ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DE INCENDIOS FORESTALES EN LA COBERTURA DEL SUELO (HACIENDA INGLATERRA, 2015 Y 2022)

Comparative analysis of the effects of wildfires on land cover (Hacienda Inglaterra, 2015 and 2022)

Henry Ismael Peña Matus[1]
henry.ismael.p.mts@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-6497-9057

Jenifer de los Ángeles Pineda Galeano[2]
jfrpineda99@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-6634-5160

Shearly Larissa Velásquez Ortega[3] ✉
velasquezortegapersonal@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-0378-7353

[1, 2, y 3] *Ingeniero Ambiental - Universidad Centroamericana, UCA.*

Recibido:29 febrero 2024
Aceptado: 04 abril 2025

Resumen

Los incendios forestales ejercen una influencia considerable en la distribución y las características ecológicas de los biomas a nivel global. En la Hacienda Inglaterra, ubicada en El Crucero, Managua, que se distingue por albergar bosque del trópico seco y bosque húmedo premontano bajo. Durante varios años, la hacienda y sus alrededores han sufrido incendios provocados por cazadores de garrobos. Para evaluar las posibles afectaciones, se implementó una metodología que combinó herramientas SIG y análisis de suelo, con el apoyo del laboratorio de suelos de la Universidad Centroamericana (UCA). Los resultados revelaron un bajo porcentaje de materia orgánica en las áreas más frecuentemente afectadas por los incendios, lo que sugiere una posible disminución de nutrientes esenciales como el Nitrógeno y el Fósforo, cruciales para el desarrollo de las plantas. Las zonas del bosque clasificadas como “bosque denso” y “bosque ralo” mostraron las mayores variaciones en su extensión debido a los incendios. Adicionalmente, se catalogó una riqueza de especies de 41 y un índice de diversidad de Shannon de 2.5, considerado bajo en términos de diversidad y riqueza, como consecuencia de estos incidentes.

Palabras clave: *Bosque, incendios, riqueza, suelos, zonas.*

Abstract

Wildfires exert a significant influence on the distribution and ecological characteristics of biomes at a global scale. At Hacienda Inglaterra, located in El Crucero, Managua an area characterized by the presence of dry tropical forest and lower premontane humid forest wildfires have been recurrently caused by iguana hunters in recent years. To assess the potential impacts, a methodology was implemented that combined GIS tools with soil analysis, supported by the soil laboratory of the Central American University (UCA). The results revealed a low percentage of organic matter in the areas most frequently affected by fire, suggesting a possible depletion of essential nutrients such as nitrogen and phosphorus, which are critical for plant development. Forest areas classified as "dense forest" and "open forest" exhibited the greatest variation in coverage due to wildfires. Additionally, 41 species were recorded, with a Shannon diversity index of 2.5, which is considered low in terms of both species richness and diversity as a consequence of these events.

Keywords: *Forest, fires, wealth, soils, areas.*

Todos los derechos pertenecen al/los autor(es), 2024. Artículo publicado por la Revista de Estudios Socioambientales Gaia, en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Atribución (CC BY).

https://doi.org/10.62407/8mq20s47

1. Introducción

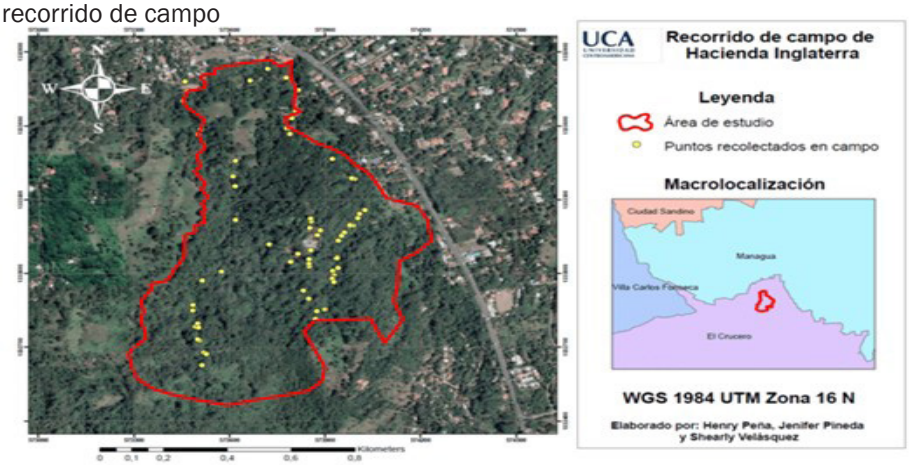
De acuerdo con Jalabert et al. (2018), los incendios forestales constituyen un agente importante para la distribución y las propiedades ecológicas de los principales biomas del mundo, afectando significativamente la cubierta vegetal, la densidad, la estructura, la composición, la diversidad y la productividad. Estos eventos pueden provocar deforestación, reducción del tamaño de las poblaciones, efectos de los bordes del bosque, cambios en la estructura de la comunidad e inmigración de especies exóticas (Orozco et al., 2017).

En Nicaragua, el periódico El Confidencial (2022) reportó que abril de 2022 fue el mes con el mayor registro de incendios forestales en áreas protegidas del país, detectados a través de sistemas satelitales vinculados a programas de la NASA. Un monitoreo de la Fundación del Río identificó un total de 1900 puntos de calor en los primeros cuatro meses del año, con un incremento del 55% respecto al mismo período en 2021. EFE (2022) destacó que febrero, marzo y abril son los meses más críticos para los incendios forestales en Nicaragua, afectando principalmente la región del Pacífico y los sectores occidentales de las regiones norte y central, donde predominan condiciones de sequía.

Según Xinhua (2016), en 2016 un incendio forestal destruyó 57.2 hectáreas de bosques y maleza entre Ticuantepe y El Crucero, provocado por cazadores furtivos de iguanas y agravado por fuertes vientos. Esta problemática se ha vuelto recurrente en las Sierras de Managua, según testimonios de los pobladores, afectando gravemente especies arbóreas como quebracho, guachipilín, ceiba, madero negro, aceituno, guarumo, laurel, guásimo de molinillo y pochote, además de la fauna local.

El propósito del presente artículo es analizar comparativamente los efectos de los incendios forestales ocurridos en los años 2015 y 2022 en la Hacienda Inglaterra, ubicada en la comarca Monte Tabor, km 13.5 carretera Sur hacia El Crucero, una zona de transición entre bosque del trópico seco y bosque premontano bajo. La Hacienda, originalmente cafetalera desde 1867 (Rubi & Romero, 2019), ha sido zonificada en cuatro áreas: Las Piuras, San Joaquín, Casa Hacienda y El Rodeo, y cuenta con 50 años bajo la administración actual. El análisis busca comprender cómo los incendios han afectado la cobertura del suelo en esta área de 0.75 km², proporcionando información relevante para la toma de decisiones en la gestión y conservación del ecosistema.

Figura 1
Mapa de recorrido de campo



Fuente: mapa elaborado por los autores

2. Material y Métodos

Para evaluar los efectos de los incendios forestales en la Hacienda Inglaterra, se realizaron visitas de campo y se recopilaron datos mediante herramientas SIG, combinando observaciones directas con información satelital. Se emplearon imágenes del satélite Landsat 8 L1TP, conocido por su resolución moderada que varía desde 15 m por píxel en sus bandas más precisas hasta 100 m en el infrarrojo de onda larga (Eos Data Analytics, 2021), permitiendo generar mapas de cobertura y uso del suelo, así como estimar la temperatura de la superficie terrestre (LST). Estos mapas fueron complementados con un Modelo Digital de Elevación (DEM) obtenido de ASF Data Search, utilizado para representar la topografía del área de estudio con curvas de nivel maestras y secundarias.

Para comprender los efectos de los incendios en la vegetación y la dinámica del suelo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica, seguida de dos visitas de campo. En la primera visita, se realizó un reconocimiento general de la Hacienda Inglaterra, registrando la composición de la vegetación en las zonas cercanas a los focos de incendio. En la segunda visita, se identificaron los puntos de muestreo de suelo, para planificar la recolección de las muestras, y posteriormente, realizar un análisis en el laboratorio.

Para evaluar la respuesta de la vegetación tras los incendios forestales, se aplicaron dos metodologías complementarias: el método Braun-Blanquet y el índice de diversidad de Shannon.

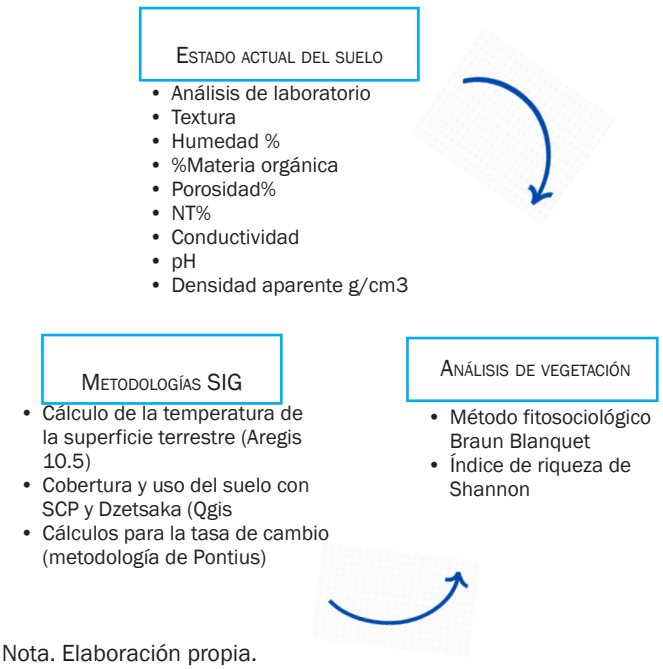
El método Braun-Blanquet es útil para este tipo de estudios ya que permite analizar la cobertura vegetal y la abundancia de especies, clasificando la vegetación en función de su presencia y dominancia en un área específica. Esto es importante en un entorno afectado por incendios como la Hacienda Inglaterra, ya que permite identificar las especies más resistentes o dominantes tras el evento y cómo la vegetación se está recuperando.

Por otro lado, el índice de Shannon complementa este análisis al medir la diversidad y distribución de las especies presentes, indicando si la vegetación se mantiene equilibrada, o si unas pocas especies dominan la zona. La relación entre ambos métodos radica en que mientras Braun-Blanquet describe la composición y estructura de la vegetación, el índice de Shannon permite cuantificar la riqueza y equidad de especies, ofreciendo una visión sobre el estado de la biodiversidad y los procesos de regeneración tras los incendios.

El siguiente esquema (Figura 2), muestra la estructura de las metodologías aplicadas, y a continuación, se describen las mismas para evaluar el estado actual de la Hacienda:

Figura 2

Metodologías aplicadas en el presente artículo



Nota. Elaboración propia.

2.1 Metodologías SIG

2.1.1 Teledetección y LST

De acuerdo con Bravo (2020), la teledetección se define como la ciencia y la tecnología que permite identificar, medir o analizar las características de los objetos de interés sin necesidad de un contacto directo. Las imágenes satelitales, obtenidas por sensores instalados en satélites artificiales, capturan la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo, la cual es transmitida a estaciones terrestres para su visualización, procesamiento y análisis (Access, 2019).

Según Avdan & Jovanovska (2016), un parámetro clave derivado de las imágenes satelitales es la temperatura de la superficie terrestre (LST, por sus siglas en inglés), definida como la temperatura que se percibiría al tocar la superficie del suelo. Su estimación es posible a partir de imágenes satelitales, como las del satélite Landsat 8, a través de una serie de cálculos que permiten corregir los efectos atmosféricos y reflejar con mayor precisión la temperatura superficial.

Para calcular la LST, es necesario un proceso secuencial que parte de la estimación de la radiación espectral atmosférica (TOA, Top of Atmosphere), un parámetro fundamental que mide la radiación captada por el sensor del satélite antes de aplicar correcciones por absorción y dispersión atmosférica. Esta se obtiene mediante la siguiente expresión: Ecuación 1 (Avdan & Jovanovska, 2016; Singh, 2022; Grajeda, et al., 2020)

Ecuación 1

$$TOA\ (L\lambda) = (M_L\ *\ Q_{cal}) + A_L$$

M_l: Factor de reescalado multiplicativo específico de la banda (0.0003342).
Q_{cal}: Es la imagen de la banda 10.
A_L: Es el factor de reescalado aditivo específico de la banda (0.1).

El siguiente paso en el proceso es la conversión de la radiancia espectral en temperatura de brillo (BT). Esta temperatura representa una estimación de la temperatura que tendría un cuerpo negro ideal que emite la misma cantidad de energía que la superficie observada. Esta transformación utiliza las constantes térmicas provistas en el archivo de metadatos del satélite de Landsat 8 escogidas:

Ecuación 2

$$BT = \frac{K^2}{Ln\left[\left(\frac{K_1}{TOA}\right)+1\right]} - 273.15$$

K_2: 774.8853
K_1: 1321.0789

Por otra parte, el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un paso crucial para obtener la temperatura de la superficie terrestre (LST) en imágenes Landsat 8 debido a la relación directa entre la vegetación y las propiedades térmicas de la superficie terrestre.

La vegetación tiene un impacto en la emisión y retención de calor, describiéndose de la siguiente manera: "*las áreas con mayor densidad de vegetación tienden a reflejar menos energía térmica y a mantener temperaturas más bajas en comparación con áreas desnudas o con poca vegetación*".

El NDVI permite, por tanto, identificar y cuantificar la densidad y distribución de la vegetación Ecuación 3, proporcionando un indicador para estimar la proporción de vegetación (*Pv*) Ecuación 4, en cada píxel de la imagen satelital. Esta proporción es necesaria para calcular la emisividad de la superficie terrestre (LSE), el cual nos permite identificar la eficiencia con la que una superficie emite energía térmica Ecuación 5.

Ecuación 3

$$NVDI = \frac{(B5-B4)}{B5+B4}$$

Ecuación 4

$$Pv = \frac{NVDI \ - \ NVDI_{Mínimo}}{NVDI_{Máximo} \ - \ NVDI_{Mínimo}}$$

Ecuación 5

$$LSE(\varepsilon) = \ 0.004 \ * \ Pv \ + 0.986$$

Finalmente, la temperatura superficial terrestre (LST) puede calcularse a partir de la temperatura de brillo (BT) y la emisividad (LSE) mediante dos ecuaciones alternativas (Ecuación 6 y Ecuación 7) que consideran la radiancia espectral y la emisividad previamente calculadas. En el caso de la Ecuación 7, W representa el promedio de la banda 10 del satélite Landsat 8, con un valor aproximado de 10 (Avdan & Jovanovska, 2016; Singh, 2022; Grajeda et al., 2020). En el presente artículo, se utilizó la Ecuación 6.

Ecuación 6

$$ST \ 1: \ \frac{BT}{\left(1+\left(\frac{0.00115*BT}{1.4389}\right)\right)}*Ln(LSE)$$

Ecuación 7

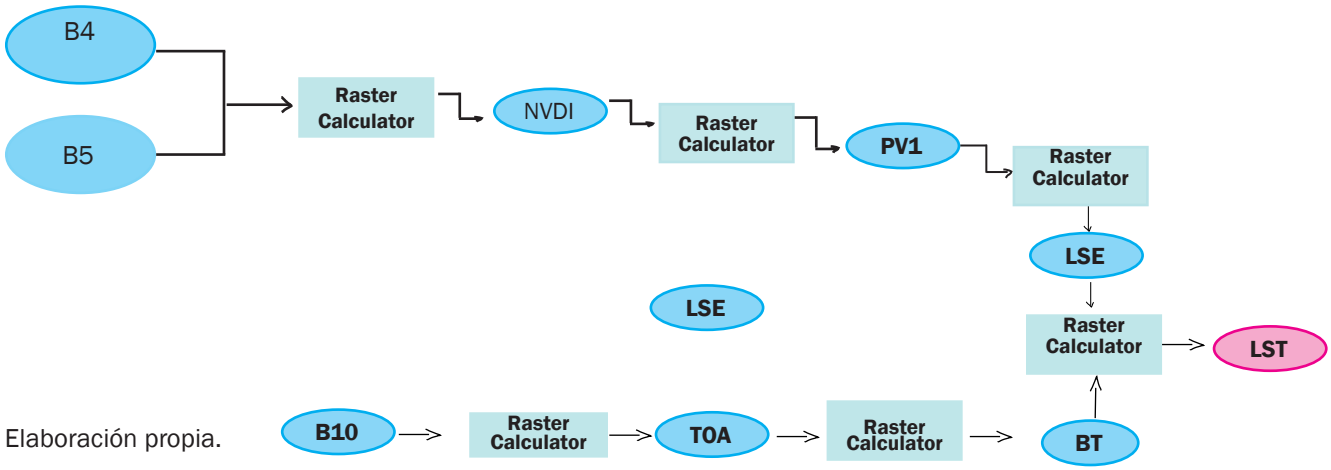
$$LST \ 2: \ \left(\frac{BT}{1}\right) + W*\left(\frac{BT}{14390}\right)*Ln(LSE)$$

2.1.2 Cobertura y uso de la tierra

La cobertura de suelo, al igual que los parámetros obtenidos mediante teledetección como el NDVI y la temperatura de la superficie terrestre (LST), es clave en este estudio al permitir evaluar los efectos de los incendios sobre la vegetación. De acuerdo con CONABIO (2023), la "cobertura de suelo" se refiere a las características físicas visibles en la superficie terrestre, mientras que el "uso de suelo" describe cómo el ser humano asigna y modifica dichas áreas para diversas actividades. Aunque son conceptos distintos, están estrechamente relacionados, ya que los cambios en la cobertura suelen reflejar alteraciones en el uso del suelo y viceversa, lo que hace necesario analizar ambos aspectos de forma conjunta.

El análisis de la cobertura de suelo resulta esencial en este contexto, ya que permite identificar y cuantificar los cambios provocados por los incendios, como la pérdida de vegetación.

Figura 4
Cálculo de LST



Elaboración propia.

Estos datos, reflejados en mapas, no solo facilitan la evaluación de los impactos ambientales, sino que también proporcionan una base para la planificación de acciones de restauración y la gestión sostenible del territorio. Para evaluar estos cambios, se utilizaron los plugins SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) y Dzetsaka en el software QGIS, estas son herramientas especializadas en el procesamiento de imágenes satelitales y la clasificación supervisada y no supervisada de la cobertura del suelo. El plugin SCP permite la descarga, preprocesamiento y clasificación de imágenes, mientras que Dzetsaka es útil para la clasificación basada en algoritmos de aprendizaje automático, contribuyendo a la elaboración de mapas de la cobertura y uso de la tierra.

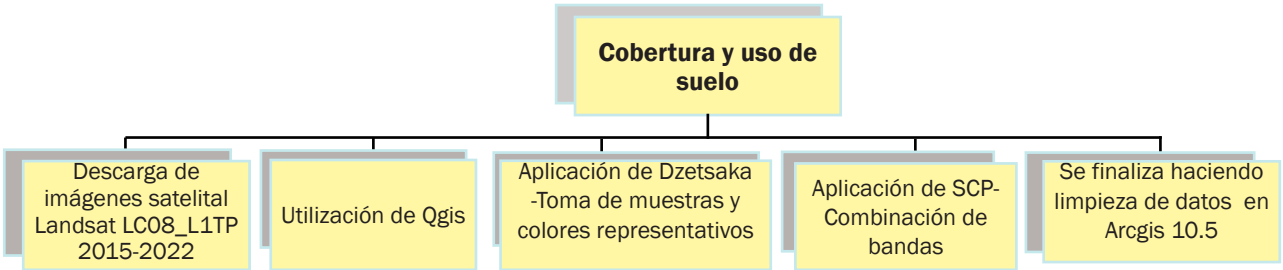
Esto facilita identificar tanto las áreas de persistencia como las de cambio en la cobertura vegetal.

El uso de esta técnica permite cuantificar los cambios en las coberturas vegetales en momentos dados tras los incendios, evaluando la transformación en el paisaje y proporcionando información sobre los patrones de regeneración o degradación en el tiempo.

Al visualizar estos cambios, se obtiene una comprensión de las dinámicas de recuperación del ecosistema.

Figura 3

Metodologías aplicadas para cobertura vegetal



Elaboración propia.

2.1.3 Matriz de transición de Pontius

Una vez obtenido el mapa de cobertura del suelo, se aplicó la matriz de transición de Pontius para evaluar los cambios ocurridos entre diferentes periodos de tiempo en la zona de estudio. Según Pontius et al. (2004), esta metodología permite comparar dos conjuntos de datos temporales mediante una matriz de tabulación cruzada, donde las categorías de uso del suelo del primer momento se representan en las filas y las del segundo momento en las columnas.

2.2 Recolección de muestras de suelo

En el muestreo de suelos, se recogieron un total de 8 muestras, dividiendo la propiedad en cuatro partes, los puntos se situaron en un mapa y el equipo se movilizó con ayuda de un GPS. Se despejaron las zonas con machete, se excavó a una profundidad de 20 cm de manera triangular y la muestra se recogió en bolsa ziploc tamaño grande, etiquetando cada una.

De estas 8 muestras, dos de ellas fueron muestras de control, tomadas de zonas que no habían sido perturbadas ni por incendios,

ni por actividades agrícolas o ganaderas, al menos desde que la propiedad pertenece a sus actuales dueños, o a sus familiares más antiguos.

Las muestras fueron preparadas siguiendo el Procedimiento de ensayo FS-1 de la Universidad Centroamericana (UCA). Las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se realizaron los análisis correspondientes, incluyendo: densidad aparente mediante el método del terrón, pH con agua destilada y cloruro de potasio, materia orgánica utilizando el método de Walkley-Black por espectrofotometría UV/VIS, nitrógeno total por digestión Kjeldahl, porcentaje de humedad por el método gravimétrico, conductividad eléctrica y porosidad.

2.3 Análisis de vegetación

2.3.1 Método Braun-Blanquet

El método Relevé, conocido como Braun-Blanquet o método fitosociológico, es una técnica valiosa para evaluar la prevalencia de especies mediante el análisis de la cobertura en una zona específica y permite la comparación de comunidades vegetales dentro de un área determinada. La validación de la cobertura de vegetación, se estimó usando el método de Braun-Blanquet, donde se muestrearon 9 parcelas en la Hacienda Inglaterra

Los objetivos del método son los que deben determinar qué tipo de datos deben ser tomados y con qué intensidad. Según Alcaraz (2013), las ideas esenciales en las bases del método fitosociológico son:

- Las comunidades de plantas se conciben como tipos de vegetación reconocidos a través de su composición florística.
- Entre las especies que componen una comunidad, algunas son mejores indicadores de las interrelaciones que otras, estas son las especies de diagnóstico.
- Las especies de diagnóstico se utilizan para organizar las comunidades en una clasificación jerárquica en la cual la asociación es la unidad básica.

La cobertura se estima usando la escala de Braun-Blanquet, en la que se combina la abundancia y la dominancia; los dos índices inferiores (+, r) registran la abundancia, mientras que los restantes (1,2,3,4,5) tienen en cuenta la cobertura o dominancia. La escala de clases del método se muestra a continuación:

Tabla 1

Escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet.

Índice	Significado
r	Un solo individuo, cobertura despreciable
+	Más individuos, cobertura muy baja
1	Cobertura menor del 5%
2	Cobertura del 5 al 25%
3	Cobertura del 25 al 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura igual o superior al 75%

*Table 1. Braun-Blanquet abundance-dominance scale.

Fuente: Alcaraz (2013).

2.3.2 Índice de riqueza de Shannon

El índice de riqueza de Shannon mide la incertidumbre de la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población. El valor de este aumenta a medida que aumenta la riqueza y los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies (Somarriba, 1999).

Matemáticamente el índice de diversidad de Shannon se calcula mediante la ecuación 8.

Ecuación 8

$$H = -\sum[(p_i)*log(p_i)]$$

Dónde H es el índice de diversidad de Shannon y pi es la proporción de individuos de la i-ésima especie en toda una comunidad. La proporción de individuos se calcula dividiendo el número de individuos de una determinada especie entre el número total de individuos en una comunidad. Generalmente se usa el logaritmo natural, pero la base del logaritmo es arbitraria, ya que también se usan logaritmos basados en 10 y 2 (Roswell et al., 2021).

Para su aplicación en este estudio, se analizaron los datos obtenidos durante las visitas de campo, determinando la proporción de individuos y estimando el número total de individuos en la comunidad, tras lo cual se calculó el índice de diversidad de Shannon en el software RStudio. El análisis se hizo en base a la tabla presentada en el Apéndice I.

3. Resultados

Con las metodologías descritas anteriormente, se procedió analizar cualitativamente las posibles afectaciones de los incendios forestales, al bosque y a la fauna del sitio de estudio:

3.1 Mapeo de incendios y cambios de cobertura de suelo

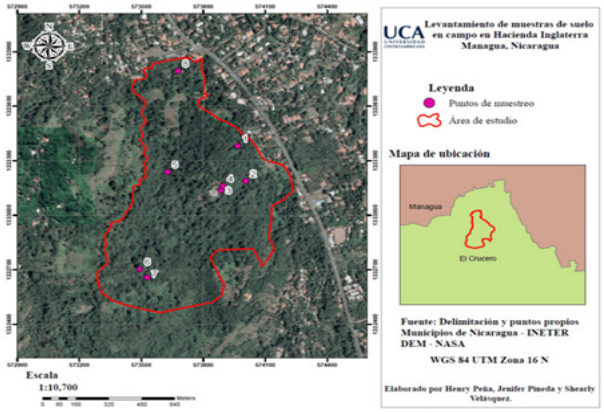


Figure 6. Soil sample survey map

Figura 7

Mapa de relieve

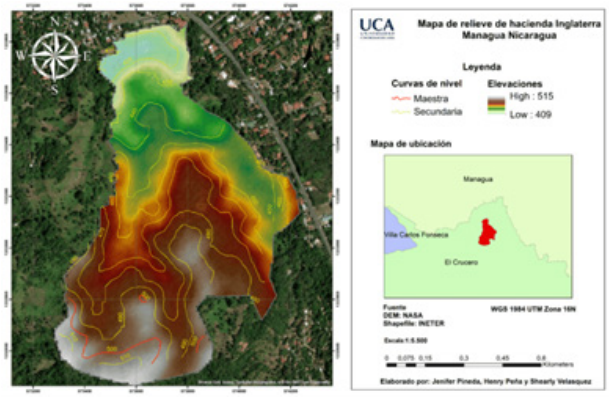


Figure 7. Relief map

El mapa de puntos de muestreo de suelo (Figura 6) fue elaborado considerando las áreas afectadas por los incendios, según la información proporcionada por los propietarios de la Hacienda Inglaterra. A partir de este mapa, se seleccionaron los puntos estratégicos para la recolección de muestras, las cuales fueron posteriormente analizadas en el laboratorio de suelos. Por otro lado, el mapa de relieve (Figura 7), se generó a partir de la investigación de campo y la descarga de Modelos Digitales de Elevación (DEM) de la base de datos ASF Alos Palsar, permitiendo una representación de las características topográficas del área de estudio.

Los resultados obtenidos a partir de los mapas presentados (Figura 8, 9 y 10) muestran un análisis de la evolución de temperatura de la Hacienda Inglaterra, y la identificación de zonas afectadas. En la Figura 8, se muestran los puntos de los incendios ocurridos junto con un buffer de 50 metros de afectación.

Los mapas de temperatura de las Figuras 9 y 10 evidencian diferencias en la distribución térmica entre los periodos evaluados. La Figura 9 (febrero de 2015) presenta valores térmicos más elevados, lo que sugiere una posible reducción de la cobertura vegetal y una mayor exposición del suelo tras los

incendios. En contraste, la Figura 10 (febrero de 2022) muestra una disminución general de las temperaturas, con mayor heterogeneidad espacial, lo que indica un proceso de regeneración vegetal en algunas áreas, reflejando una recuperación parcial de la cobertura.

Figura 8

Mapa de Puntos de incendio

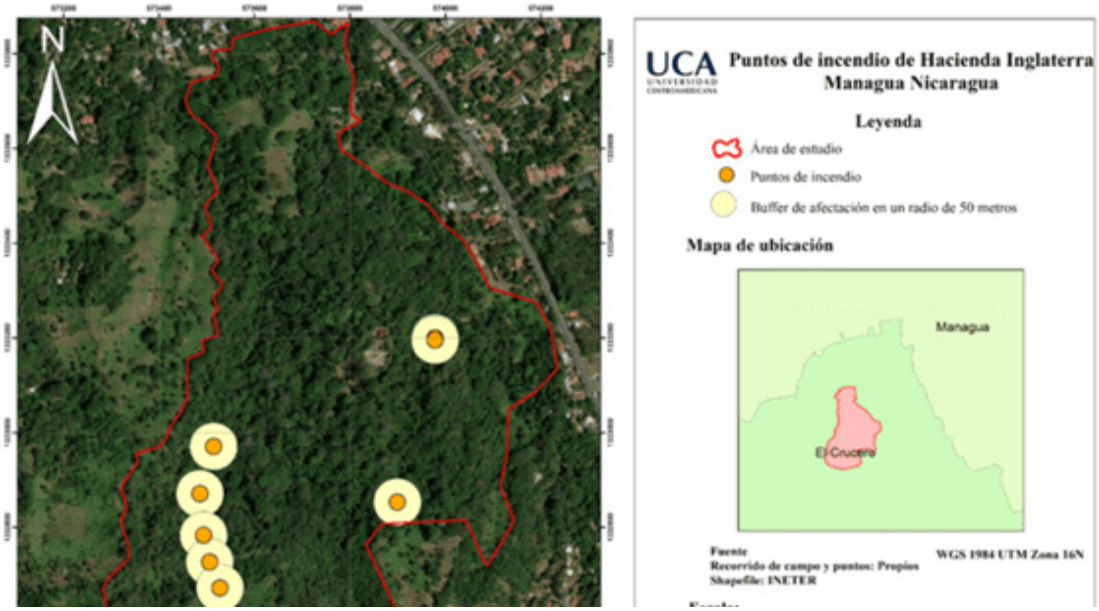


Figure 8. Map of fire points

Figura 9

Mapa de temperatura superficial para 2015

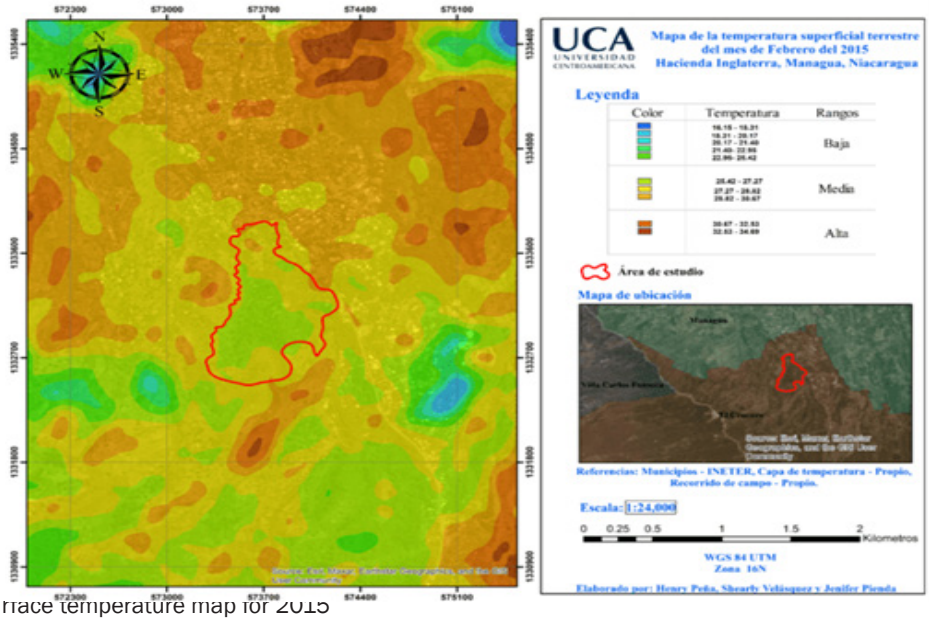


Figure 9. Surface temperature map for 2015

Figura 10

Mapa de temperatura superficial para 2022

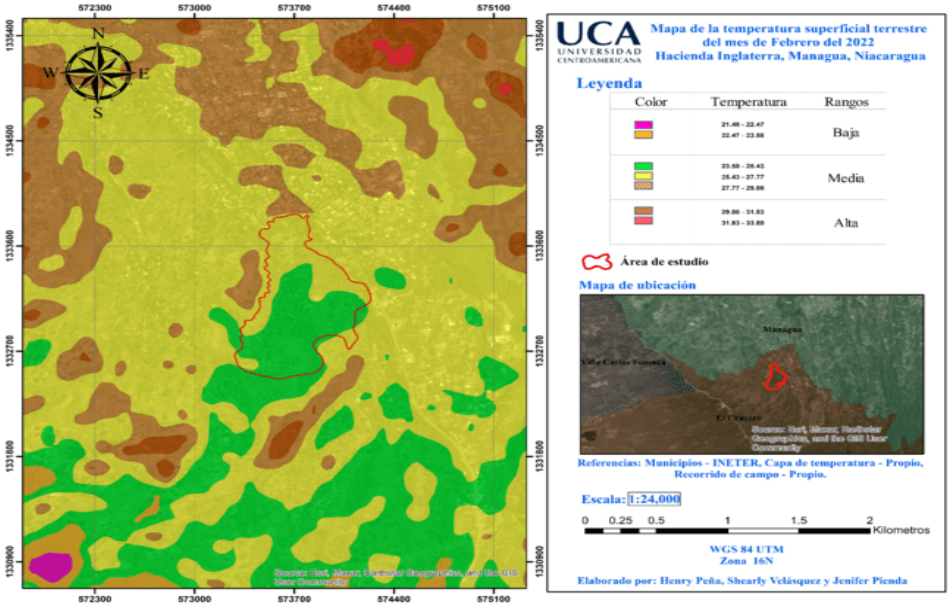


Figure 10. Surface temperature map for 2022

Los mapas de cobertura y uso de suelo presentados en las Figuras 11 y 12, muestran los cambios en la vegetación de la Hacienda Inglaterra entre febrero de 2015 y febrero de 2022. La Figura 11 evidencia un predominio de bosque ralo y la presencia de áreas urbanas. En la Figura 12, correspondiente al año 2022, se observa un aumento en la cobertura de bosque denso, lo que indica una recuperación parcial de la vegetación. Esta comparación sugiere un proceso de regeneración en algunas zonas, aunque persisten áreas con menor densidad forestal. Los resultados son consistentes con la disminución de la temperatura superficial terrestre observada en las Figuras 9 y 10, destacando la relación entre la cobertura vegetal y la temperatura del suelo.

Figura 11

Mapa de cobertura de suelo para 2015

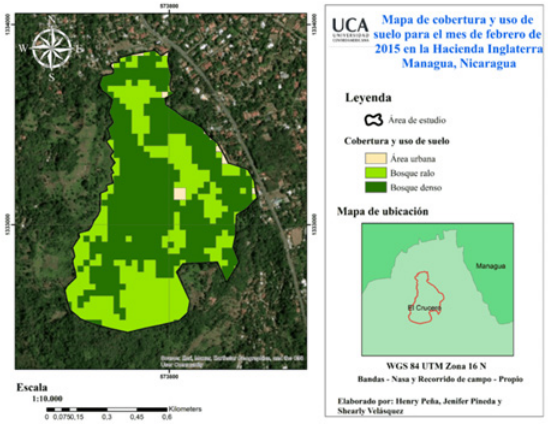


Figure 11. Land cover map for 2015.

Figura 12

Mapa de cobertura de suelo para 2022

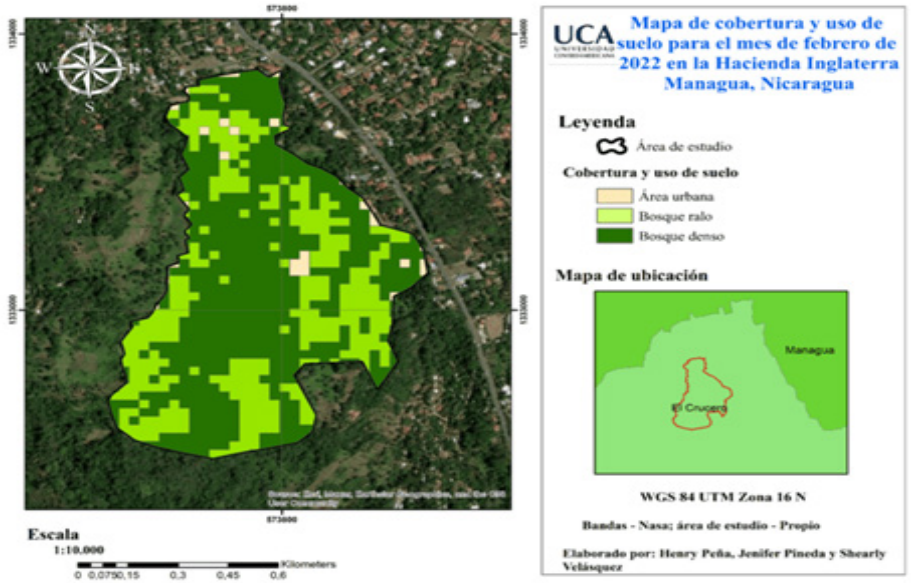


Figure 12. Land cover map for 2022

En cuanto a la tasa de cambio de uso de suelo, los resultados se muestran a continuación, los cuales fueron utilizados para generar el mapa de tasa de cambio que se muestra más adelante.

Tabla 2. Matriz de transición propuesta por Pontius, empleada en la Hacienda Inglaterra.

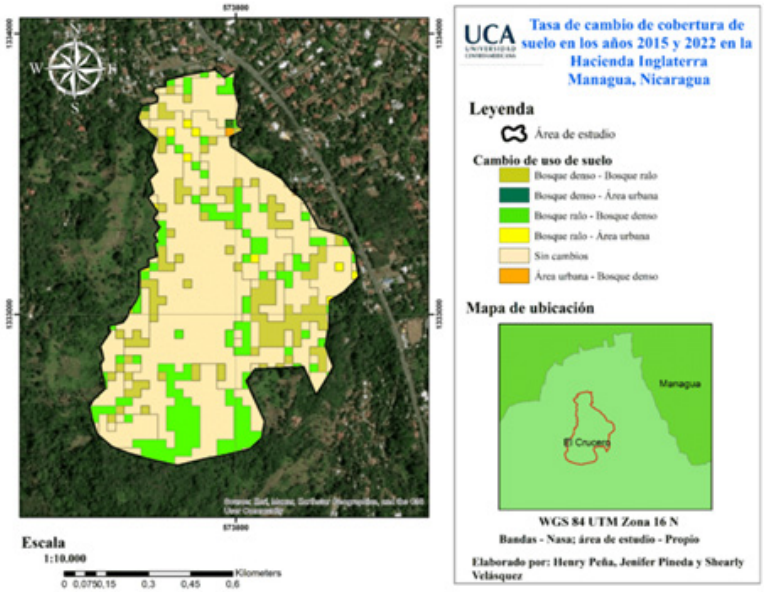
Área urbana (ha) **Bosque ralo (ha)** 1.58 27.85			**2022**		
			Área urbana (ha)	Bosque ralo (ha)	Bosque denso (ha)
			1.58	27.85	45.75
2015	Área urbana (ha)	0.78	0.79	27.06	44.96
	Bosque ralo (ha)	29.98	28.41	2.14	15.76
	Bosque denso (ha)	44.40	42.82	16.56	1.34

Note. Transition matrix proposed by Pontius, used at Hacienda Inglaterra.Elaboración propia.

En el mapa de tasa de cambio (Figura 13), se observa que, si bien, pese a que la mayor parte de la hacienda permaneció sin cambios, se pudo observar el desplazamiento de áreas que en el año 2015 estaban ocupadas por bosque denso a bosque ralo en 2022, como se puede observar a continuación.

Figura 13

Mapa de tasa cobertura de suelo para los años 2015 y 2022



Nota: Elaboración pripia.

3.2 Análisis de vegetación

3.2.1 Vegetación local

En esta hacienda, se observa un uso de la tierra agro forestal, dado que, se cultiva café *(Coffea arabiga),* cacao *(Teobroma cacao)*, teca (*Tectona grandis)* y árboles maderables, entre los que se destacan: el laurel *(Cordia aliodora),* cedro (*Cedrella odorata)*, caoba (*Switenia humilis)*, entre otros. La cobertura del suelo es mixta entre especies forestales y cultivos en donde predomina el café de sombra.

La zona Este de la Hacienda, está dedicada a la actividad agrícola con especies como frijol *(Phaseolus vulgaris),* quequisque *(Xanthosoma),* ayote *(Cucurbita argyrosperma)* y maíz *(Zea mays).* Se observa manejo de la escorrentía en zonas cercanas a los cultivos, donde se realizan labores de drenaje a través de pequeñas cubas para cosecha de agua y se emplea también una antigua zona de beneficio de café, para producir abono orgánico.

En las zonas incendiadas y por lo tanto escogidas para muestreos, se pudo observar presencia de plantas pioneras, predominantemente Pica Pica *(Colopogonium mucunoides),* Chichicaste *(Urera baccifera)* y Zorrillo *(Petiveria alliacea).*

Por otra parte, se identificó una capa de humus de aproximadamente 5 cm de espesor.

3.2.2 Resultados de Braun-Blanquet

La aplicación de la metodología de Braun-Blanquet reveló que la riqueza de especies es de 41 especies distribuidas de la siguiente forma: 30 especies de árboles y 11 especies de arbustos y hierbas. Este patrón refleja una estructura vegetacional estratificada, con predominancia de árboles en el estrato superior (cedro, caoba, madero negro, etc.) y arbustos y hierbas (flor de maravilla, zorrillo, comelina, etc.) en el sotobosque. La metodología permitió evaluar no solo la presencia de especies, sino también su abundancia y cobertura, lo que sugiere una

distribución adecuada según las condiciones ecológicas locales tanto del área delimitada para este estudio como de las distintas zonas elegidas mostradas de manera general en el Apéndice 1, Cuadro 1.

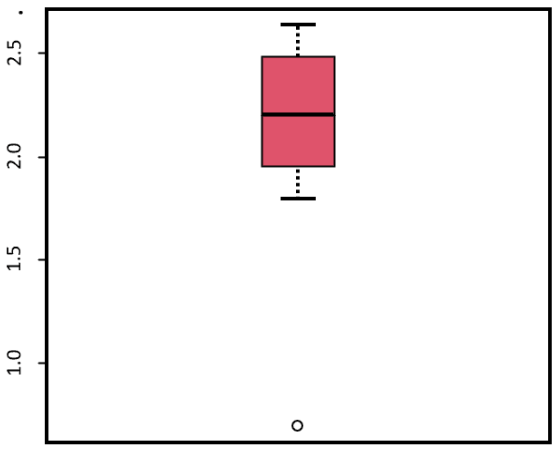
Aunque los incendios forestales de 2015 y 2022 pudieron haber afectado la composición de especies, los resultados indican una diversidad estable que podría estar relacionada con la capacidad de regeneración de la vegetación. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para comprender la recuperación de la cobertura vegetal y las dinámicas ecológicas de la Hacienda Inglaterra.

3.2.3 Resultados de Riqueza de Shannon

Con los resultados del método fitosociológico mostrados en el Apéndice 1, Cuadro 2, se procedió a analizar el índice de Riqueza de Shannon en las parcelas muestreadas, donde se encontró que, el índice de Riqueza de especies de Shannon indica valores de 2.5, esto se interpreta como una riqueza baja, ya que los valores relevantes empiezan a partir de 3.5, en una escala hasta el 5 (Del Rey, 2021).

Figura 14

Índice de Riqueza de especies de Shannon



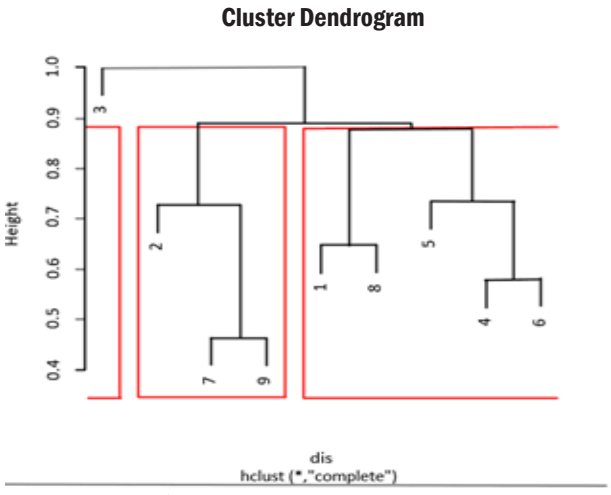
Nota. Elaboración propia.

Con dichos resultados, se elaboró un dendrograma cluster, para conocer cómo se asocia la comunidad de especies de plantas, según las parcelas muestreadas Apéndice 1, Cuadro 1. Por lo que este análisis nos indica que la composición de la vegetación es muy similar entre sí y solo las parcelas 7 y 9 (Figura 15) presentan una composición florística diferente al resto de individuos.

Este hallazgo indica que, a pesar de la similitud general entre las parcelas, existen factores específicos que afectan la vegetación en esas dos áreas, como diferencias en las condiciones microambientales, tipo de suelo, exposición al fuego (en caso de que los incendios hayan tenido efectos diferentes), o incluso procesos de sucesión ecológica distintos. Estas diferencias podrían justificar el comportamiento atípico de las parcelas 7 y 9 en relación con el resto de las parcelas estudiadas dentro de la Hacienda Inglaterra.

Figura 15

Dendrograma cluster



Nota :Elaboración propia.

3.3 Análisis de suelo

De acuerdo a los análisis de laboratorio, se encontraron datos de Materia orgánica entre los valores de 1.24 a 3.45 %, con pH que rondan entre 6.01 y 7.60, con excepción de la muestra 6 que posee un pH de 3.90. La textura predominante en los sitios de muestreo es Arenoso-Franco. Los niveles de Nitrógeno total están en rangos bajos, entre 0.01 a 0.16 % ver tabla 3.

Tabla 3
Resultados de laboratorio de suelo

Muestra *	Textura	Humedad %	% Materia Orgánica	Porosidad %	NT %	Conductividad µS/cm	pH	Densidad Aparente g/cm3
M1	Franco-Arcilloso-Arenoso	27.88	1.60	52	0.08	44.90	6.15	1.19
M2	Franco-Arenoso	35.38	2.20	53	0.10	80.80	7.60	1.16
M3	Arenoso-Franco	26.16	3.20	55	0.15	48.90	6.01	1.10
M4	Arenoso-Franco	40.05	3.45	55	0.16	59.50	6.30	1.08
M5	Arenoso-Franco	44.79	1.24	52	0.06	49.70	6.34	1.22
M6	Franco-Arcilloso-Arenoso	51.51	2.28	54	0.11	38.50	3.90	1.15
M7	Arenoso-Franco	35.01	2.45	54	0.11	80.70	6.48	1.14
M8	Arenoso-Franco	37.99	3.24	55	0.15	50.50	6.22	1.10

Fuente: Laboratorio de Suelos – Universidad Centroamericana (UCA).

3.4 Amenazas

De acuerdo a entrevistas realizadas a los trabajadores y propietarios de la Hacienda Inglaterra, desde el año 2015 hasta el año 2022 se han producido 10 incendios, mismos que se han desarrollado siempre en verano. Se indicó que los incendios son de origen antrópico, causados por personas que intentan capturar garrobos de manera ilegal, tanto en sus terrenos como en el de los vecinos, provocando incendios forestales, mismos que inician tanto dentro de la Hacienda como desde sus áreas vecinas.

Actualmente no disponen de un sistema de gestión de incendios por lo que para poder sofocarlos usan palas, machetes, tierra y el personal que se encuentre disponible, también utilizan contrafuego y realizan rondas de vigilancia.

4. Discusión

La cobertura y uso de suelo basada en tres clases, así como su tasa de cambio fueron de gran utilidad para definir a partir de imágenes satelitales, la posible afectación en cuanto al área correspondiente a bosque entre los años 2015 y 2022. Respecto de la variabilidad experimentada por las clases definidas, las transiciones entre categorías, reflejan la alta dinámica que experimentan los diferentes usos de suelo ver tabla 4.

Tabla 4

Resultados de tasa de cambio de uso de suelo

Tipo de cambio	Área (Km^2)	Porcentaje del área total de la Hacienda
Sin cambios	0.51	68.39%
Bosque ralo a Bosque denso	0.12	16.09%
Bosque ralo a Área urbana	0.0074	0.99%
Bosque denso a Bosque ralo	0.11	14.23%
Bosque denso a Área urbana	0.0014	0.19%
Área urbana a Bosque denso	0.00091	0.12%
Total	0.75	100.00%

Fuente propia.

Como se aprecia en la tabla de tasa de cambio, la mayor parte de la propiedad ha permanecido sin modificaciones, representando un 68.39% del área total de la hacienda. Sin embargo, es notable la transformación en las áreas de bosque ralo y bosque denso. En 2022, el 16.09% del área total, previamente clasificada como bosque ralo, evolucionó hacia bosque denso, evidenciando un proceso de recuperación natural. Por otro lado, un 14.23% del área, que en 2015 correspondía a bosque denso, ha pasado a ser bosque ralo, lo que podría reflejar perturbaciones recientes en la cobertura forestal. Estos cambios destacan la dinámica de regeneración y modificación del paisaje dentro de la propiedad.

El cambio entre ambos tipos de bosque ocurre debido a que después de que la vegetación existente se queme, el suelo se enriquece con nutrientes y queda más expuesto a la luz solar, lo que acarrea la llegada de especies pioneras, como pastos y arbustos más resistentes como parte de la regeneración natural del bosque, como un mecanismo para restaurar su condición original antes del incendio.

Los resultados obtenidos por medio del cálculo de la temperatura, muestran que, en febrero del año 2022, las temperaturas se mantuvieron en el rango de 23.58 a 27.77 °C, comparado al mismo mes del año 2015, cuando se registraron rangos de 25.42 a 30.67 °C.

Sobre los resultados para los análisis de suelo, fue notorio que la materia orgánica fue baja en la mayoría de las muestras a excepción de las muestras 3, 4 y 8, que fueron tomadas en zonas alejadas de donde ocurren afectaciones recurrentes por incendios forestales. El porcentaje de materia orgánica más bajo fue encontrado en la muestra 5, con 1.24 %, mientras que el más alto corresponde a la muestra 4, con 3.45 %. Por lo tanto, en las zonas de incendios el porcentaje de materia orgánica es considerablemente más bajo por lo que, puede influir en las formas en cómo se establece la vegetación.

La materia orgánica, está constituida por el residuo de plantas y animales incorporados al suelo, y se expresa en %. Según Molina (2007), el contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes. Los suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5%.

Debido a lo anterior se puede considerar que la calidad de los suelos se ha visto modificada a lo largo de los años entre 2015 y 2022 debido a la ceniza, lo cual es corroborado

también por otros parámetros analizados, como el pH, que se mantiene ácido en la zona suroeste donde frecuentemente hay incendios, en este caso casi todas las muestras tuvieron un pH menor a 7, a excepción de la muestra número 2, con un pH de 7.60, la cual fue tomada en una zona que ya se ha recuperado del daño provocado por los incendios.

Con respecto a la riqueza de las zonas de bosque denso y bosque ralo, esta es baja, pues no se presenta una gran variedad de especies como cabría esperar en una zona de estudio relativamente grande como esta. No obstante, la predominancia de cedro *(Cedrela odorata)* puede deberse a que crece mejor en suelos bien drenados y se puede encontrar en áreas perturbadas, bordes de caminos, pastizales y setos, ya que exhibe una supervivencia y crecimiento extremadamente bajos en condiciones de inundación (Bertrand & Justice, 2022).

Su presencia denota un desplazamiento de las especies anteriores al incendio, pues según Bertrand & Justice (2022), las densas copas de los rodales maduros de *Cedrela odorata* impiden que la radiación solar llegue en cantidades habituales al suelo del bosque, aunque los huecos entre las copas hacen muy improbable el bloqueo completo de la radiación solar.

En cuanto a las especies pioneras identificadas, sobre la *Petiveria alliacea,* Rojas & Acevedo (2023), mencionan que es muy común en zonas perturbadas, bordes de bosques húmedos, bordes de caminos, riberas de ríos, pastizales y jardines dentro de su rango de distribución nativo. Esta especie también se puede encontrar creciendo como maleza en plantaciones, áreas de cultivo y pastizales.

Sobre *Urera baccifera*, esta planta también se puede encontrar en bosques recientemente afectados por incendios, crece en bosques tropicales húmedos y no es muy tolerante a la sombra, por lo que muere cuando se cierra el dosel superior (IDSeeds Farm, 2023).

En un estudio realizado por Mostacedo et al. (1999), al comparar los sitios quemados y no quemados del bosque seco, se encontró que el área basal relativa de las dos especies arbóreas más dominantes cambió en los sitios quemados y no quemados; varias especies heliófitas, incluyendo *Trema micrantha, Heliocarpus americanus, Urera baccifera y Enterolobium contortisiliquum,* que se presentaron en el área quemada, más no en el área sin quemar del bosque seco.

4. Conclusiones

De acuerdo a los análisis comparativos llevados a cabo en este estudio, se observó que los mapas de cobertura y uso de suelo en los años 2015 y 2022 elaborados para la Hacienda Inglaterra, tanto el bosque ralo y como el bosque denso en el año 2015, mostraron modificaciones para el año 2022. Un área de 0,12 km2, correspondiente al bosque denso en 2015 fue transformada a bosque ralo en 2022, mientras que, en otras zonas, 0,11 km2 cambiaron de bosque ralo a bosque denso en los mismos años.

En ambos casos se puede deber a que hayan sido áreas quemadas y con el pasar del tiempo se han recuperado con gran rapidez, no obstante, con predominancia de especies pioneras.

Las zonas más calientes, como representan los mapas, son de mucho interés debido a que posiblemente han sido afectadas por los incendios, y esto se denota en las muestras de suelos que se han analizado. La presencia de bajos porcentajes de materia orgánica en el suelo de la Hacienda, puede dar una idea de la disminución que han sufrido los nutrientes de los suelos. Esto es debido a

que, las plantas necesitan macronutrientes y micronutrientes para su sostenibilidad, por lo que si alguno de ellos disminuye su concentración, la vegetación se ve afectada.

Esta afectación pudo ser observada, en base a la riqueza de especies encontrada en la zona. Se determinó una cantidad de 41 especies distribuidas en la zona de estudio, siendo una zona boscosa de transición, debería tener mayor cantidad de especies en relación a los 0.75 km² de área estudiada. El índice de Riqueza de especies de Shannon indica valores de 2.5, por lo que se interpreta como una riqueza baja.

Por lo tanto, los datos obtenidos, aunque con recursos limitados, permiten concluir que la composición de la cobertura vegetal y el ecosistema en la Hacienda Inglaterra, ubicada en la carretera hacia El Crucero, Managua, Nicaragua, sí ha sufrido afectaciones por causa de los incendios forestales ocurridos entre 2015 y 2022.

Con base en estas conclusiones, se proponen recomendaciones clave para mejorar la gestión de riesgos contra incendios y fomentar la recuperación de la biodiversidad y el suelo. Se sugiere la planificación de un sistema de gestión de riesgos que permita administrar las zonas vulnerables con mayor eficacia. Asimismo, se recomienda emplear barreras vivas, utilizando la especie Eucalipto (Eucalyptus globulus), alrededor de las áreas más afectadas para contener posibles futuros incendios.

Además, se recomienda el enriquecimiento de especies forestales mediante la incorporación de especies adaptadas a condiciones adversas, como Chocoyito (Dyospirus salicifolia), Guayabón (Psidium guajava), Nanciguiste (Diospyros salicifolia), Ñambar (Dalbergia retusa), Inga (Inga edulis), Madero Negro (Gliricidia sepium), Vainillo (Leucaena magnifica) y Laurel (Laurus nobilis), con el fin de favorecer la recuperación de la biodiversidad y la calidad del suelo.

Es oportuno mencionar que, el presente artículo es un primer acercamiento a las afectaciones de incendios, en este caso provocadas, a la Hacienda y provee información base para estudios futuros, por lo cual sería adecuado la realización de un segundo estudio para profundizar en el desplazamiento de especies a causa del cedrela odorata, o bien, la detección de parámetros más específicos en el suelo, como lo son el fósforo (P), el potasio (K) y el nitrógeno elemental (N).

5. Agradecimientos

Se agradece a los propietarios de la Hacienda Inglaterra por su amabilidad y atención al permitirnos el acceso para esta investigación, a la MSC. Iris Saldívar por su acompañamiento, paciencia y dedicación durante la realización de este artículo, al Laboratorio de Suelos de la Universidad Centroamericana y sus pasantes por su disposición y colaboración en el análisis de las muestras y finalmente al docente Rolando Dávila por propiciar el espacio en su asignatura para la discusión de este artículo.

6. Referencias

Access. (2019). *Las imágenes satelitales y sus aplicaciones en la vida cotidiana.* https://axessnet.com/las-imagenes-satelitales-y-sus-aplicaciones-en-la-vida-cotidiana/

Alcaraz, F. (2013). *El método fitosociológico.* Universidad de Murcia España. https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema11.pdf

Avdan, U. and Jovanovska, J. (2016) Algorithm

for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. *Journal of Sensors,* ID: 1480307. https://doi.org/10.1155/2016/1480307

Bertrand Festus, N. & Justice O. (2022). Topography alters stand structure, carbon stocks and understorey species composition of Cedrela odorata plantation, in a semi-deciduous forest zone, Ghana, Trees, *Forests and People,* Volume 10, 2022, 100352, ISSN 2666-7193, https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100352.

Bravo, N. (2020). *Teledetección y procesamiento de imágenes satelitales. Geomática Ambiental.*

CONABIO. (2023). Monitoreo de la cobertura de suelo. https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/cobertura-suelo

Del Rey I. (2021). *Índice de Shannon–Biodiversidad* https://www.tiloom.com/indice-de-shannon-biodiversidad/

EFE. (27 ene, 2022). *Nicaragua registró 70 incendios en 2021, incluido 28 forestales.* https://www.swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/spa/nicaragua-incendios_nicaragua-registró-70-incendios-en-2021--incluido-28-forestales/47299426#:~:text=Managua%2C (EFE)

El Confidencial. (2022). Nicaragua registra más incendios forestales en áreas protegidas. https://www.confidencial.digital/nacion/nicaragua-registra-mas-incendios-forestales-en-areas-protegidas/

Eos Data Analytics. (2021). Bandas Landsat 8: Combinaciones Y Usos En Imágenes. https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/

Grajeda Rosado R. M., Alonso Guzmán E. M., Esparza López C. J., Molina W. M., Chávez García H. L. & Yedra E. L. (2020). *Mapping the LST (Land Surface Temperature) with Satellite Information and Software ArcGis.* https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/811/1/012045/pdf

Gómez, L. F. (2021) Análisis de indicadores de cambio de usos del suelo y vulnerabilidad de cambio en la ciudad de Goya, Corrientes, Argentina, entre 1990 y 2016. *Revista Huellas, 25*(1) http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas

IDSeeds Farm. (2023). *Urera Baccifera.* https://www.idseeds.com/es/products/urera-baccifera

Jalabert, R., González, M., González, Á., & Lara, A. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere, 9*(4). https://doi.org/10.1002/ecs2.2171

Molina, E. (2007). *Análisis de suelos y su interpretación.https://www.academia.edu/43763792/AN%C3%81LISIS_DE_SUELOS_Y_SU_INTERPRETACI%C3%93N*

Mostacedo B., Fredericksen T., Gould K. & Toledo M. (1999). *Comparación de la respuesta de las comunidades vegetales a los incendios forestales en los bosques tropicales secos y húmedos de Bolivia.* Documento Técnico 83.

Juárez-Orozco SM, Siebe C, Fernández y Fernández D. (2017). Causes and Effects of Forest Fires in Tropical Rainforests: A Bibliometric Approach. *Tropical Conservation Science*, 10. doi:10.1177/1940082917737207

Pineda Jaimes, N., Santana Castañeda, G. (2019). Cambios en la Cobertura y Uso del Suelo en el Estado de México, en el Período 2002-2014. *Revista digital*

del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). N0.15 https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e_6872b32d4dea4a86bfc3df5b89ababa8.pdf

Pontius, R. G. Jr., E. Shusas & McEachern (2004), Detecting important categorical land changes while accounting for persistence, *Agriculture, Ecosystems and Environment,* No. 101, pp. 251–268.

Rojas-Sandoval J. & Acevedo-Rodríguez P. (2023). *Petiveria alliacea (hierba de gallina de Guinea). Compendio CABI*. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.70236

Roswell M., Dushoff J, & Winfree R. (2021). *Una guía conceptual para medir la diversidad de especies.* https://doi.org/10.1111/oik.07202

Rubi, J., & Romero, Z. (2019). *Evolución histórica del municipio El Crucero departamento de Managua y su vinculación con la producción cafetalera desde 1845 hasta la actualidad.* [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. https://repositorio.unan.edu.ni/10858/1/9259.pdf

Singh Chilwal, A. V. (2022). *Land surface temperature estimation.* https://es.scribd.com/document/552069162/Land-Surface-temperature-estimation-1#

Santillán Nicola, D. (2016). *Análisis multitemporal de usos y coberturas de la tierra en el período 2005-2016 en el valle de Sico-Paulaya, Honduras.* [Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras].https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5747

Somarriba, E. (1999). *Diversidad Shannon. Agroforestería en las Américas,* 6(23). http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/AGRO/article/view/707/861

Vega, L. (2022). *Incendios de malezas en Managua podrían aumentar con la llegada de temporada seca.* https://www.vostv.com.ni/nacionales/21672-incendios-forestales-incrementan-temporada-seca/

Xinhua. (2016). *Incendio forestal afecta 81 hectáreas en tres días en Nicaragua*. http://spanish.xinhuanet.com.

7. Apéndices

A continuación, se detallan las zonas, los puntos de quemas, las características y especiales que se encontraron en la zona de estudio.

APÉNDICE 1: LISTADO DE ESPECIES

Tabla 1
Zonas identificadas en la hacienda

Zona	Características
1	Bosque secundario en regeneración, árboles con diámetros entre 70 y 150 cm, tres capas de vegetación (hierbas, lianas y efímeras)
2	Bosque secundario en regeneración
3	Cambio de composición
4	Se encuentra un parche de café de sombra de más de 40 años de antigüedad, con una carbonera cercana
5	Zona de transición cercana al cementerio
6	Cobertura de entre 50% y 75% de área de bosque
7	Cobertura de dosel del 70%
8	Incendio desde los potreros de San Rafael, área de regeneración por fuego desde hace tres años. Dosel de 30%
9	En el área de toño pai, hubo reforestación. Uso de la tierra: Parche de café, plátano. Cobertura de dosel de 40%

Tabla 2
Listado de especies

Clave	Nombre científico	Codificación								
Albnio	Albizia niopoides	0	0	0	1	1	1	1	1	1
anopur	Annona purpurea	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Broali	Brosimum alicastrum	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cecpel	Cecropia peltata L.	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Cedodo	Cedrela odorata	0	0	0	1	0	1	1	0	0
Cohvit	Chlorospermun vitifolium	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Corall	Cordia alliodora	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dipame	Diphysa americana	0	1	0	0	0	0	1	0	1
Ficela	Ficus elastica	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Fictri	Ficus trigonata	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Fucpan	Fuchsia paniculata	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Glisep	Gliricidia sepium	0	1	0	0	0	1	1	0	1
Hararb	Harpalyce arborescens	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hurcre	Hura crepitans	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Ingver	Inga vera	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Leuleu	Leucaena leucocephala	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Lonmin	Lonchocarpus minimiflorus	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Micarg	Miconia argentea	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Muncal	Muntinguia calabura	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Pasfoe	Passiflora foetida	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Penmac	Pentaclethra macroloba	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Pipama	Piper amalago	0	0	1	0	0	1	1	1	0
Pocfle	Pochota fendleri	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Samsam	Samanea saman	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Senski	Senna skinneri	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Sideroxilium	Sideroxylon capiri	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Spomom	Spondias mombin	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Swihum	Swietenia humilis	1	1	0	1	1	1	0	1	1
Tabgua	Tabebuia guayacan	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Urebac	Urera baccifera	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Capparis	Capparis odoratisima	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Caecor	Caesalpinia sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Colmun	Colopogonium mucunoides	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Malpen	Malvaviscus penduliflorus	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Mirjal	Mirabilis jalapa	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Petall	Petiveria aliacea	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Ranarm	Randia armata	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Specious	Costus speciosus	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Yucele	Yuca elephantipes	0	0	0	1	0	1	1	0	0
Antorium	Antorium sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Tabla 3
Listado de vegetación de 2015

Familia	Nombre de la especie	Nombre inglés	Nombre español	Bosque	Café borde	Total general
Apodidae	Chaetura vauxi	Vaux's Swift	Vencejo		1	1
Columbidae	Leptotila verreauxi	White-tipped Dove	Patacona, Paloma Coliblanca		3	3
Cuculidae	Piaya cayana	Squirrel Cuckoo	Cuco Ardilla		2	2
Emberizidae	Arremonops rufivirgatus	Olive Sparrow	Pinzón Olivo		1	1
Fringillidae	Euphonia hirundinacea	Yellow-throated Euphonia	Eufonia gargantiamarilla		2	2
Icteridae	Quiscalus mexicanus	Great-tailed Grackle	Zanate	1		1

Incertae Sedis	Saltator atriceps	Black-headed Saltator	Saltador Cabecinegro		3	3
Momotidae	Eumomota superciliosa	Turquoise-browed Motmot	Guardabarranco Turqueza	1	2	3
Parulidae	Basileuterus rufifrons	Rufous-capped Warbler	Chipe/Reinita Cabecicastaña	3	6	9
	Setophaga petechia	Yellow Warbler	Chipe/Reinita Amarilla	4		4
Picidae	Melanerpes hoffmannii	Hoffmann's Woodpecker	Carpintero Hoffman	4	3	7
Pipridae	Chiroxiphia linearis	Long-tailed Manakin	Saltarín Toledo		2	2
Psittacidae	Aratinga canicularis	Orange-fronted Parakeet	Chocoyo Frentinaranja	2	3	5
Thamnophilidae	Thamnophilus doliatus	Barred Antshrike	Hormiguero Bulico	1	3	4
Tityridae	Pachyramphus aglaiae	Rose-throated Becard	Cabezón Rosado		2	2
Troglodytidae	Campylorhynchus rufinucha	Rufous-naped Wren	Saltapiñuela	10	10	20
	Cantorchilus modestus	Plain Wren	Charralero Liso	4	2	6
	Thryophilus pleurostictus	Banded Wren	Charralero Bandeado	2	3	5
Trogonidae	Trogon melanocephalus	Black-headed Trogon	Trogon Cabecinegro		2	2
Turdidae	Turdus grayi	Clay-colored Thrush	Zensontle	6	1	7
Tyrannidae	Megarynchus pitangua	Boat-billed Flycatcher	Guis Picudo		1	1
	Pitangus sulphuratus	Great Kiskadee	Guis Común	4		4
	Tolmomyias sulphurescens	Yellow-olive Flycatcher	Mosquero Olivo	1	1	2
	Tyrannus melancholicus	Tropical Kingbird	Mosquero Tirano	2		2
Total general				**45**	**54**	**99**

APÉNDICE 2: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELO

Tabla 4

Análisis de suelo por el laboratorio de suelos, Universidad Centroamericana

Muestra	Textura	Humedad %	Materia Orgánica	Porosidad %	NT %	Conductividad µS/cm	pH	Densidad Aparente g/cm³
MI	Franco-arcilloso-arenoso	27,88	1,60	52	0,08	44,90	6,15	1,19
M2	Franco-Arenoso	35,38	2,20	53	0,10	80,80	7,60	1,16
M3	Arenoso-Franco	26,16	3,20	55	0,15	48,90	6,01	1,10
M4	Arenoso-Franco	40,05	3,45	55	0,16	59,50	6,30	1,08
M5	Arenoso-Franco	44,79	1,24	52	0,06	49,70	6,34	1,22
M6	Franco-arcilloso-arenoso	51,51	2,28	54	0,11	38,50	390	1,15
M7	Arenoso-Franco	35,01	2,45	54	0,11	80,70	6,48	1,14
M8	Arenoso-Franco	37,99	3,24	55	0,15	50,50	6,22	1,10

Control de Calidad

Análisis	Desviación estándar	Procedimientos de control de calidad intra-laboratorio
Humedad	±2,50	Duplicado
Materia Orgánica	±0,20	Control
Porosidad	±2,10	Blanco
Nitrógeno total	±0,01	Recuperación
Conductividad	±1,80	
pH	±0,05	
Densidad Aparente	±0,02	