |

Conclusiones

De acuerdo con los datos obtenidos del 2014 hasta el 2018, el municipio de Yuscarán se vio fuertemente afectado por la plaga del gorgojo descortezador, ya que, un total de 9,866.30 ha fueron infestadas por esta plaga. Los bosques de conífera denso fueron los más afectados por la proliferación del gorgojo, esto pudo deberse a las condiciones que se dieron durante estas fechas, por ejemplo: sequías y altas densidad de árboles en bosques sin manejo, que pudieron generar árboles susceptibles al ataque de la plaga.

Dentro de la zona priorizada se observó que el área afectada por el gorgojo descortezador se ubica en los bosques de la parte alta que forman parte de la microcuenca ubicada entre las aldeas de Las Dantas y La Fátima y con código 1910015 en la Plataforma Agua de Honduras, la cual es fuente de agua de las comunidades. Esto podría influir en la disminución de la disponibilidad del recurso hídrico para las comunidades.

Dentro de la zona priorizada, en los parches afectados por la plaga se encontró más de nueve hectáreas que fueron convertidas a usos agropecuarios (pastos y cultivos). Sin embargo, se desconoce los tipos de cultivos y los productores que ejecutan esta actividad en estos sitios. Lo cual, al existir terrenos sin ninguna cobertura la frontera agrícola se expandirá fácilmente y evitando que ocurra una regeneración natural.

Recomendaciones

Las actividades agropecuarias que se observaron generan cambios en el uso del suelo en áreas donde predominaba la cobertura forestal, por lo tanto, no se recomienda continuar con la expansión de la frontera agrícola en las zonas afectadas por el gorgojo descortezador. Así que, es importante promover la reducción del cambio de uso de suelo y dejar que el bosque se regenere.

Debido a que en la microcuenca que fue priorizada por actores clave no hay áreas asignadas bajo contrato de manejo forestal comunitario, se recomienda a la Fundación Yuscarán apoyar a las comunidades para gestionar los tramites con el departamento de Desarrollo Forestal Comunitario del ICF. El cuál es el responsable de promover y establecer el sistema social forestal.

Implementar un análisis multitemporal de la cobertura vegetal y usos de suelo usando imágenes satelitales y cuantificar los índices de cobertura vegetal, para generar un análisis de las pérdidas y ganancias en la cobertura del municipio. Presentarlo a la municipalidad y que sea un elemento base para distintos proyectos de desarrollo en el municipio de Yuscarán, Honduras.

Dentro de los parches afectados en la microcuenca priorizada por actores claves, se recomienda hacer una validación en campo con vuelos de drones y verificar cómo ha cambiado el uso de suelo en este sector del municipio.

Realizar monitoreos continuos con trampas para comprender los principales factores que predisponen el ataque de los gorgojos descortezadores. Esto ayudará con la identificación de factores externos como: sequías prolongadas, incendios, daños mecánicos y eventos meteorológicos. También de factores internos como: densidades, distribución de especies o enfermedades para determinar cuáles de estos se presentan en el municipio.

Referencias

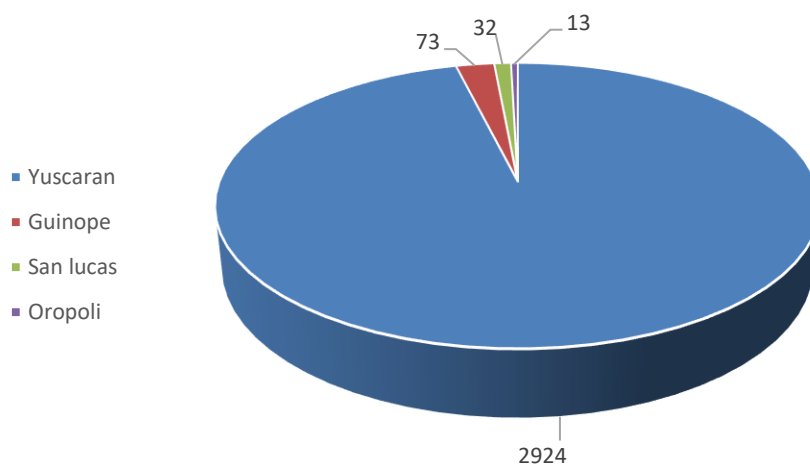
- Aaviksoo, K. (1995). Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape using a Markov model. *Landscape and Urban Planning*, 31(1-3), 129–142. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)01045-A](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)01045-A)
- Administración Forestal del Estado Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. (2002). *Manejo integral de plagas y enfermedades forestales*. http://www.cohdefor.hn/proteccion_forestal/
- Alianza Fundación Yuscarán, I. (2020). *Informe descriptivo de actividades de control del gorgojo descortezador del pino*.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A. y Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Benito Amaro, I., Pace Guerrero, I. R., Cristeche, E. y Casellas, K. (2021). *Matriz de transición para espacialización de cambios en el uso del suelo: nota metodológica: Nota metodológica*. Centro de Investigación en Economía y Prospectiva. <https://www.forestpests.org/pdf/Bark%20beetle%20outbreaks%20and%20fire%20a%20devastating%20combination%20for%20central%20americas%20pine%20forests.pdf>
- Billings, R. F., Clarke, S. R., Espino Mendoza, V., Cordon Cabrera, P., Meléndez Figueroa, B., Ramón Campos, J. y Baeza, G. (2004). Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forest. *Unasylva* 217, 55, 15–21. <https://www.forestpests.org/pdf/Bark%20beetle%20outbreaks%20and%20fire%20a%20devastating%20combination%20for%20central%20americas%20pine%20forests.pdf>
- Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O. R. (2001). *La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación* (Vol. 44).
- Comisionado Nacional de los Derechos Humanos. (2015). *Informe especial: Los incendios forestales en Honduras y su impacto sobre los derechos humanos de los habitantes*. Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica. Comisionado Nacional de los Derechos Humanos (CONADEH).
- Comité Nacional de Protección Forestal. (2021). *Plan nacional de protección contra plagas y enfermedades forestales*. <https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2021/08/PNPCPEF-2021.pdf>
- Duarte, E., Orellana, O., Maradiaga, I., Casco, F., Fuentes, D., Jiménez, A., Emanuelli, P. y Milla, F. (2014). *Sistema de Clasificación del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2077.5925>
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva Manual: Guía para SIG y procesamiento de Imágenes* (Vol. 17). IDRISI Production.
- Falcón García, O. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura del suelo en una región del estado de Quintana Roo, México: El impacto de las políticas gubernamentales sobre el manejo forestal comunitario*. UNAM, México, D. F.

- Flórez, E. y Mairena, R. (2005). *Diagnostico de la situación forestal en bosques de pino en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2002). *Criterios y parámetros para la clasificación y priorización con fines de ordenación de cuencas hidrográficas en Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Instituto nacional de conservación y desarrollo forestal, áreas protegidas y vida silvestre. (2015). *Atlas forestal municipal: Forestal y cobertura de la tierra*.
- Instituto nacional de conservación y desarrollo forestal, áreas protegidas y vida silvestre. (2018). *Mapa forestal y cobertura de la tierra en la república de Honduras 2018*. https://sigmof.icf.gob.hn/?page_id=7253#1618381612661-a492a501-11ec
- Instituto nacional de conservación y desarrollo forestal, áreas protegidas y vida silvestre. (2021). *Boletín forestal: Informativo estadístico*. Unidad de estadísticas forestales.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). *Cobertura forestal 2014-2018*. Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica.
- Kelly, M. E. (2001). *Rio Conchos Report: A preliminary overview*.
- Larrazábal, A., Gopar-Merino, L. F. y Vieyra, A. (2014). *Expansión urbana y fragmentación de la cubierta del suelo en el periurbano de Morelia*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/701/expansion2.pdf>
- López Trigal, L. (Ed.). (2015). *Diccionario de geografía aplicada y profesional: Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. Universidad de León.
- Machín de Oñoro, T. (1991). *Plagas y enfermedades forestales en América Central. Serie técnica. Manual técnico: no. 3, 4*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Monserate, F., Valencia, J., Leverón, S., Pineda, J. y Cartagena, C. (2017). *Generación de los mapas oficiales de cuencas, subcuencas y microcuencas para el territorio hondureño.: Memoria técnica*. United States Agency for International Development (USAID); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH). <https://docplayer.es/78960236-Este-documento-es-una-publicacion-del-sistema-de-apoyo-a-la-planificacion-hidrica-local-en-honduras.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995). *Evaluación de los recursos forestales 1990: Países tropicales*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). *Forest resources assesment 1990: Survey of tropical forest cover and study of change processes* (núm. 130).
- Pineda Pastrana, O. (2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago* [Tesis de Posgrado], México, D. F. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Reynoso Santos, R., Valdez Lazalde, J. R., Escalona Maurice, M. J., Santos Posadas, H. M. y Pérez Hernández, M. J. (2016). *Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo*. México. Ingeniería Hidráulica y Ambiental.

- Rivera Rojas, M., Locatelli, B. y Billings, R. F. (2010). Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras. *Forest Systems*, 70–76. https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Usode%20los%20bosques%20para%20aumentar%20la%20capacidad%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20_0.pdf
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz Gallegos, J. R., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*(62), 21–37.
- Vignola, R., Procter, A., Diaz Briones, A., McDaniels, T., Locatelli, B., Rafanoharana, S. y Chandrasekharan Behr, D. (2015). *Uso de los bosques para aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático*. Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica. PROFOR. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>

Anexos**Anexo A**

Número de árboles afectados por municipio en periodo de diciembre 2019 a junio 2020



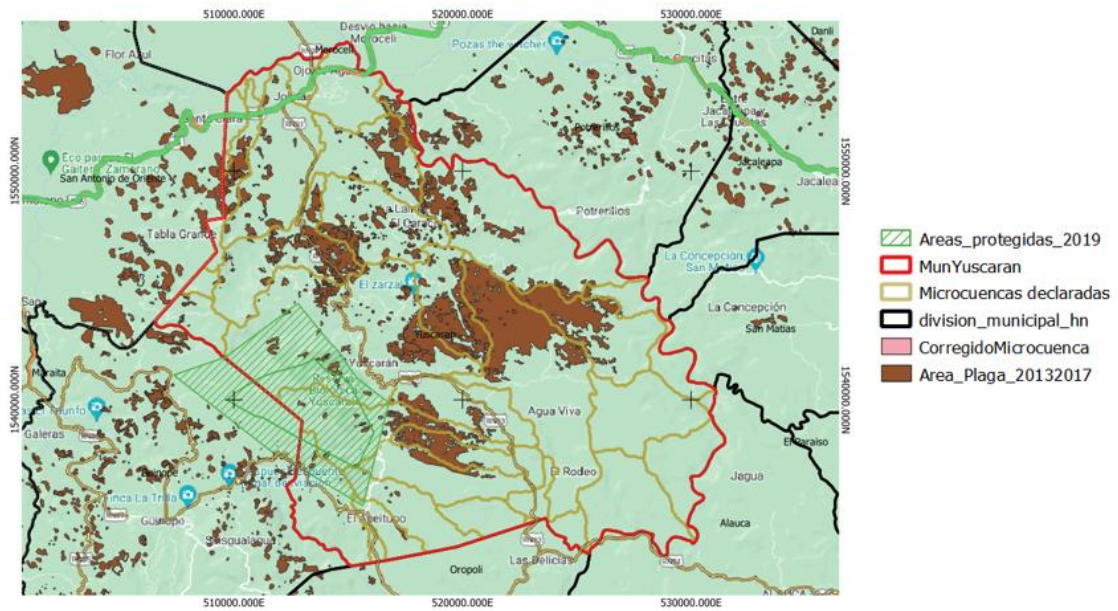
Fuente: Informe descriptivo de actividades de control del gorgojo descortezador del pino, alianza Fundación Yuscarán e ICF.

Anexo B*Matriz de transición de la zona priorizada por los actores claves*

| Clases | Año 2018 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|----------|----|----|----|----|
| Año 2014 | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 2 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 3 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| 4 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |

Anexo C

Mapa presentado en la reunión con actores claves para establecer lógica de importancia en un sitio



Anexo D

Reunión con actores claves



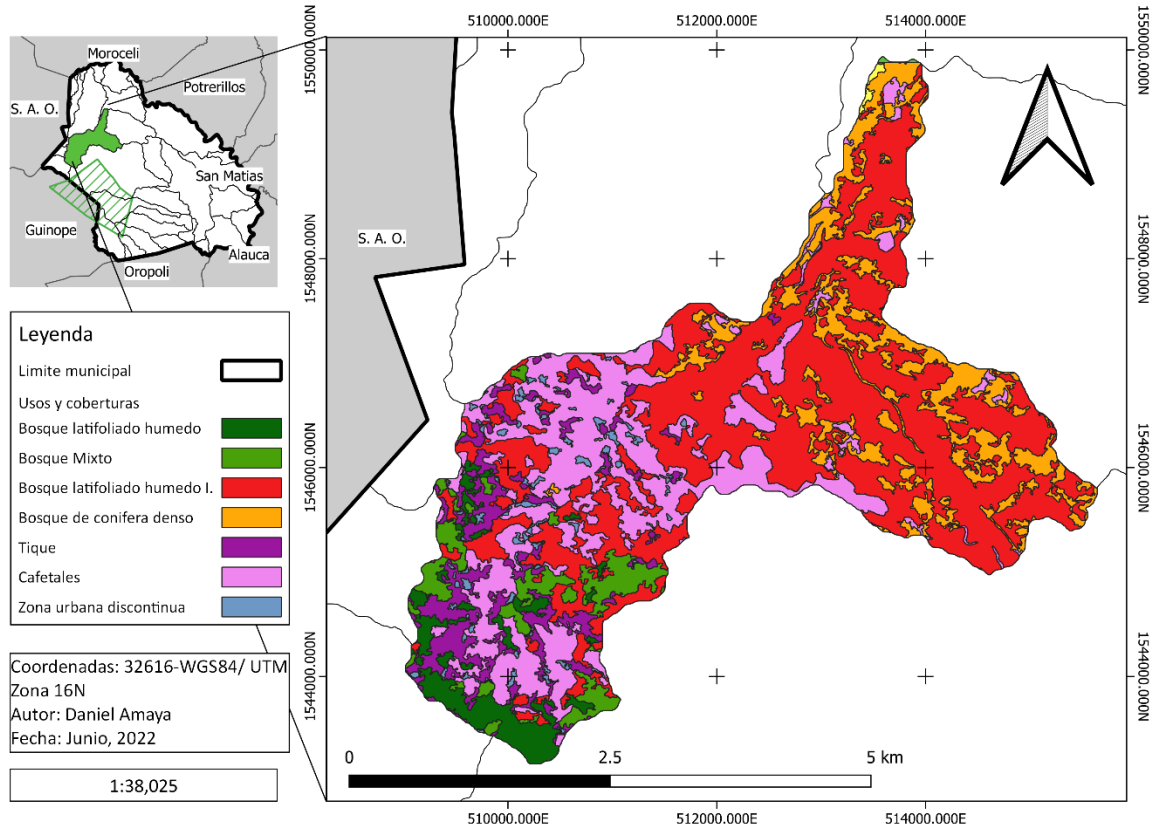
Anexo E

Identificando zona priorizada por actores clave



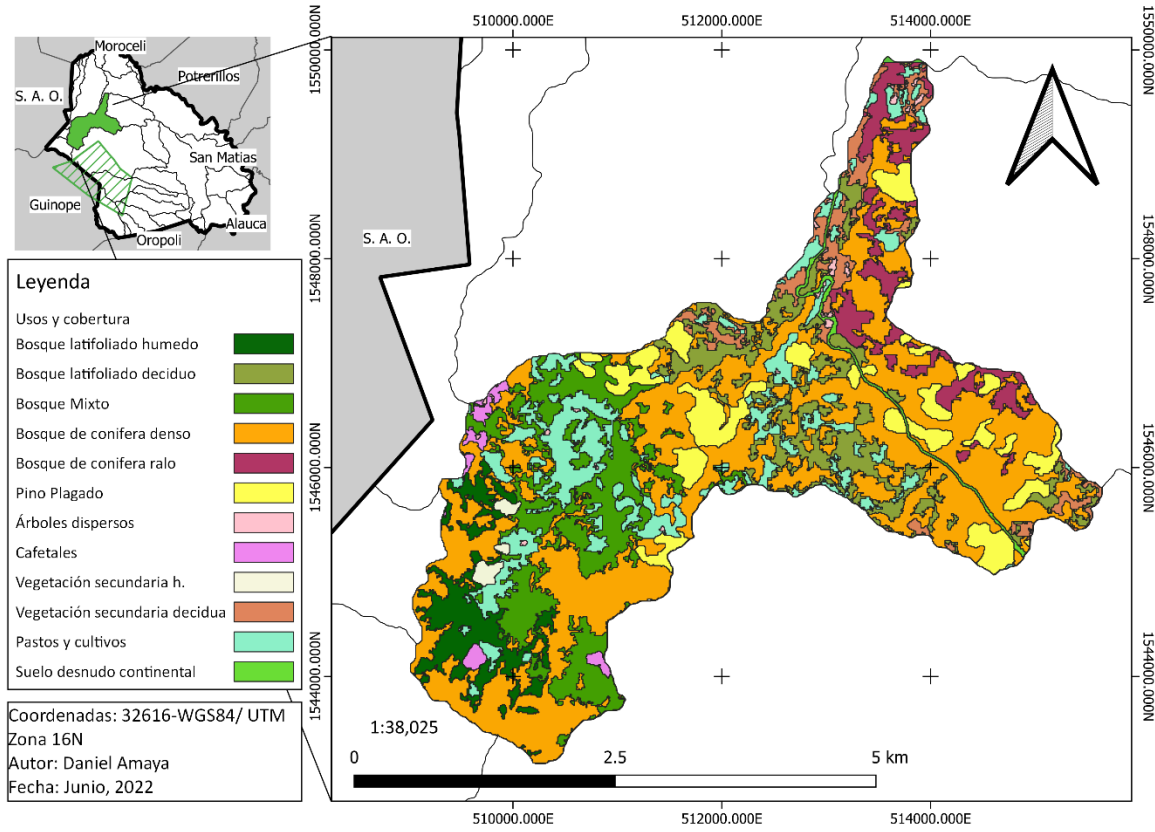
Anexo F

Mapa de cobertura y uso de suelo en el área priorizada por actores claves del 2014



Anexo G

Mapa de cobertura y uso de suelo en área priorizada por actores claves del 2018



Anexo H

Usos y cobertura del municipio del 2014

| Usos y coberturas | Valor | Área (ha) |
|---------------------------------|-------|-----------|
| Bosque latifoliado húmedo | 1 | 519.12 |
| Bosque latifoliado deciduo | 2 | 1846.066 |
| Bosque Mixto | 3 | 591.402 |
| Bosque latifoliado hum inundado | 4 | 5570.263 |
| Bosque de conífera denso | 5 | 7973.661 |
| Tique | 9 | 984.718 |
| Pino plagado | 10 | 6269.861 |
| Arboles dispersos | 11 | 182.203 |
| Cafetales | 12 | 8625.138 |
| Otras especies de palma | 18 | 47.956 |
| Caña de azúcar | 20 | 139.007 |
| Arrozales | 22 | 38.487 |
| Zona urbana discontinua | 26 | 426.842 |

Anexo I

Usos y cobertura del municipio del 2018

| Usos y coberturas | Valor | Área (ha) |
|----------------------------------|-------|-----------|
| Bosque latifoliado Húmedo | 1 | 710.155 |
| Bosque latifoliado deciduo | 2 | 7192.145 |
| Bosque mixto | 3 | 1074.215 |
| Bosque de conífera denso | 5 | 5770.831 |
| Bosque de conífera ralo | 6 | 3980.334 |
| Pino plagado | 10 | 770.882 |
| Árboles dispersos | 11 | 323.205 |
| Cafetales | 12 | 223.428 |
| Vegetación secundaria húmeda | 14 | 71.247 |
| Vegetación secundaria decidua | 15 | 4711.223 |
| Agricultura tecnificada | 23 | 156.915 |
| Pastos y cultivos | 24 | 7776.531 |
| Zona urbana discontinua | 26 | 98.208 |
| Suelo desnudo continental | 29 | 189.33 |
| Cuerpos de agua artificial | 33 | 2.262 |
| Ríos y otras superficies de agua | 34 | 172.686 |

Anexo J

Fotografías de visita en campo del presente año



Anexo K

Fotografías de visita en campo del presente año

