



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad de Humanidades y Ciencias Jurídicas

Departamento de Geografía

**Análisis multitemporal de la fragmentación del bosque de la Unidad
Hidrográfica del río de Pueblo Nuevo durante los últimos 40 años,
departamento de Estelí**

Monografía para optar al grado de

Licenciado en Geografía

Autor

Br. Izalaya Maithe Campos Ramírez

Tutora

Ing. Marjorie Isabel Toruño Álvarez

Asesores:

Ing. José Ariel Cruz Martínez

Ing. Wilmer Alberto Rodríguez

Managua, diciembre 2022



DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por haberme permitido llegar a culminar con feliz éxito mis estudios, dándome sabiduría y entendimiento para no darme por vencido y seguir siempre adelante. A él sea toda la honra y la gloria, gracias por tus bendiciones.

A mis padres Alejandro José Campos y María Auxiliadora Ramírez, por haber depositado en mí su confianza, por sus oraciones, su amor incondicional que siempre me dan, por acompañarme en los momentos malos que he pasado; LOS AMO MIS VIEJITOS.

A mi hermano Bryan Alexandre Campos Ramírez que me brindó su apoyo y amor hasta sus últimos días de vida, sé que desde el cielo me cuida. TE QUIERO MI FLAQUITO.

A mi hermano Christopher Junior Campos Ramírez y mi sobrino Christopher Aleksandr Campos Salgado por sus apoyo y amor incondicional, son mi motivación para mejor cada día ser una profesional. LOS QUIERO MUCHO MI CHUCOTERIO Y MI TURRON.

A todas mis familias que estuvieron al pendiente de mi formación y que de alguna manera me ayudaron a seguir siempre estar luchando, sin sus motivaciones no sería posible llegar a esta etapa final de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En especial y profundamente a Dios nuestro señor, por darme siempre la esperanza de ver la luz de cada amanecer, por protegerme siempre en cada paso que doy, mil gracias.

A la UNAN-Managua por crear las oportunidades de que podamos concretarnos como profesionales. A la Facultad de Humanidades y Ciencias Jurídicas, al Departamento de Geografía en especial la maestra Amparo Brenes, profesora del departamento de Geografía, le agradezco por su apoyo en el momento más doloroso de mi vida, sus consejos y enseñanzas en cada clase que me impartió y por formar parte de mi formación profesional, muchas gracias y bendiciones.

Al Instituto de Geología y Geofísica de UNAN-Managua (IGG-CIGEO) , por abrirme las puertas y acompañarme en el proceso de culminación de carrera, a todos los docentes investigadores y a la Ingeniera Marjorie Isabel Toruño Álvarez, estoy tan agradecida con usted por ser mi tutora, ser tan paciente conmigo, por apoyarme en la culminación de mi formación profesional, muchas gracias Dios me la bendiga siempre.

Al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) también por colaborar en cada etapa del desarrollo de este trabajo monográfico, en especial al Ingeniero Gonzalo Bonilla del área de ordenamiento territorial del INETER, por sus apoyo y consejos de seguir adelante y de no rendirme, por compartir sus conocimientos para mi formación profesional. Al Ingeniero Wilmer Alberto Rodríguez, por ser mi asesor en la elaboración de mi tesis, por su apoyo y motivación de incursionar a aprender nuevos métodos y herramientas, muchas gracias Ingeniero Rodríguez. Y al Ingeniero José Ariel Cruz Martínez, le agradezco por su acompañamiento en la elaboración de mi tema, los consejos y por animarme a mejor cada día, muchas gracias por ser parte de mi formación profesional.

A mi novio Bismarck Alejandro Pacheco Montoya por su apoyo emocional, por estar a mi lado animándome a seguir luchando cada día, a pesar de las dificultades, gracias amor por tu apoyo incondicional.

CARTA AVAL DEL TUTOR

RESUMEN

El fenómeno de la fragmentación de hábitat es una de las mayores amenazas para la conservación de los bosques. Las influencias de las expansiones de la agricultura, los fenómenos naturales y las extracciones de madera preciosa considerados los principales agentes responsable de este fenómeno ha provocado la fragmentación del bosque en parches de hábitat con conexiones de bosque de galería, por lo que se evalúa la Fragmentación del Bosque utilizando la metodología de forma propuesta por Patton, (1975) y la Tasa de cambio de cobertura a través el cálculo de índices de compactación y grado de fragmentación.

El objetivo principal de esta tesis es determinar las tasas de fragmentación de los bosques en la unidad hidrográfica Pueblo Nuevo aplicar las herramientas metodológicas para el análisis multitemporal de la fragmentación de bosque en la unidad hidrográfica de Pueblo Nuevo, que consiste en el análisis del índice de forma de la fragmentación, el grado de fragmentación y la tasa de cambio que se encontró en el área de estudio. Asimismo, para conocer la fragmentación del bosque se realizó una clasificación de las imágenes LANDSAT, los principales resultados encontrados indican que de acuerdo al Índice de Forma de Patton, la forma dominante en el área es la Oval-redonda con el porcentaje de 3.88%, y la forma de Patton menos predominante es la rectangular con 1.28%. En el cálculo de compactación es de 120.23%, al calcular el grado de fragmentación nos encontramos una fragmentación moderada del 6.83% en las áreas casi horizontales y moderadamente ondulada–inclinadas según las pendientes del área de estudio.

En lo que respecta a la tasa de cambio de cobertura se observa una pérdida de bosque perennifolio -0.07 en los periodos 2011-2020, en los bosques caducifolios tiene un leve aumento del 0.06 en los periodos 2011-2020, los boques de Roble con un 0.06 de aumento y en la clasificación de otro uso un aumento del 0.24 % del área. Por lo que resulta proponer acción de buenas practica para el manejo de los recursos naturales para la conservación de los mismo ante antes que la perdida de bosque sea mayor a medida que aumenta la población y los usos de la tierra para la agricultura.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
CARTA AVAL DEL TUTOR.....	4
RESUMEN	5
ÍNDICE.....	6
CAPITULO I	9
1.1 Introducción	9
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos de investigación	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO II.....	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Marco Teórico	17
2.3 Marco Conceptual	20
2.4 Marco legal.....	22
2.5 Hipótesis-Preguntas directrices	25
CAPÍTULO III.....	25
3.1 Enfoque filosófico de la investigación	25
3.2 Tipo de estudio.....	26
3.3 Área de estudio.....	26
Clima	27
Precipitación	28
Temperatura.....	28
Geología.....	29
Recursos Edafología	31

Flora y fauna.....	31
Parámetros de forma de la cuenca	31
3.4 Población y Muestra.....	36
3.5 Métodos y técnicas para la recolección y análisis de datos.....	36
Instrumentos de recolección de datos	36
Materiales	36
Métodos	37
Trabajo de Campo	40
CAPÍTULO IV.....	40
4.1 Análisis y discusión de resultados.....	40
Clasificación de la cobertura y uso de suelo.....	40
Clasificación de las coberturas y uso de suelos	41
Índice de forma de Patton.....	49
Cálculo del índice de Compactación de la fragmentación	51
Cálculo del Grado de fragmentación	53
Análisis de la tasa de cambio.....	55
CAPÍTULO V.....	57
5.1 Conclusiones	57
5.2 Recomendaciones.....	58
5.3 Referencia.....	58
5.4 Anexos.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Fragmentación	10
Figura 2. Mapa de Ubicación de la Unidad Hidrografía del Río de Pueblo Nuevo.	27
Figura 3 Mapa de Precipitaciones de la UH del Río de Pueblo Nuevo	28
Figura 4. Mapa de Temperatura de la UH del Río de Pueblo Nuevo	29
Figura 5. Mapa Geológico de la UH del Río de Pueblo Nuevo.....	30
Figura 6	32

Figura 7. Mapa de Elevaciones de la UH del Río de Pueblo Nuevo	32
Figura 8. Mapa de Pendiente de la UH del Río de Pueblo Nuevo.....	33
Figura 9	34
Figura 10. Mapa actual del Uso de suelo de la UH del Río de Pueblo Nuevo	35
Figura 11 Cobertura y uso de suelo del año 1979.....	41
Figura 12 Cobertura y uso de suelo del año 1985.....	42
Figura 13	43
Figura 14 Cobertura y uso de suelo del año 1989.....	44
Figura 15 Cobertura y uso de suelo del año 1999.....	45
Figura 16. Mapa del Índice de Forma de Patton.....	50
Figura 17 Mapa del Índice de Compactación de la Fragmentación.....	52
Figura 18. Índices de Grado de Fragmentación	54
Figura 19 . Tasas de cambio por Clase de Bosque	55

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Marco Legal</i>	22
Tabla 2. Tabla de Ecuaciones para determinar el Índice de Fragmentación	39
Tabla 3. Porcentaje de la Fragmentación de Patton	49
Tabla 4 Cálculo de Índice de Compactación	51
Tabla 5. Grado de fragmentación de la Unidad Hidrográfica de Pueblo Nuevo	53
Anexo 9 Tabla 6 Puntos levantados.....	67

CAPITULO I

1.1 Introducción

De acuerdo con (World Economic Forum, 2023) La biodiversidad dentro y entre los ecosistemas ya está disminuyendo más rápido que en cualquier otro momento de la historia humana. A diferencia de otros entornos riesgos, pérdida de biodiversidad y colapso de los ecosistemas no fueron vistos como una preocupación apremiante por los encuestados de GRPS a corto plazo. Sin embargo, se acelera en la gravedad percibida, llegando al 4to lugar en el período de los últimos de 10 años. Las intervenciones humanas han impactado negativamente un ecosistema natural global complejo y delicadamente equilibrado, desencadenando una cadena de reacciones.

Dado que se estima que más de la mitad de la producción económica mundial depende de moderada a alta de la naturaleza, el colapso de los ecosistemas tendrá consecuencias económicas y sociales de gran alcance.

La deforestación y la fragmentación de los bosques también conllevan un contacto más estrecho entre las personas y el ganado y la fauna silvestre, lo que aumenta los conflictos entre el ser humano y la fauna silvestre y el riesgo de transmisión de enfermedades entre ellos (FAO, 2022). También es un factor importante en la propagación de enfermedades de transmisión vectorial (esto es, enfermedades, como el paludismo, que se transmiten por medio de especies vectores entre especies susceptibles). La deforestación, especialmente en las regiones tropicales, se ha asociado a un aumento de las enfermedades infecciosas como la fiebre dengue, el paludismo y la fiebre amarilla.

La destrucción y degradación de los ecosistemas naturales son las principales causas de la disminución de la biodiversidad mundial. Esta destrucción del hábitat típicamente conduce a la fragmentación, que consiste en la división del hábitat en fragmentos más pequeños y aislados separados por una matriz de cobertura terrestre transformada por el hombre. La pérdida de área, el aumento del aislamiento y la mayor exposición a los usos humanos de la tierra a lo largo de los bordes de los fragmentos inician cambios a largo plazo en la estructura y función de los fragmentos restantes (Haddad et al., 2015), como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Fragmentación



Nota: Tomado de (Fernández, 2018).

De acuerdo con la investigación desarrollada por (Fischer et al., 2021), grandes áreas de bosques tropicales se han perdido debido a la deforestación, lo que resulta en paisajes forestales fragmentados. Sin embargo, la dinámica de la fragmentación forestal aún se desconoce, especialmente las áreas críticas del borde del bosque, que son fuentes de emisiones de carbono debido al aumento de la mortalidad de los árboles. Este autor afirma que los bosques tropicales son un elemento crucial del sistema terrestre. Representan una reserva global de carbono relevante, albergan una gran parte de la biodiversidad terrestre y proporcionan importantes servicios ecosistémicos. Según este estudio para la región tropical de América entre el periodo del 2000 al 2010 hubo un incremento en el porcentaje de la superficie forestal fragmentada de un 23% a un 25%.

Nicaragua tiene una superficie de 130,370 km² para 1950 más del 60% de este territorio nacional estuvo cubierto de bosques naturales, lo que hoy día es reducido a unos 33%, alrededor de 4,3 mio. hectáreas de bosques. La gran mayoría de la cobertura forestal en Nicaragua es latifoliada y se ubica en lo que corresponde a las dos regiones autónomas norte y sur de la Costa Caribe, RACCN y RACCS, aunque se extienden hacia los departamentos

de Jinotega en el norte y el Río San Juan en el sureste. Los núcleos forestales son además y principalmente áreas protegidas nacionales de diversas categorías y propiedad colectiva de pueblos indígenas y afrodescendientes (*Nicaragua*, n.d.)

De acuerdo con reporte de (MARENA, 2019), la evolución de la cobertura forestal nativa de Nicaragua desde 1969 hasta el 2015. La tendencia actual de la deforestación neta en Nicaragua es aumentar. Entre 1969 y 1983 el área forestal nativa del país se redujo en aproximadamente 1.7 millones de hectáreas, o alrededor de 120 mil hectáreas al año. Un dato importante de remarcar es que la expansión agrícola ocurrió el gran parte del país, con excepción de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe.

En este mismo reporte de MARENA afirma que la deforestación anual se mantuvo estable desde 1983 hasta el 2005, cerca de 170000 has/año. Sin embargo, es probable el período de deforestación neta más alta fuera la década de los 1990s, y que los ochenta fueron un período de baja deforestación. Maldidier y Marchetti (1996) notan que entre 1979-1989 el área agropecuaria de país se contrajo aproximadamente 25%, poniéndose al nivel de 1960, por lo que la deforestación en los 1990 debió haber sido bastante más alta y la de los 1980s más baja que lo que el promedio para el período 1983-2000 sugiere, dejando como resultado una deforestación bruta en el período 2005-2015 fue de 147,000 has.

Como se puedo observar la situación de los bosques en nuestro país vienen degradándose continuamente, esto genera preocupación a niveles territoriales de mediana y pequeña escala, puesto que se empieza a notar que disminuye también la recarga hídrica, los ríos se secan, y los suelos son menor fértiles y productivos. Todo esto lleva a la iniciativa de estudiar a una escala de más pequeña, es decir, en la unidad hidrográfica (UH) del Río de Pueblo Nuevo, considerando que, aunque no permanezco en la zona, tengo mis orígenes en ella y he estado escuchando la preocupación de los habitantes de la zona.

En este trabajo monográfico se presenta entonces, el análisis que se realizó la UH mencionada y está estructurado en 5 capítulos. En el Capítulo I se aborda la problemática actual con respecto a la deforestación y degradación de los bosques que dan paso a la fragmentación de los bosques como también la razón que le dan pertinencia a este estudio. Los objetivos planteados generales y específicos a través de los cuales se alcanzó realizar el Análisis de la Fragmentación en la UH utilizando herramientas de Sensoramiento Remotos como de Sistemas de Información Geográfica como es el Algoritmo Random Forest propuesto por (Breiman, 2001) y que en la actualidad tiene mucha aplicación para distintas disciplinas.

Se determinó el Índice de Forma, para comprender como se está modificando el bosque, el índice Compactación, el Grado de Fragmentación y las Tasas de Cambio de Uso del suelo para un periodo de los últimos 40 años.

En el Capítulo 2, se presenta el Marco Referencial compuesto por los antecedentes nacionales e internacionales ordenados cronológicamente, también el Marco Teórico en el que se abordan la teoría existente para permitir el análisis de la Fragmentación de los Bosques, también se hizo una revisión jurídica que le da soporte legal a esta investigación sobretodo a nivel nacional y se describe cual es al hipótesis y pregunta de investigación.

En el Capítulo 3 se abordan todos los elementos del Marco Metodológico como el Enfoque Filosófico de la investigación, el tipo de estudio, el área de estudio, la población y muestra en estudio como también los métodos y técnicas para la recolección y análisis de datos.

En el Capítulo 4, se presentan los hallazgos más relevantes de la investigación a través del Análisis y discusión de los resultados, y en el Capítulo 4, se recogen las Conclusiones y recomendaciones identificadas como los respaldos referenciales y bibliográficos además de los Anexos que complementan a este trabajo.

1.2 Planteamiento del problema

En los años recientes se ha observado cambios en los bosques que forman parte de la unidad hidrográfica de río de Pueblo Nuevo, se ha observado que la actividad de agricultura ha causado un deterioro en los bosques, esta actividad avanza de manera descontrolada y ha provocado pérdida de bosques, esto somete a los suelos a una alta degradación provocando que la restauración de los bosques no se logre, lo que ha generado una alteración y perturbación a la ecología del paisaje de esta zona. Unido al avance de la frontera agrícola, se conocido también de la tala de bosque sin dejar por fuera el impacto que ha tenido esta zona producto del cambio climático y la variabilidad climática, que a su vez se cuenta como parte del Corredor Seco de Nicaragua, (Calderon et al., 2022).

Es relevante entonces realizar un Análisis multitemporal del grado de fragmentación que está notando en la unidad hidrográfica mencionada, utilizando herramientas de Sensores Remotos y Sistemas de información Geográfica con base en teoría y metodología que permiten determinar la forma actual de los bosques y sus elementos, como también otros indicadores como el índice de compactación, el grado de fragmentación y como ultimo parámetro el cálculo de la Tasa de cambio de uso de suelo por año para misma zona en estudios.

Este estudio se realiza en con fin de poder tener un conocimiento más preciso del estado del grado de la fragmentación de la unidad hidrográfica y la tendencia de las tasas de cambio de uso del suelo, con el propósito de poder incidir en la puesta en práctica de las leyes y regulaciones locales más efectiva que protejan estos recursos de la actividad humana y disminuya los efectos del cambio climático y la variabilidad climática.

1.3 Justificación

La fragmentación de los bosques, al igual que la deforestación y la desertificación, provocada por las actividades del ser humano y el cambio climático, han traído grandes retos para el desarrollo sostenible y han afectado los medios de vida de la población humana, además afectado a la flora, fauna y ecosistema. En el caso de los bosques tiene una importancia vital para el mantenimiento de la vida en la tierra y desempeñan un papel clave en la lucha contra el cambio climático. Es importante mencionar que el estado de los bosques del mundo, según la FAO (2020) hasta 2020 destaca que desde 1990, unos 420 millones de hectáreas de árboles han desaparecidos en pro de la agricultura y otros usos de la tierra. Por lo que la inversión en la restauración de la tierra es crucial para mejorar los medios de subsistencia y reducir las vulnerabilidades y los riesgos para la economía (FAO, 2020).

Es según el documento de análisis de la situación del sector forestal en Nicaragua de Instituto Nacional Forestal (INAFOR); los bosques de Nicaragua han sido sometidos a un fuerte proceso de deforestación (un promedio 70,000 has anuales en los últimos 50 años) y de degradación desde hace varias décadas, lo que ha llevado a la conversión de importantes áreas de suelos de vocación forestal a otro tipo de uso, especialmente agrícola y ganadero (INAFOR, 2008).

La pérdida de bosque en la unida hidrografía del Río de Pueblo Nuevo, ha provocado erosión en los suelos, separación de la flora y fauna, deslizamientos de tierra e inundaciones por tanto está situación le da pertenencia a realizar un estudio de Análisis de fragmentación de bosques en los distintos periodos analizados. Al igual que permite determinar el grado de fragmentación y compactación de los bosques, de manera que sirva como punto de partida para la toma de decisiones futuras o para la gestión de proyectos que aporten al retroceso de este fenómeno producido por la acción humana, atendiendo lo orientado por la ODS 15 dice que el cambio de Uso del Suelo y la agricultura son las fuentes del 42% de las emisiones de gases de efecto de invernadero en la región, en comparación con el 18% a nivel mundial (United Nations (UN), 2018).

También esta investigación se alinea a los lineamientos del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y Desarrollo Humano orientado por nuestro (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [Nicaragua], 2021) en especial con el lineamiento 11 que aborda la Medidas para mitigar los impactos de la variabilidad climática y el Cambio climático.

Este estudio también tiene como producto la generación de nuevo conocimiento a detalle, documento y con suficiente argumento científico que puede dar paso a nuevas investigaciones más profundas que beneficien a las comunidades asentadas en esta UH del Río Pueblo Nuevo.

1.4 Objetivos de investigación

Objetivo General

Analizar el estado de los bosques mediante el índice de fragmentación a través de un análisis multitemporal en un periodo comprendido entre 1979 y el año 2020 en la unidad hidrográfica del Río de Pueblo Nuevo.

Objetivos Específicos

- Clasificar los tipos de cobertura y de Uso de Suelo en la Unidad Hidrografía del río de Pueblo Nuevo a través de un análisis multitemporal utilizando Random Forest para el periodo comprendido entre 1979 y 2020.
- Determinar los Índices de forma de fragmentación usando la metodología de Patton para la Unidad Hidrográfica del río de Pueblo Nuevo.
- Definir el Grado de Fragmentación presente en la Unidad Hidrográfica del Río de Pueblo.
- Identificar las tendencias de las tasas de cambios de Uso de suelo, para el periodo comprendido entre 1979 y 2020 en
- la Unidad Hidrográfica del río de Pueblo Nuevo.

CAPÍTULO II

Marco Referencial

2.1 Antecedentes

A continuación, se mencionan algunos de los trabajos desarrollados a nivel nacional e internacional, en relación con el tema de investigación.

En el trabajo de Medina et al., (2004) se caracterizó y comparó la avifauna presente en distintos hábitats en un paisaje fragmentado de Rivas. Se seleccionaron seis tipos de hábitats (bosques secundarios, bosques riparios, charrales, cercas vivas, potreros de alta cobertura arbórea y de baja cobertura arbórea), ocho replicas por hábitat y en cada hábitat se ubicaron puntos de conteo.

Se registraron 1840 aves de 83 especies y 29 familias. Las especies más abundantes fueron *Thryothorus pleurostictus*, *Calocitta formosa*, *Amazona albifrons* y *Campylurhynchus rufinucha*. La mayoría de las especies registradas son generalistas en el uso de hábitat (50 especies). El bosque ripario registró la mayor abundancia de aves ($F(5,42) = 10.21$; $P < 0.0001$); los bosques secundarios, ripario, charral y potrero de alta cobertura arbórea registraron la mayor riqueza de especies ($F(5,42) = 9.83$; $P < 0.0001$). Los bosques secundarios, riparios y charrales son los más importantes para la conservación de las aves en el paisaje fragmentado de Rivas (Medina et al., 2004).

El estudio del análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el paisaje terrestre protegido Miraflores Moropotente Nicaragua 1993- 2011 desarrollado por Ruiz et al., (2014), el permite identificar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio ambiente o las repercusiones de las acciones humana sobre el medio. El propósito del estudio fue evaluar el cambio de uso del suelo en el Paisaje Terrestre Miraflores Moropotente en el periodo 1993 – 2011, a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje.

Los cambios de usos de suelo fueron derivados de la clasificación de tres imágenes LANDSAT TM, con una resolución espacial de 30 metros tomadas en febrero de 1993, abril de 2000 y enero 2011. Se realizó una verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración de las imágenes satelitales. Como resultado del estudio en los periodos evaluados dieron como evidencia que hubo un cambio en la cobertura de suelo entre los periodos entre 1993 – 2000, el bosque latifoliado denso refleja un ligero

incremento, sin embargo para el periodo 2000- 2011 mostró una disminución (Ruiz et al., 2014).

En otro estudio llevado a cabo por Bernal Díaz, (2015), se analizó la respuesta de las comunidades de hormigas de los fragmentos de bosques mixtos de la Plana del Vallès, al noreste de Barcelona, debido a la fragmentación del hábitat y la perturbación humana. Fueron consideradas 241 parcelas de muestreo (100 m²) distribuidos al azar en 147 fragmentos forestales. Dichos fragmentos se caracterizaron usando las variables predictivas: área del fragmento (0,17 a 218,38 ha), complejidad de la forma, uso del suelo adyacente, grado de aislamiento a otros fragmentos, historia, gestión forestal y nivel de la frecuentación humana. A partir de eso se documentó la presencia de 58 especies de hormigas, 22 géneros y cuatro subfamilias. La densidad de especies es de 7.35 ± 1.96 s.d. especies/100 m² (rango: 2-13) y la riqueza de especies de $9,5 \pm 3,6$ s.d. por fragmento (rango: 3-22). La diversidad Gamma se explica principalmente por el recambio de especies entre los fragmentos de bosque (diversidad beta). Los resultados indican que las medidas de biodiversidad (densidad, riqueza y composición de la comunidad), las especies indicadoras y los grupos funcionales, son poco sensibles a las variables predictoras. Aunque bastante variable, hemos detectado una deuda de extinción en 17 fragmentos de bosque de aparición reciente. La presencia de especies invasoras exóticas, se correlaciona con altos niveles de perturbación. En cambio, los parásitos sociales están asociados con restos bien conservados. Esos dos grupos de especies también están relacionados con diferentes mirmecocenosis (densidad de especies, riqueza, composición). Esto pone de relieve el valor de los dos tipos de hormigas como bioindicadores de la fragmentación y la calidad del hábitat.

Por otro lado, en La Sierra Fría, en Aguascalientes en México, que forma parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental. Los tipos de vegetación predominantes en la zona son bosques de pino (*Pinus* spp.), encino (*Quercus* spp.), táscate (*Juníperus* spp.), y mixtos, que se han modificado debido a la extracción de leña, incendios forestales y pastoreo intensivo. Para estimar el grado de deterioro o recuperación de estos bosques se realizó un estudio multitemporal a partir del análisis comparativo de fotografías aéreas de la zona para 1956, 1970 y 1993, que fueron digitalizadas y georreferenciadas desarrollado por (Chapa Bezanilla et al., 2016).

En este estudio se compararon los cambios en las áreas ocupadas por los distintos tipos de bosque y se determinó, el grado de fragmentación de los rodales de cada tipo de vegetación, mediante funciones de sistemas de información geográfica, para lo que se generaron, procesaron y analizaron mosaicos fotográficos para cada fecha.

Análisis Multitemporal de fragmentación del bosque en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, San Ramón, Matagalpa, durante el periodo 1983 a 2015 fue desarrollado por Velásquez Alvarado, (2018), con el propósito realizar un análisis de fragmentación del bosque latifoliado y de conífera en tres momentos 1938, 2005, 2015, en la Reserva Recursos Genéticos Yúcul, San Ramón, Matagalpa, utilizando la opción “Spatial Satisfice” de la extensión Patch Analyst para ArcGIS 10.5.

Las métricas calculadas fueron: métricas de densidad y tamaño de parches forma y área núcleo. Adicionalmente se realizó un muestreo en los dos tipos de bosque utilizado 20 parcelas de 20 x 50m dispuestas aleatoriamente en el área de estudio, en donde se registraron todos los árboles con clases diamétrica ($DAP \geq 10\text{cm}$), para determinar la composición florística.

El análisis comparativo de los bosques para las tres fechas (1983, 2005, 2015) muestra que el paisaje de la Reserva de Recursos Genéticos está fragmentado; posiblemente asociado al incremento de áreas destinadas a pasto, cultivos perennes, cultivos anuales y tacotales. En término de composición florístico, se registraron 881 individuos agrupados en 38 especies, 33 géneros y 26 familias. El bosque latifoliado está representado por las especies *croton panamensis*, *Hirella triandra* y *Quercus oleoides*; mientras que el bosque de conífera está representado principalmente por *Pinus Patula*, *SSP Tecumumanii*, *schiede* y *pinus oocarpa*. En este estudio se exponen sugerencias para mitiga el avance de la fragmentación del bosque de latifoliado y pino en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul y que a la vez sirve de base para futuros programa de restauración (Velásquez Alvarado Erick José, 2018).

Otro estudio reciente y de una mayor escala fue desarrollado por Taubert et al., (2018) en el que analizaron los patrones de fragmentación en los bosques tropicales. Basaron su estudio en la Teoría de la Percolación como un marco para analizar las estructuras actuales de fragmentación en bosques tropicales y subtropicales de América, África, Asia y Australia utilizando herramientas de teledetección la que permite cuantificar la deforestación tropical.

2.2 Marco Teórico

Antes de profundizar en el estudio de la fragmentación de bosque, se presentan algunas corrientes que abordan el estudio de la Fragmentación de los bosques. En este sentido (Taubert et al., 2018) y (Fischer et al., 2021) basan sus estudios en la Teoría de la Percolación, los principios de esta teoría permite dar una explicación de los patrones observados y sugiere que la fragmentación es el cierre del punto final de la percolación. Esta teoría sostiene que los patrones observados no solo surgen producto de una deforestación

aleatoria, sino que pueden derivarse de recurrentes regímenes de deforestación-recuperación forestal.

Otra teoría que toma relevancia es la Teoría de la Biogeografía de las Islas introducida por (MacArthur & Wilson, 1967), ha sido uno de los más influyentes Construcciones conceptuales en ecología. de los creada inicialmente para estudiar los patrones de diversidad en las islas, a menudo se aplica a los fragmentos de hábitat y continúa desarrollándose en otras direcciones por otros autores. Una suposición clave, pero en gran medida no probada, de esta aplicación de la teoría es que la composición de las especies de la matriz del paisaje no se superpone con la de las islas (Cook et al., 2002).

Existe otra teoría para analizar la fragmentación de los bosques conocida como la Teoría de las Metapoblaciones (Hanski & Simberloff, 1997), la que ha evolucionado en los últimos años (Martínez et al., 2011) puesto que los estudio metapoblacionales han evaluado la importancia que tiene el fragmento y el aislamiento frente a la calidad del hábitat.

En esta misma línea de acuerdo con esta teoría, los aspectos más críticos de la fragmentación del hábitat son: Reducción del tamaño de los parches y aumento de la distancia entre parches de hábitat (Hanski & Gaggiotti, 2004) en (Löbel et al., 2006). Este mismo autor menciona a partir afirmaciones de otros autores que con base en datos empíricos se sugiere que la calidad reducida del hábitat de los parches pequeños y los efectos de borde pueden ser más importantes que los efectos de área o distancia per se (Moen & Jonsson, 2003), (Harrison & Bruna, 1999). Además afirman que es probable que la persistencia metapoblacional de muchas especies se ve afectada significativamente por la dinámica de sus parches (Snäll et al., 2005).

Por otro lado (Löbel et al., 2006) menciona con base en estudios de otros autores que también que los efectos de la fragmentación del hábitat, el nivel de comunidad es poco conocido pueden depender del grupo taxonómico, la escala espacial y el tipo de hábitat y que los estudios sobre animales de vida corta y plantas epífilas han sugerido que los procesos de metapoblación alterados en paisajes fragmentados cambian significativamente la composición y diversidad de las especies.

Para este estudio se ha tomado en consideración la Teoría de Metapoblaciones aplicada por (Löbel et al., 2006). Para implementar esta teoría entonces es necesario conocer el estado del Bosque, para ello se utiliza el Índice de Diversidad de Forma (DI) propuesto por (Patton, 1975) considera que la figura geométrica con mayor área y el perímetro o arista mínimo es un círculo. Si la relación de circunferencia a al área de un círculo se le asigna un valor de índice de 1, Se puede derivar una fórmula para calcular un Índice comparable para

cualquier área a comparar con un círculo. Cualquier índice mayor que 1 es una medida de irregularidad y puede ser utilizado como DI. Un círculo de 1 acre tiene una circunferencia de 739.86 pies y un área de 43,560 pies cuadrados. La fórmula para establecer la proporción igual a 1 es, Ec1.:

$$\frac{C}{2\sqrt{A} \cdot \pi} = 1 \quad \text{Ec1.}$$

En la que C corresponde a la circunferencia, A, es el área y π igual a 3.1416. Según (Patton, 1975), esta ecuación es muy utilizada en limnología para expresar la irregularidad de la línea de costa en un lago. El siguiente paso trata de reformular la Ec1. para determinar la diversidad del hábitad o Índice de Diversidad (DI) como se muestra en la Ec2. Ec2.

$$DI = \frac{TP}{2\sqrt{A} \cdot \pi}$$

En el que TP corresponde al perímetro total alrededor del área más cualquier arista lineal dentro del área. El DI se puede expresar como un porcentaje cuando sea necesario, solo debe seguir la siguiente ecuación, Ec3.

$$\text{Porcentaje (\%)} = (DI - 1) \times 100 \quad \text{Ec3.}$$

Con base en lo propuesto por (Patton, 1975) cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento semeja un círculo, y a medida que éste va en aumento, la forma se torna más compleja y aumenta el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes (Lozano Botache et al., 2011). Este índice toma valores de 1 o cercanos a 1, mientras más compacto sea el parche y este asciende hasta el infinito mientras más irregular o menos compacto sea el fragmento (Ruiz et al., 2013). De acuerdo con (Henao, 1988) en (Ruiz et al., 2013) y (Lozano Botache et al., 2011), los resultados de este índice pueden ser agrupados en cinco rangos: redondo (SI <1.25), oval redondo (SI entre 1.25 a 1.5), oval oblongo (SI entre 1.5 a 1.7), rectangular oblongo (SI 1.7 a 2) y amorfo (SI > 2).

Otro de los Índices a analizar en este trabajo es Índice de compactación el que indica el grado de fragilidad o exposición del fragmento a los efectos de la matriz, con valores que oscilan entre 0 y 1, siendo los frágiles los más cercanos o con valor igual a 0; y los más cercanos, o con un valor igual a uno, los menos frágiles y compactos o con menos exposición a los efectos negativos de la matriz. Se expresa de la siguiente forma, Ec4.:

Ec4. .

$$K = \frac{1}{DI}$$

Por su parte, el índice de compactación (K) varía entre cero, para fragmentos con mayor exposición periférica a la matriz circundante, y uno para fragmentos compactos. Este índice corresponde al valor recíproco del índice de diversidad de Patton.

Otro indicador considerado para analizar la Fragmentación del bosque en la Unidad Hidrográfica del Río de Pueblo Nuevo, es la Tasa o Grado de Fragmentación. La fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación entre el área de bosque y el área total (Lozano Botache et al., 2011), y su definición se puede ver en Ec5.:

$$F = \frac{\text{Área de Bosque (ha)}}{\text{Área total (ha)}} \quad \text{Ec5.}$$

A partir de los cálculos anteriores entonces se puede calcular la Tasa de Cambio en el Uso de Suelo, se toma de referencia la ecuación propuesta por (FAO 1996) en (Ruiz et al., 2013), para calcular la tasa de cambio anual como se muestra en la siguiente ecuación, Ec6.

$$TAC = \left[\frac{[(A2)]^{\frac{1}{n}}}{[(A1)]} \right] * 100\%$$

En el que TAC corresponde al porcentaje anual del cambio de cobertura/uso. A2: Superficie en km² del periodo final, A1: Superficie en km² del periodo inicial y 1/n n: es el intervalo de los años en estudios.

2.3 Marco Conceptual

Otros elementos a considerar en el análisis de la Fragmentación del hábitat, son la Matriz, los Parches, los corredores y bordes. Según (Morlans, 2021) la matriz es el elemento más extenso, más conectado con otros elementos y ejerce una influencia dominante de la flora, la fauna y los procesos ecológicos, es lo que da estructura y configuración (Morlans & Romero, 2014). La Matriz está compuesta por parches de naturaleza diferente a la matriz y los corredores que son los elementos lineares, en cada uno de estos elementos se puede

diferenciar un borde que interacciona fuertemente con las manchas vecinas y un núcleo interno en el cual la interacción es prácticamente nula.

En el caso de los corredores ecológicos se utiliza para nombrar una gran región a través de la cual las áreas protegidas existente (parque nacionales, reservas biológicas), o los remanentes de los ecosistema originales, que mantiene su conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permite el flujo de las especie (Morláns & Romero, 2014).

Ramírez Zapata (2015), nos explica sobre el análisis multitemporal; se le conoce al análisis de tipo espacial que se realiza mediante le comparación de la cobertura interpretada en dos imágenes de satélite o mapa de un mismo lugar en diferentes fechas y que permita evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificada (Ramírez Zapata, 2015).

Según en la cobertura y uso haces referencia a las diferentes clases de vegetación existente en un área determinada cuya dinámica ha sido consecuente de las condiciones climáticas, topográficas, edáficas y de la característica socioeconómica y cultural propia de los pobladores de la localidad (Tolima & CORCUENCAS, 2018) .

La ecología del paisaje estudia las variaciones que sufren los paisajes a nivel especial, normalmente a gran escala, y también a lo largo del tiempo. Su campo de estudio son las interacciones entre los patrones especiales y los distintos procesos ecológicos, en los que muy a menudo se deja sentir el impacto del hombre (Tierra, 2017), así es, la acción antropogénica del sobre el paisaje es tal que para su estudio se precisa una aproximación multidisciplinar.

Para comprender la tasa de cambio; define que este indicador mide los cambios de área de las coberturas naturales del suelo a partir de un análisis multitemporal en un periodo de análisis no menos de 10 años, mediante el cual se identifica las pérdidas de hábitat para los organismos vivos. La tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura, la cantidad de hábitat natural intacta y los patrones de conversión (Quijano, 2016).

En el portal de la FAO, define la degradación de suelo como un cambio en la salud del suelo resultado en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficios, los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema (FAO, 2019).

2.4 Marco legal

En Nicaragua existe un marco jurídico forestal que se sustenta especialmente en la “Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible de Sector Forestal”, (Ley 462, 2003), Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley No. 217, (1996) y su Reforma. Esta Ley regula y rige de manera general todos lo concerniente a la protección del medio ambiente y los recursos naturales; estableciendo normas para la protección, conservación y restauración del medio ambiente y los recursos naturales. La “Ley de Veda para el Corte, Aprovechamiento y Comercialización del recurso forestal” (Ley No. 585, 2006). También se retoman los lineamientos establecidos el Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y el Desarrollo Humano 2022-2026 de nuestro Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, (2021) retomando al Informe de País sobre de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales de la FAO, (2005) de A continuación, se presenta los artículos y lineamientos más relevantes.

Tabla 1. *Marco Legal*

Artículos	Enunciado
(Ley 462, 2003) “Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible de Sector Forestal”	
Artículo 7	El Instituto Nacional Forestal (INAFOR), bajo la rectoría sectorial del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), tiene por objeto velar por el cumplimiento del régimen forestal en todo el territorio nacional.
Artículo 21	El aprovechamiento de bosques naturales requiere de un Permiso de Aprovechamiento emitido por INAFOR, el que tendrá como condición previa la aprobación de un Plan de Manejo Forestal, cuya presentación y ejecución estará bajo la responsabilidad de los propietarios o de quien ejerza los derechos sobre el mismo. La forma requisitos y procedimientos para la aprobación de un plan de manejo forestal y la emisión de un permiso de aprovechamiento, serán determinadas por el Reglamento.
Artículo 28	El Estado promoverá e incentivará la restauración de bosques de protección y conservación y establecerá las normas que aseguren la restauración de las áreas de conservación. Las Áreas de Restauración Forestal son las que, no estando cubiertas por vegetación forestal, por sus condiciones naturales son aptas para incorporarse al uso forestal con fines de protección y conservación.
Ley No. 217, (1996) Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales	

Artículo 5	<p>Conservación: La aplicación de las medidas necesarias para preservar, mejorar, mantener, rehabilitar y restaurar las poblaciones, y los ecosistemas, sin afectar su aprovechamiento.</p> <p>Daño ambiental: Toda pérdida, disminución, deterioro o perjuicio que se ocasione al ambiente o a uno o más de sus componentes.</p> <p>Educación ambiental: Proceso permanente de formación ciudadana, formal e informal, para la toma de conciencia y el desarrollo de valores, concepto y actitudes frente a la protección y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.</p> <p>Ecosistemas: La unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y su relación con el ambiente.</p> <p>Recursos naturales: Elementos naturales de que dispone el hombre para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales. (Elementos naturales susceptibles de ser aprovechados por el hombre).</p> <p>Áreas protegidas: Las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora, fauna silvestre y otras formas de vida, así como la biodiversidad y la biosfera. Igualmente se incluirá en esta categoría, aquellos espacios del territorio nacional que al protegerlos, se pretende restaurar y conservar fenómenos geomorfológicos, sitios de importancia histórica, arqueológica, cultural, escénicos o recreativos.</p>
Artículo 21	<p>Todas las actividades que se desarrollen en áreas protegidas, obligatoriamente se realizarán conforme a planes de manejo supervisados por el MARENA, los que se adecuarán a las categorías que para cada área se establezcan. Tanto en la consecución de los objetivos de protección como en la gestión y vigilancia se procurará integrar a la comunidad.</p>
Artículo 31	<p>Se establece el Sistema Nacional de Información Ambiental bajo la responsabilidad del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Dicho sistema estará integrado por los organismos e instituciones públicas y privadas dedicadas a generar información técnica y científica sobre el estado del ambiente y los recursos naturales.</p>
Artículo 42	<p>Se exonera del pago de Impuesto sobre Bienes Inmuebles, a aquellas propiedades destinadas a programas de reforestación, conservación de suelos y conservación de biodiversidad. El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales reglamentará y dará certificación a los beneficiarios correspondientes.</p>
Artículo 95	<p>Para el uso y manejo de los suelos y de los ecosistemas terrestres deberá tomarse en cuenta: 1) La compatibilidad con la vocación natural de los mismos, cuidando de mantener las características físicas/químicas y su capacidad productiva. Toda actividad humana deberá respetar el equilibrio de los ecosistemas. 2) Evitar prácticas que provoquen erosión, degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas con efectos negativos.</p>
Artículo 96	<p>En terrenos con pendientes iguales o superiores a 35%, los propietarios, tenedores o usuarios, deberán mantener la cobertura vegetal del suelo e introducir cultivos y tecnologías aptas para prevenir o corregir la degradación del mismo.</p>

Ley No. 585, (2006) Ley de Veda para el Corte, Aprovechamiento y Comercialización del recurso forestal

Artículo 1	La protección de los recursos naturales del país son objeto de seguridad nacional, así como de la más elevada responsabilidad y prioridad del Estado. Dentro de ese espíritu, se establece a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, una veda por un período de diez (10) años, para el corte, aprovechamiento y comercialización de árboles de las especies de caoba, cedro, pochote, pino, mangle y ceibo en todo el territorio nacional, que podrá ser renovable por períodos similares, menores o mayores.
Artículo 2	A partir de la entrada en vigencia de la presente Ley se prohíbe la exportación de madera en rollo, timber y aserrada de cualquier especie forestal que provenga de bosques naturales. Se exceptúan de la veda establecida en el párrafo primero del Artículo anterior, las especies de pino ubicadas en los departamentos de Nueva Segovia, Jinotega y la Región Autónoma del Caribe Norte (RACN), las cuales quedan bajo el control y manejo del Plan de Acción Forestal autorizado por el INAFOR. En el caso de la RACN se requerirá la autorización del Consejo Regional.

Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y el Desarrollo Humano 2022-2026

Lineamiento 11: Medidas para mitigar los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático;	Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras, y detener la pérdida de biodiversidad. En este sentido nuestro gobierno impulsará: El monitoreo, seguimiento y evaluación en al menos 78,474 hectáreas de bosques de Pino, a fin de prevenir las afectaciones por plaga del gorgojo descortezador en las Reservas Naturales en los Departamentos de Estelí, Nueva Segovia, Madriz, Jinotega, Matagalpa, Chinandega y León. Se continuará implementando la Estrategia Nacional para la Prevención y Control de los Incendios Forestales y Agropecuarios en Áreas Protegidas, en articulación con más de 1,400 observadores ambientales e instituciones del Gobierno a nivel nacional. Actualizar cartografías de suelo, uso potencial y uso actual de la tierra, como base para reducir vulnerabilidades y potenciar el desarrollo de los territorios; entre ellos: Mapas actualizados de Taxonomía de suelo, Uso Potencial, Uso Actual y Conflictos en los usos de la tierra con explicación de su simbología; Mapas nacionales con zonificación de suelos degradados, de materia orgánica y PH de suelos actualizados; Mapas elaborados sobre capacidad de intercambio catiónico (CICI) y de fósforo en el suelo en la región del Pacífico.
---	--

2.5 Hipótesis-Preguntas directrices

Hipótesis de Investigación

Para este estudio se ha planteado una hipótesis de tipo Causal-Predictiva como se lee a continuación:

“Las actividades agrícolas, madereras y variabilidad climática están aumentando las tasas de fragmentación del bosque durante los últimos cuarenta años”

Preguntas de investigación

Como pregunta de investigación se plantea la siguiente:

¿Las tasas de Fragmentación del Bosque en la unidad hidrográfica del Río Pueblo Nuevo durante los últimos 40 años están aumentando por las actividades agrícolas, madereras y la variabilidad climática?

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Enfoque filosófico de la investigación

El método mixto representa un conjunto de proceso sistemático, empírico y críticos de investigación e implica la recolección y el análisis de datos cualitativo y cuantitativo, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencia producto de toda la información recabada (Sampieri et al., 2010). Este método es adecuado para el análisis de fragmentación del bosque que representa una clasificación en rangos espaciales que se distribuyen de insularizado a poco fragmentado, representa un conjunto de proceso y análisis estadístico de carácter mixto, como la recolección de datos por medio de la observación, y relatos históricos (cualitativo – cuantitativo).

Desde el punto de vista filosófico esta investigación parte de un Paradigma Mixto, puesto que se recolectan y procesan datos no solo cuantitativos, sino también cualitativos.

3.2 Tipo de estudio

Como el objetivo que se persigue con esta investigación es la descripción del fenómeno de la fragmentación del bosque, en el que se definirá las características, procesos, tipos de fragmentación y el grado de fragmentación. Este estudio es tipo descriptivo porque busca determinar las propiedades las características

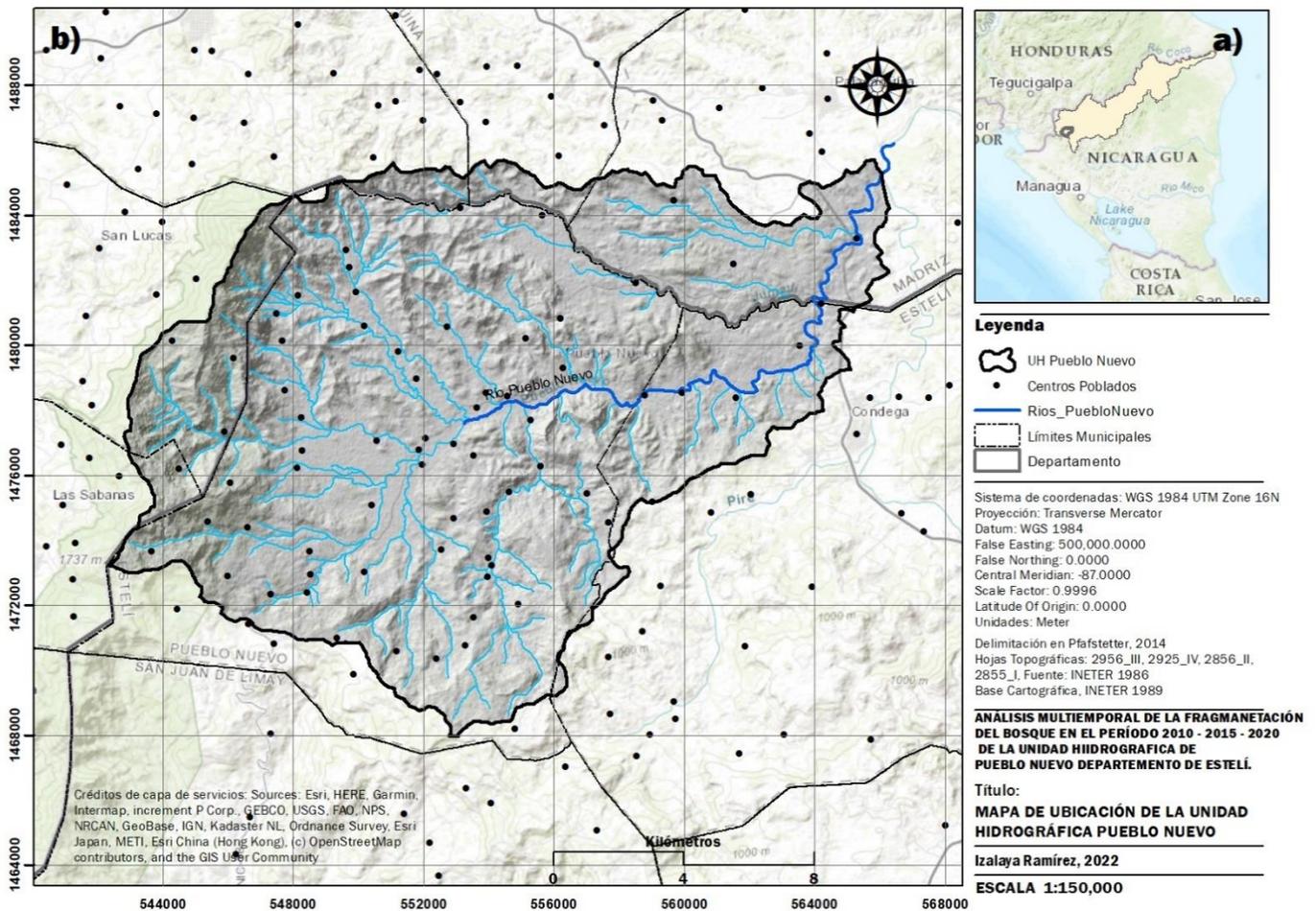
3.3 Área de estudio

El área de estudio para esta investigación corresponde a la Unidad Hidrográfica (UH) del Río de Pueblo Nuevo, tiene una extensión territorial 261.77 Km². Al Norte limita con Yalaguina, Palacaguina y Somoto; al Oeste con San Lucas y Las Sabanas; al Sur limita con San Juan de Limay y al Este con el municipio de Condega. Todos estos municipios forman la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo. Cuenta con un perímetro de 96.60 Km, la longitud de la unidad es de 26.66 Km y el ancho es de 9.18km. Esta esta unidad hidrográfica le pertenece a la cuenca del Río Coco con el código 45, Ver Figura 2.

La delimitación de la unidad hidrográfica se realizó por distintos métodos. Inicialmente se hizo de manera analógica a partir de criterios meramente topográficos e hidrográfico (red de drenaje superficial) utilizando como fuente de información las hojas topográficas y asistido con un software de Sistema de Información Geográfica. Luego se realizó de manera asistido por computadora utilizando como fuente de información un Modelo de Elevación Digital y procesado un software de Sistema de Información Geográfica utilizando la herramienta Hydrology de ArcGIS, que dio como resultado un shape que delimita la unidad hidrográfica. De igual manera se determinó la red hídrica y el orden de los ríos.

Además del DEM, se utilizaron las capas vectores de curvas de nivel fueron digitalizada de las hojas topográficas: 2056II Somoto, 2855I San Juan de Limay, 2955IV La Sirena y 2956III Condega, asentamientos humanos; las cuales sirvieron para el proceso de delimitación final.

Figura 2. Mapa de Ubicación de la Unidad Hidrográfica del Río de Pueblo Nuevo.



Nota: Mapa de ubicación del área de estudio. A) ubicación respecto a Nicaragua. B) ubicación respecto a la cuenca Río Coco a la que depende la unidad hidrográfica de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Clima

El clima de la cuenca se caracteriza por ser seco y cálido, se clasifica como sabana tropical, con temperatura anual de las 22.3 a 25.1 C°, con precipitación anual de 740 a 1363 mm anual, las características topográficas y pluviometría distinguen 3 zonas naturales; húmeda, semis húmeda y seca. Estos datos fueron adquiridos de una DEM de temperatura y precipitación anual del clima, por parte del Instituto Nicaragüenses de Estudio Territorial,

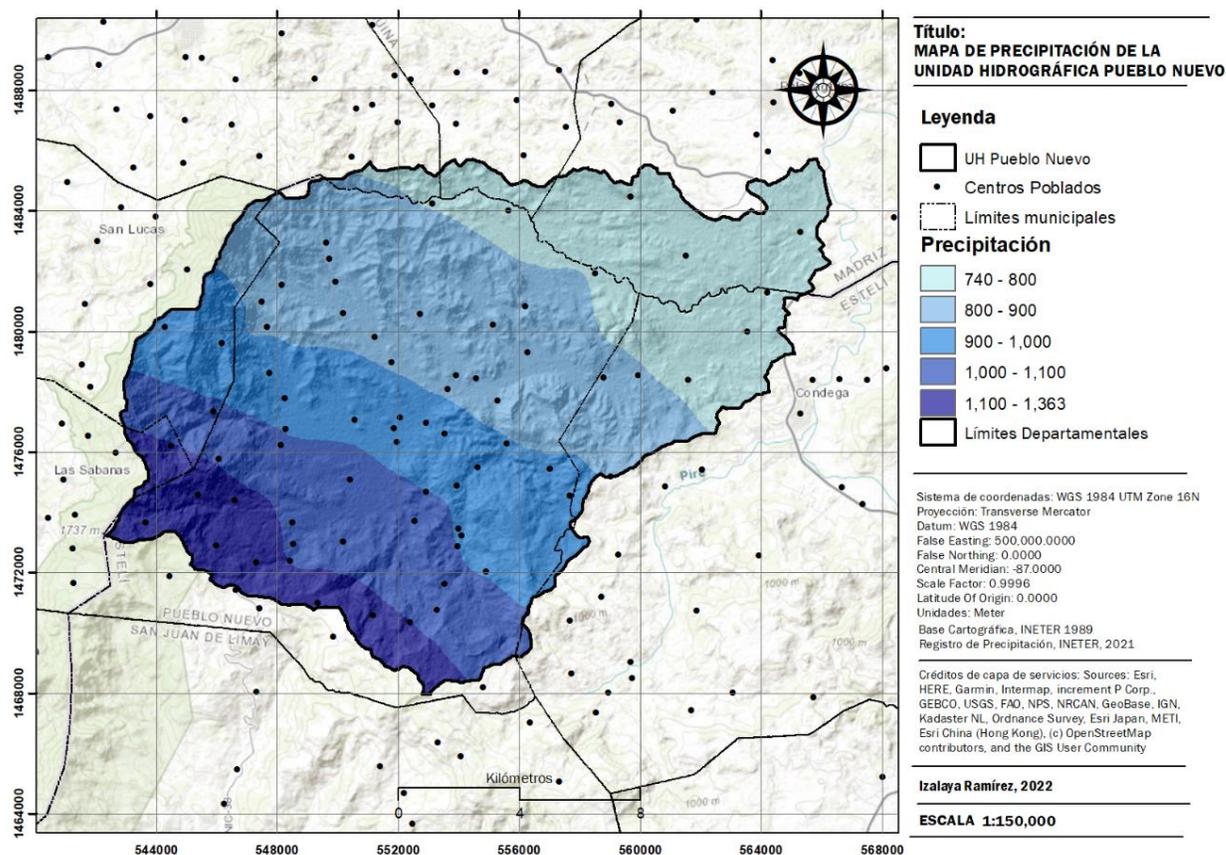
El clima de la región y el Área protegida incluye dos zonas climáticas, la zona templada comprendida entre 500 y 1000 msnm, que incluye la mayor parte de la zona baja del Área protegida, y la zona fría comprendida entre 1001 y 2107 msnm incluye todos los

picos y partes altas del Área protegida Reserva Natural Tepesomoto- La Patasta (Castillo et al., 2017).

Precipitación

A partir de datos meteorológicos proporcionados por el Instituto Nicaragüenses de Estudio Territoriales (INETER), se generó un Mapa con el promedio de la precipitación anual del 2020, la precipitación media anual es de 800 msnm, habiendo máximas anuales de 1363 msnm y mínima de 740 msnm. Estos sistemas le permiten la distribución de las lluvias que le permite a los agropecuarios establece dos periodos para sembrar. Ver Figura 3.

Figura 3 Mapa de Precipitaciones de la UH del Río de Pueblo Nuevo



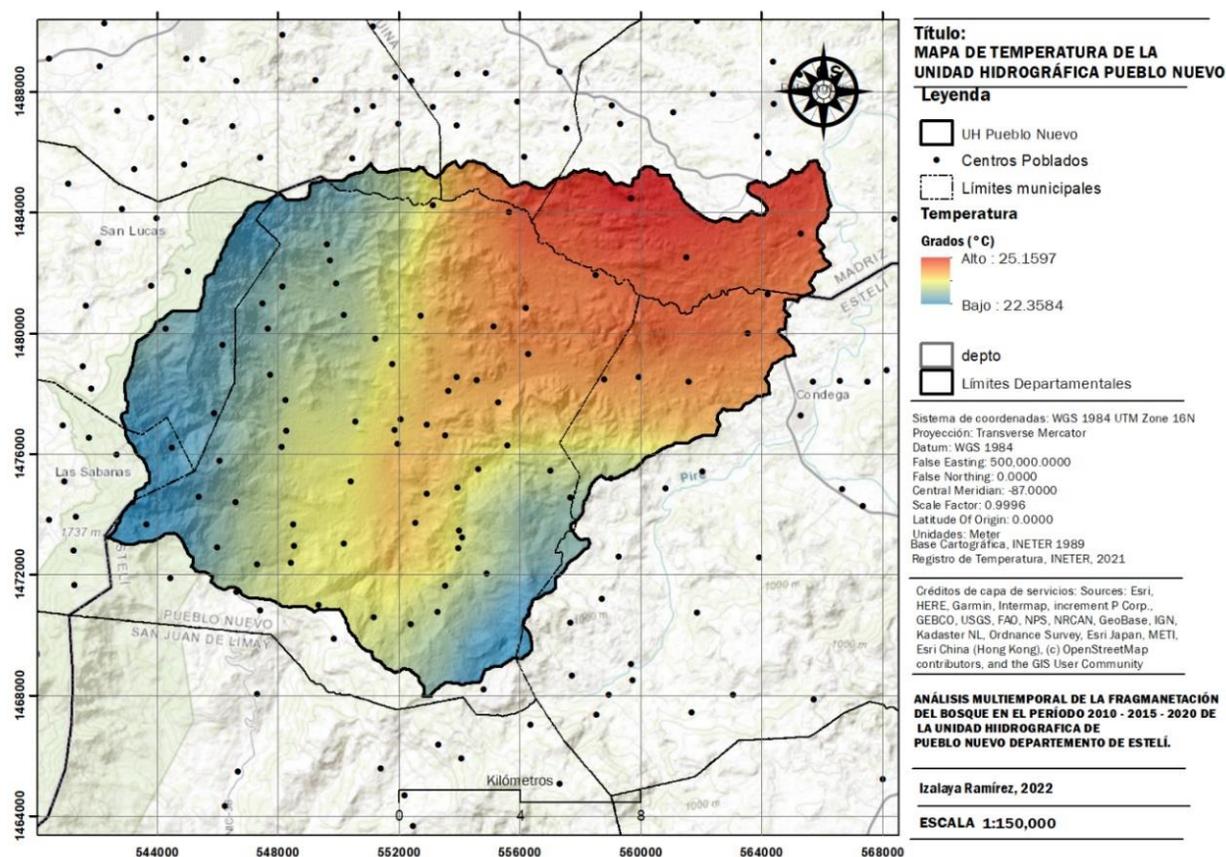
Fuente: Elaboración propia

Temperatura

En la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo se caracteriza por manifestar temperaturas de los 22.3° C a 23.4° C que corresponde a lugares con una altura de los 1200 a 1726 msnm, la temperatura de 23.4° C a 24.2° C es en la parte media de 600 – 1000 msnm de la cuenca y la temperatura entre 24.2° C a 25.1° C se encuentra entre 492 – 600 msnm, en

la parte baja de la cuenca. Es puede decir que la temperatura es variable de acuerdo a la altura del terreno y la época del año, puede decirse que varía de cálida a fresca. Estos datos fueron proporcionados por el Instituto Nicaragüenses de Estudio Territoriales (INETER). Figura 4.

Figura 4. Mapa de Temperatura de la UH del Río de Pueblo Nuevo



Fuente: Elaboración propia

Geología

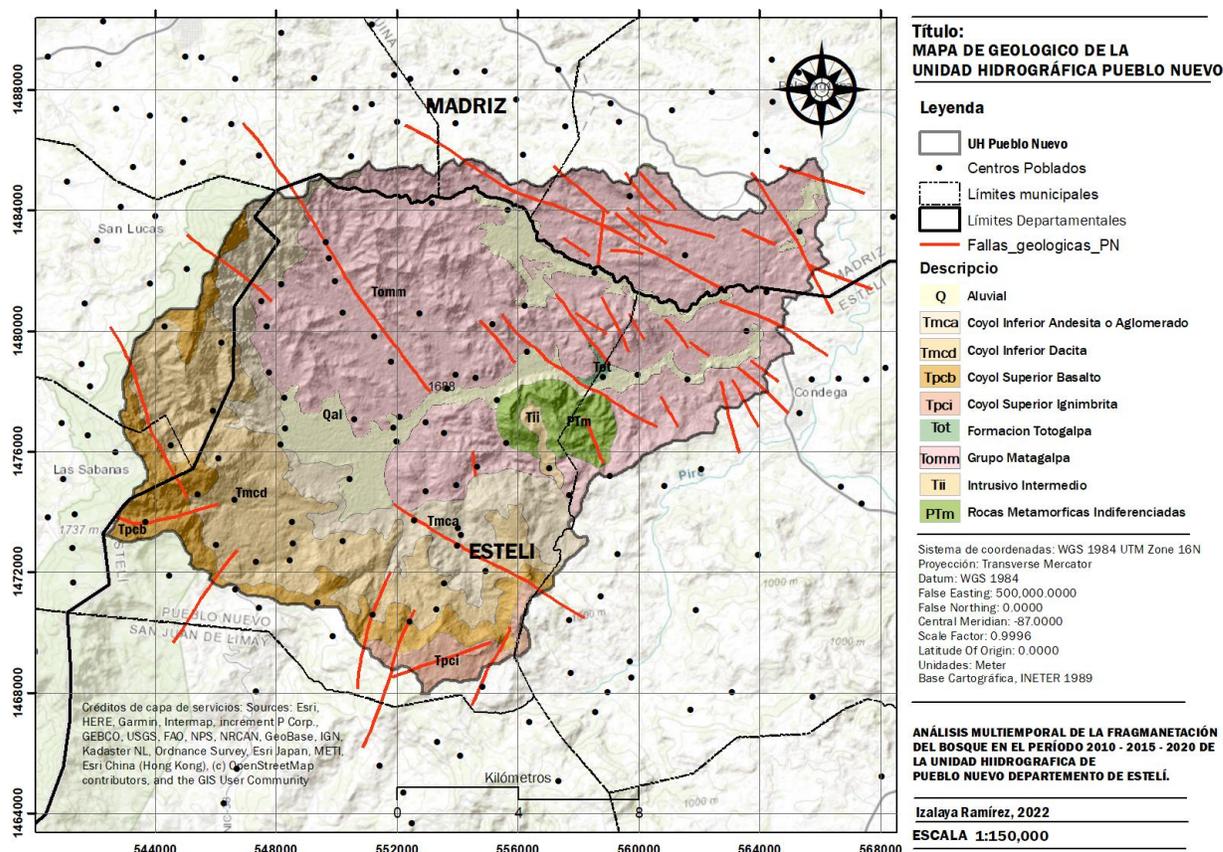
La unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo está formada por cuatro municipios; Condega, La sirena, San Juan de Lima y Somoto, la unidad hidrográfica pertenece a la provincia central, lo que permite una diversidad de características geológica, se encuentran Coyol Inferior Dacita (Tmcd), Aluvial (Qal), Coyol Infor. Andesita o Aglomerado (Tmca), Coyol Superior Basalto (Tpcb), Intrusivo Intermedio (Tii), Rocas Metamórficas Indiferenciadas (PTm), Grupo Matagalpa (Tomm), Coyol Superior Ignimbrita (Tpci), ver Figura 5.

La provincia Central está caracterizada por el predominio de las rocas volcánicas del terciario, que datan desde la época del Eoceno hasta el Plioceno y el Cuaternario volcánico, esta provincia se ha designado en tres grupos: El pre Matagalpa (sedimentos piroclásticos pre-terciarios) el Matagalpa (terciario inferior) y Coyal (terciario superior).

- Grupo Matagalpa: Consiste en secuencias de rocas piroclásticas intermedias a félsicos productos del vulcanismo entre el Oligoceno – Mioceno.
- Coyal Inferior Dacitas: es una roca intermedia, de color gris claro, se compone principalmente de feldespato, plagioclasa con biotita, hornblenda, y piroxeno (augita y/o enstatita); posee una textura entre afanítica y pórfida con cristales de cuarzo.
- Aluviales: Está formado por suelos de origen residual, producto del intemperismo descomposición físico- mecánica y química de las rocas y erosión debido a los agentes exógenos.

En el área de San Juan de Limay se encuentra ubicada dentro de la provincia geológica centra de Nicaragua. Geológicamente presenta rocas en diferentes grados de meteorización y de igual manera fracturadas, siendo más resistentes a estos fenómenos todas las rocas de origen volcánico (Terciario) (Chavarría Vélchez & Martínez Rivera, 2017).

Figura 5. Mapa Geológico de la UH del Río de Pueblo Nuevo



Fuente: Elaboración propia.

Recursos Edafología

Los suelos corresponden a los órdenes Entisoles, Vertisoles, Molisoles y Alfisoles predominando los Alfisoles con un 42% del área total.

Los suelos varían por su capacidad de uso desde la clase VIII, los que ocupan el 40.5% del área total del municipio. Los suelos más fértiles ocupan un 13.6 % del área total, ubicados en clase II y III. El 65.96% del área total de los suelos están siendo sobre utilizados, (Rivera V et al., 1996).

Flora y fauna

Está caracterizada por un pequeño número de especies, en proceso de extinción. Entre las principales especies están: conejos, garrobos, zorros, gavilanes, palomas, chachalacas, cusucos, venados, tigrillos y guardatinajas (Castillo et al., 2017).

A pesar de que la unidad hidrológica presenta un 41% del territorio como área de vocación forestal, sus bosques actuales no representan ningún potencial para la explotación debido a que la mayor parte está cubierta de pastos combinados con algunos árboles ralos dispersos significando que no existen áreas considerable de bosques puros con especies de importancias económicas (Castillo et al., 2017).

El ecosistema bosque nuboso o de nebliselva se ubica encima de los 700 ms.n.m. se caracteriza por la húmedas en el ambiente y la presencia de muchas plantas epifitas, entre ellas bromelias, helechos y orquídeas.(Gallo et al., n.d.).

El bosque de pino se encuentra confinado a las sierras del municipio, dominado principalmente por la especie de pino ocote. El bosque mixto tiene alta concentración de humedad, vegetación frondosa y la incidencia de plantas epifitas en los troncos de los árboles. Dominan las especies de pinos y robles. (Municipio & Naturaleza, n.d.).

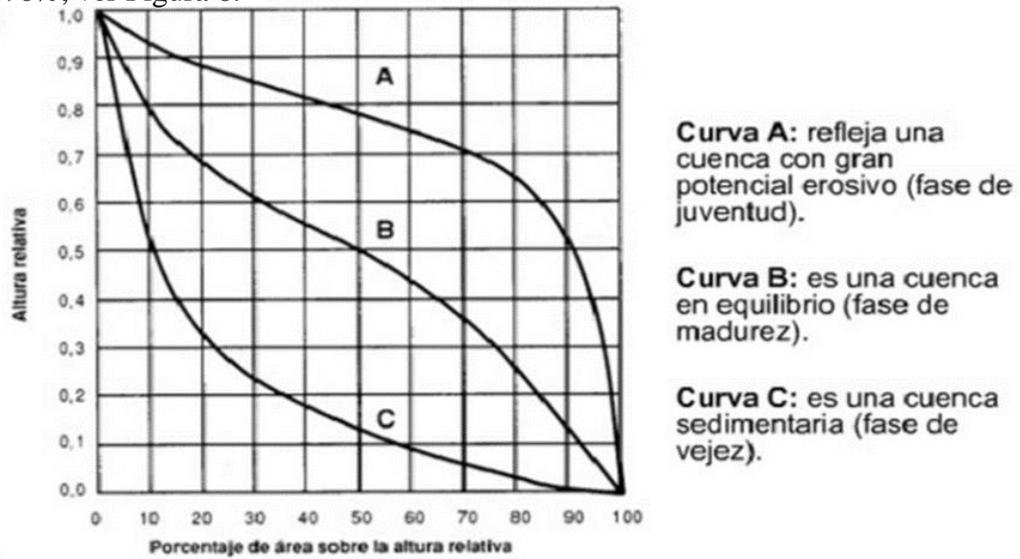
Parámetros de forma de la cuenca

Los factores geológicos, principalmente, son las encargadas de modelar la fisiografía de una región y particularmente de la forma de las cuencas hidrográficas.

El índice de compacidad de la unidad hidrografía es de 1.68%, lo que indica que su forma es oval- oblonga a rectangular – oblonga. El factor de forma de la unidad hidrografía es de 0.36%, lo que significa que es moderadamente achatada y esto indica que tiene cierta susceptibilidad a presentar creciente lo que provoca grandes inundaciones en parte del área. La densidad de drenaje de la unidad hidrografía es 0.14 % lo que está en un rango de densidad

clase baja, tiempo de concentración de la unidad es 0.20%, con una pendiente media del cauce de 25.76%, ver Figura 6.

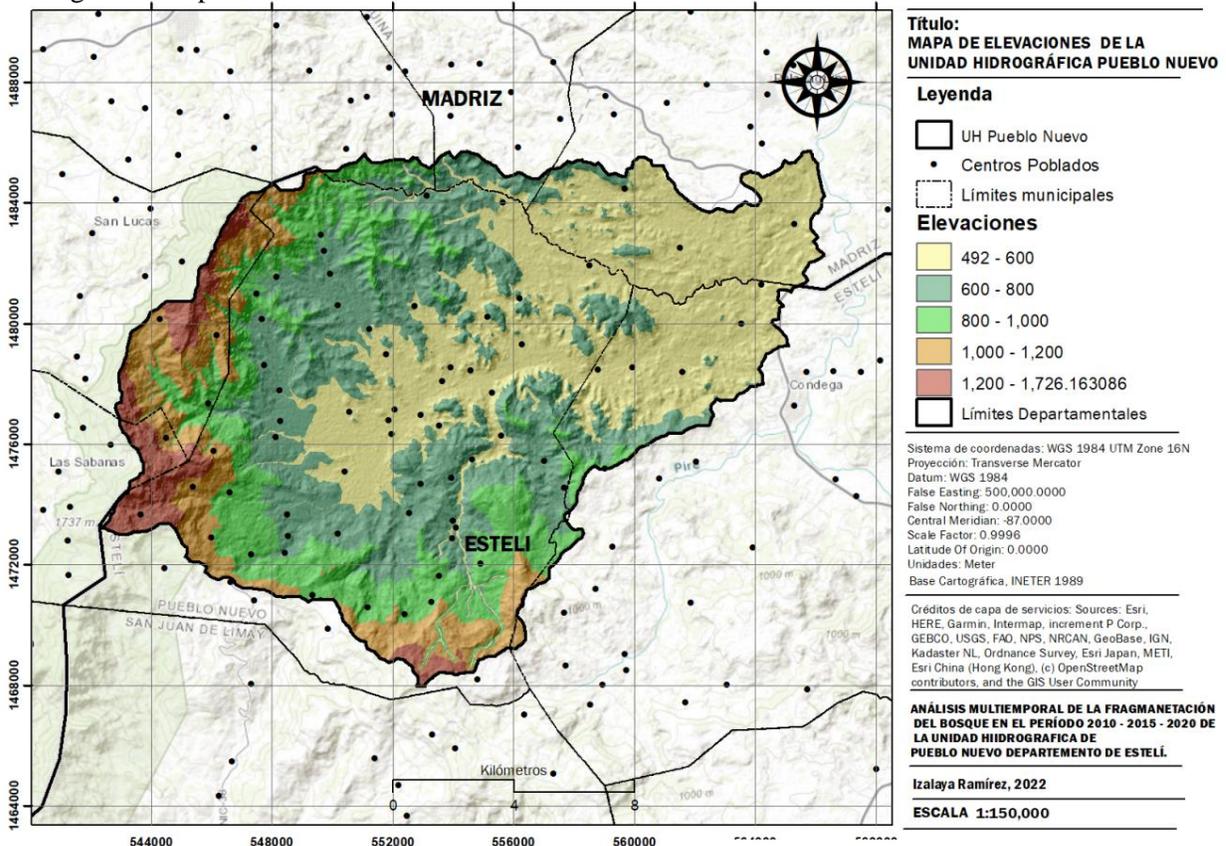
Figura 6



Nota: La curva hipsométrica permite caracterizar del relieve, una pendiente fuerte en el origen hacia cota inferiores indica llanuras o penillanuras; si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundación. Cuando tenemos gran parte de la superficie de la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo a gran altitud estamos ante una unidad hidrográfica de meseta.

En la UH en estudio se puede observar que observar que la mayor elevación corresponde a 1726 msnm y la menor a 400 msnm, esta información permite definir el curso del agua superficial. Lo podemos observar en Figura 7.

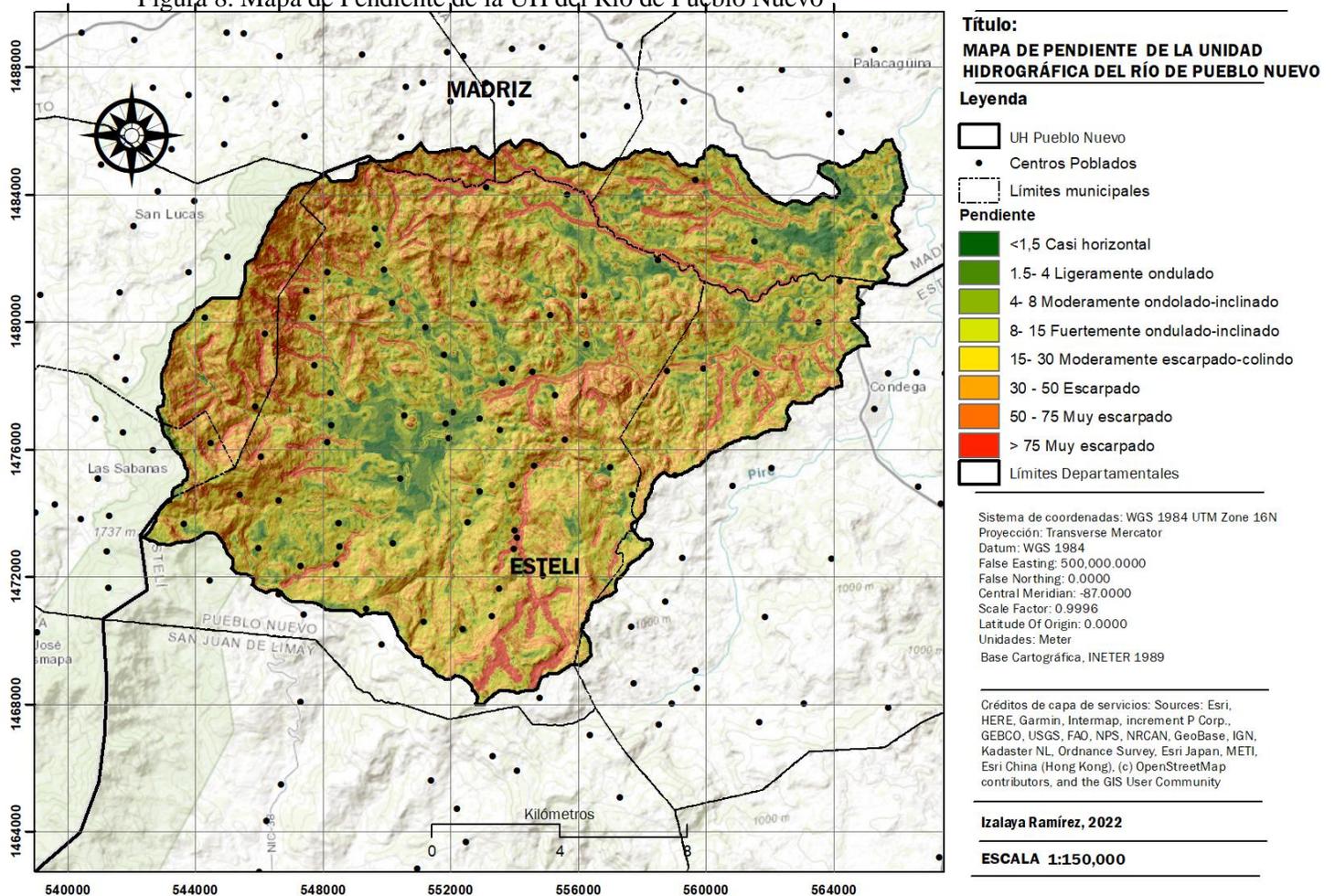
Figura 7. Mapa de Elevaciones de la UH del Río de Pueblo Nuevo



Fuente: Elaboración propia.

El mapa de pendiente es la representación cartográfica de los diferentes accidentes geográficos presente en el suelo del terreno, observamos pendiente de 0-1.5 a 75 a más, el DEM se realizó una reclasificación de 8 intervalos en los cuales se clasifica en distintos rangos; de 0-1.5 casi horizontales, 1.5- 4 ligeramente ondulado, 4-8 moderadamente ondulado – inclinado, 8-15 fuertemente ondulado – inclinado, 15- 30 moderadamente escarpado – colinado, 30- 50 escarpado, 50- 75 muy escarpado y 75 a más montañoso o precipicio, la clasificación de la pendiente fue adquirida por la unidad de suelo, en el departamento de ordenamiento territorial del Instituto Nicaragüense de Estudio Territorial (INETER), Ver Figura 8.

Figura 8. Mapa de Pendiente de la UH del Río de Pueblo Nuevo



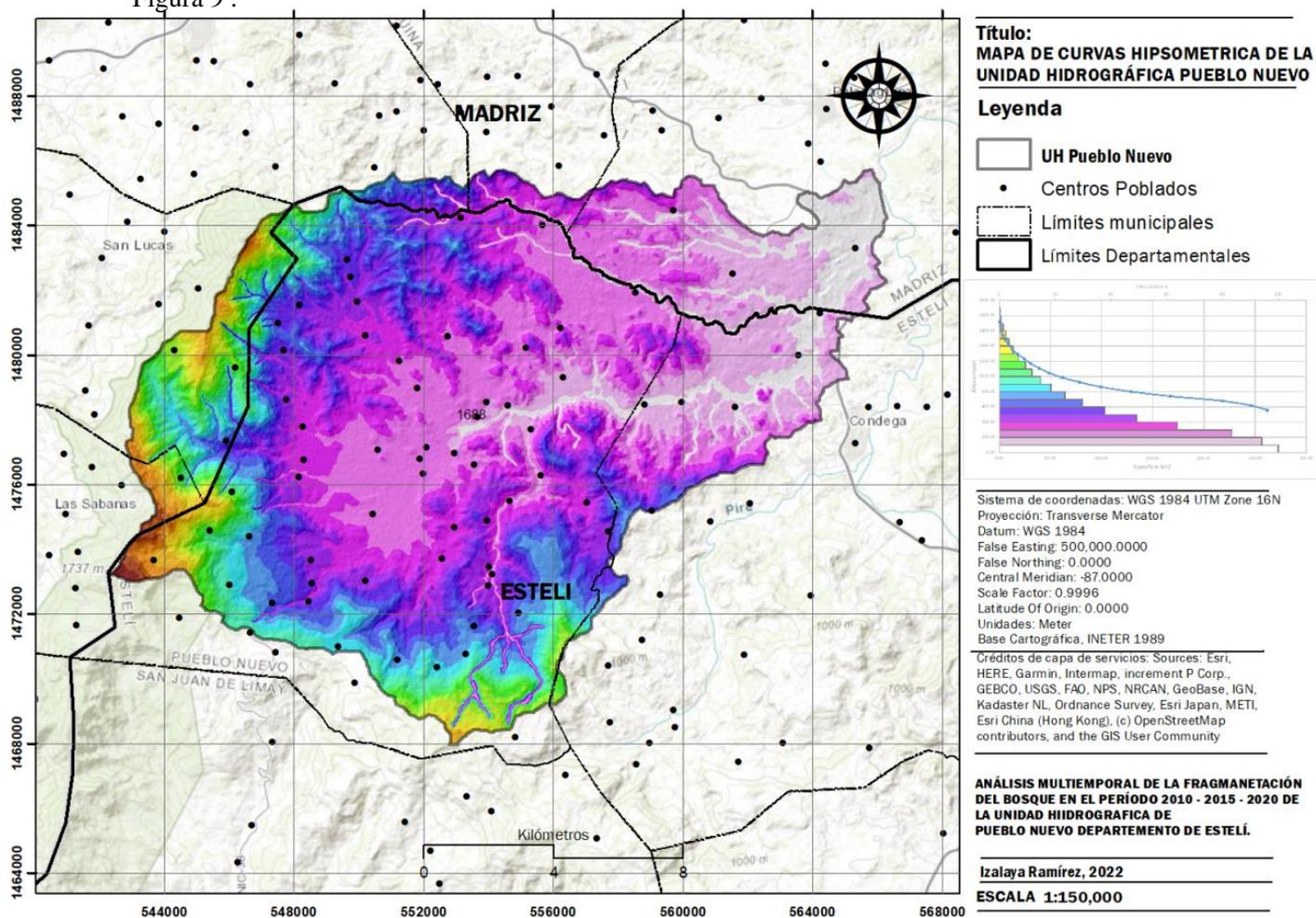
Fuente: Elaboración propia.

Para la simbología de pendiente se utilizó una serie de colores; los colores de verdes oscuro a verdes paste nos indican las áreas casi horizontales a ligeramente inclinada, el color verde limón es para las áreas fuertemente ondulada – inclinada, el color amarillo es para indicar las áreas de moderadamente escarpado- colindo y de los colore anaranjados a rojo nos indica que son áreas de escapado a montañoso o precipicio. la clasificación de la paleta de colores de la pendiente fue adquirida por la unidad de suelo, en el departamento de ordenamiento territorial del Instituto Nicaragüenses de Estudio Territorial (INETER).

La curva hipsométrica para la UH del Río de Pueblo Nuevo, presenta un rango de elevación que oscila entre los 350 msnm como el punto más bajo hipsométricamente y los 1550 msnm como el punto más alto, nos permitirá poder identificar las zonas más vulnerales en las partes baja de la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo por el fenómeno de la fragmentación de bosque.

La curva presenta una forma de S, lo que la define como una cuenca en equilibrio que se encuentra en su fase de madurez. Estas características nos indica que esta cuenca en etapa de madurez donde la cuenca entras en una etapa de estabilización respecto a los procesos erosivos. Como podemos ver en el grafico el mayor porcentaje de área de la cuenca se concentra por debajo del 865 msnm. Ver Figura 9.

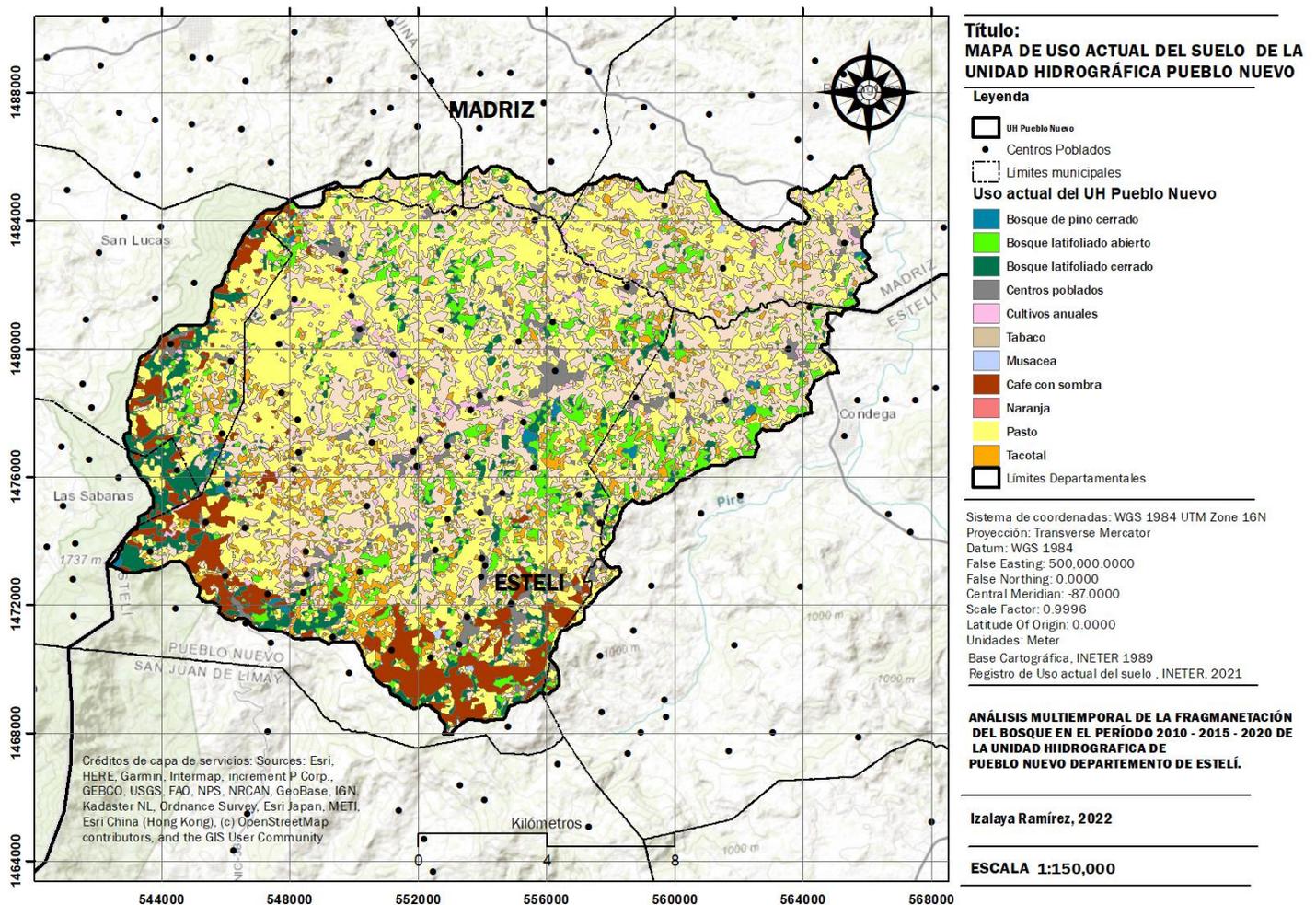
Figura 9.



La red de drenaje se puede definir como la trayectoria, disposición o arreglo de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial. La jerarquía permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal.

También se procesó un mapa de cobertura – uso de la unidad hidrológica se observa que tiene tres tipos de bosque predominante de la zona, el bosque de pino cerrado, bosque latifoliado abierto y bosque latifoliado cerrado, encontramos cultivos anuales, se utiliza para el cultivo de tabaco, musácea, café con sombra, cultivo de naranja, pasto para el ganado y área en descanso conocidas con tacotal, ver Figura 10.

Figura 10. Mapa actual del Uso de suelo de la UH del Río de Pueblo Nuevo



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Población y Muestra

En este caso considerando que el objeto de estudio son los fragmentos en la UH en estudio, por tanto, solo se define que la Población será la extensión total de la UH que corresponde a 261.77 Km². No se selecciona un tipo de muestreo puesto que se hará una revisión completa de toda el área que comprende la extensión de la UH. Se tomaron de referencias los tipo de bosque que habitan en el área de estudio, como los bosque caducifolio, los bosque perennifolio, bosque de Roble.

3.5 Métodos y técnicas para la recolección y análisis de datos

Instrumentos de recolección de datos

Como instrumentos de recopilación de información, se utilizó una Guía de Observación en la que se registró y georreferenció el levantamiento de las clases de bosque consideradas en el estudio con el fin de validar la información extraída de las Imágenes de satélite procesada.

Materiales

Libreta de campos, GPS (sistema de posicionamiento Global), aplicación móvil Maps me para el levantamiento de puntos y una cámara fotográfica.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los programas de R en el cual se realizó el procesamiento de depuración de cada imagen satelital, en el mismo programa uso el modelo Random Forest. Para la elaboración de los mapas se utilizó el programa de ArcGIS bajo licencia del Instituto de Geología y Geofísica de la Unan Managua (IGG-GIGEO).

Listar todas las imágenes de Satélite utilizadas con su fecha y resolución.

Landsat 4 21/02/1979 con una resolución de 30 metros.

Landsat 4 01/02/1985 con una resolución de 30 metros.

Landsat 4 28/04/1987 con una resolución de 30 metros.

Landsat 4 08/03/1989 con una resolución de 30 metros.

Landsat 5 13/04/1999 con una resolución de 30 metros.

Landsat 5 02/05/2000 con una resolución de 30 metros.

Landsat 8 08/01/2011 con una resolución de 30 metros.

Landsat 8 05/03/2020 con una resolución de 30 metros.

Métodos

En esta etapa se realizó un análisis e interpretación de la selección de las imágenes, establecimos unos parámetros para realizar la selección y descarga de las imágenes, las imágenes tienen que estar libre por completo de nubosidad, las imágenes tienen que tener todas las bandas completas, con una resolución espacial de 30 metros.

Se realizó la descarga de las imágenes satelitales de Landsat 4, 5 y 8 de la plataforma USGS GloVis, las imágenes que completaba los parámetros son 1979, 1985, 1987, 1989, 1999, 2000, 2011 y 2020. Se realizó el procesamiento de cada imagen satelital en el programa R, con un lenguaje de programación que nos permitió procesar cada imagen de manera ordenada, consecutiva y al mismo tiempo, se realizó una transformación de valores de radiancia a valores de reflectancia para obtener información más precisa, además se remueven los efectos atmosféricos.

Se realizó una unión de las bandas y un cambio de nombre de las bandas para crear una sola capa de todas las bandas con el nombre "Banda". Con el fin de realizar una descripción del ráster para la transformación a formato TIFF.

Se procede a recortar las bandas de acuerdo con la zona de estudio y colocarles la proyección de la zona de estudio; Se procede a plotear la zona de estudio en una composición RGB de cada imagen, se realizó una calibración, con este método de algoritmo clasificando las firmas espectrales de cada cobertura. En la tabla se observa el número de píxeles de entrenamiento por cada cobertura, las coberturas que tienen mayor área poseen mayor número de píxeles; las con menor área, menor número de píxeles.

Estableciendo algunos parámetros del modelo, para evaluar el rendimiento de la clasificación RF: validación cruzada de Holdout (HOCV), utiliza un conjunto de datos de entrenamiento y otros de pruebas; porción de datos para entrenamiento (p_{Train}) = 0.5, es decir la mitad, número de repeticiones para la validación cruzada holdout = 8, crea una matriz en donde se desplegarán los resultados: precisión, Kappa y pss.

Para la calibración y evaluación del algoritmo de Clasificación supervisada : Random Forest se utiliza el código desarrollado por João Gonçalves, que se puede visualizar en el enlace <https://raw.githubusercontent.com/joaofgoncalves/Evaluation/master/eval.R> que a continuación se lee: Con este algoritmo se calcularon distintos parámetros : rango de nubosidad 0%, corrección radiométrica, corrección de errores atmosféricos , adquiridos para la calibración de cada imagen, luego se corren los

clasificador, utilizado 100 número de árboles, con la creación de Índice aleatorio para la selección de filas en cada ronda, luego se calibró el clasificador Random Forest.

Posteriormente, se procedió a extraer las áreas de entrenamiento de cada imagen para asignada el código de clasificación de cada muestra; 1: Bosque perennifolio, 2: Bosque caducifolio, 3: Bosque de Roble y 4: otros usos. Se determinó esta clasificación por la presencia contante de estos recursos en la zona de estudio que predomina en cada año.

Se puede observar las áreas de muestra de cada imagen con su calcificación correspondiente en las siguientes imágenes; los rangos de colores nos indica la clasificación de los bosques, Al tener las áreas de entrenamiento de cada imagen proceso aplicar el proceso de Random Forest en el programa R; el clasificador de Random Forest utiliza los datos de entrenamiento en un formato data. Frame, es por lo que transformamos a este formato, nuestro ráster, obteniendo valores de pixeles que van a ser utilizados para la calibración., eliminando los pixeles sin NA (pixeles sin información) y convierte la clase de referencia en una variable de categoría.

En el programa de ArcMap 10.5 de ArcGIS, se le realiza un geoprocasamiento dissolve para agrupar las clases y que en la tabla de atributos se mostraran los cuatros clase

Luego de tener este resultado se procedo a aplicar las fórmulas de Índice de forma de Patton, Índice de Compactación, Grado de fragmentación y la Tasa de cambio de uso del Suelo, a través de las herramientas de Cálculos de campo en programa de Arc Gis 10.5, en la siguiente tabla observamos las Ecuaciones en la Tabla 2.

Nombre de las Ecuaciones	Ecuaciones	Simbología
A1) Índice de forma de Patton	$DI = \frac{P}{2 * \sqrt{3.1416} * \sqrt{a}}$	DI: Índice de diversidad de Patton P: perímetro de cada fragmento A: Área de cada fragmento
B2) Índice de Compactación	$1/DI$	DI: Índice de diversidad de Patton
C3) Grado de fragmentación	$F = (ha) / (ha)$	

D4) Tasa de cambios de uso del suelo

$$TAC = \left[\frac{[(A2)]^{\frac{1}{n}}}{[(A1)]} \right] * 100\%$$

TAC: Porcentaje anual del cambio de cobertura/uso.
A2: Superficie en km² del periodo final
A1: Superficie en km² del periodo inicial
 $\frac{1}{n}$ n: es el intervalo de los años en estudios.

Tabla 2. Tabla de Ecuaciones para determinar el Índice de Fragmentación

Fuente: (Lozano Botache et al., 2011)

Trabajo de Campo

Se realiza un levantamiento de puntos aleatoriamente con la aplicación móvil Maps me en el área de estudio de tipos de árboles considerando la clasificación elegida, la cual se exporto a una hoja de Excel; ver en Anexo 17. Luego se realizó una depuración de los puntos obtenidos en campos, para la luego pasarlo a convertir en formato shapefile de tipo punto en el software ArcGIS. Se realiza un diseño de formación de campos para tener un mejor detalle de los elementos naturales que se han afectado por el fenómeno, se realizó una identificación de los sitios críticos para dar una posible solución.

Esta etapa sirvió para hacer una validación de la clasificación de coberturas y uso del suelo a partir de imágenes de satélite con el fin de corroborar si el algoritmo de clasificación utilizado corriera apegado a la realidad, dando una fiabilidad a los resultados, considerando que, a partir del resultado de la clasificación, se parte para el cálculo de los índices planteados.

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis y discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos se analizarán y discutirán los resultados.

Clasificación de la cobertura y uso de suelo

A partir de cada imagen LANDSAT que fueron previamente rectificadas para iniciar el proceso de clasificación en el Software R a través del Algoritmo de clasificación Random Forest.

En la figura 3, es el primero resultado de la caracterización de tipo de cobertura y clasificación de uso del suelo de los periodos 1979, 1985, 1987, 1989, 1999, 2000, 2011 y 2020, en cada imagen resultantes se aprecia el cambio que ha experimentado la unidad hidrográfica, se reclasificaron nuevamente con el fin de mostrar cuatro clase con sus colores para la diferenciación; Bosque perennifolio con el color verde, Bosque caducifolio con el color crema, Bosque de Roble con el color anaranjado y otros uso con el color amarillo , ultimo abarca las áreas de cultivo, de ganadería y urbanizaciones .

Clasificación de las coberturas y uso de suelos

Figura 11 Cobertura y uso de suelo del año 1979.

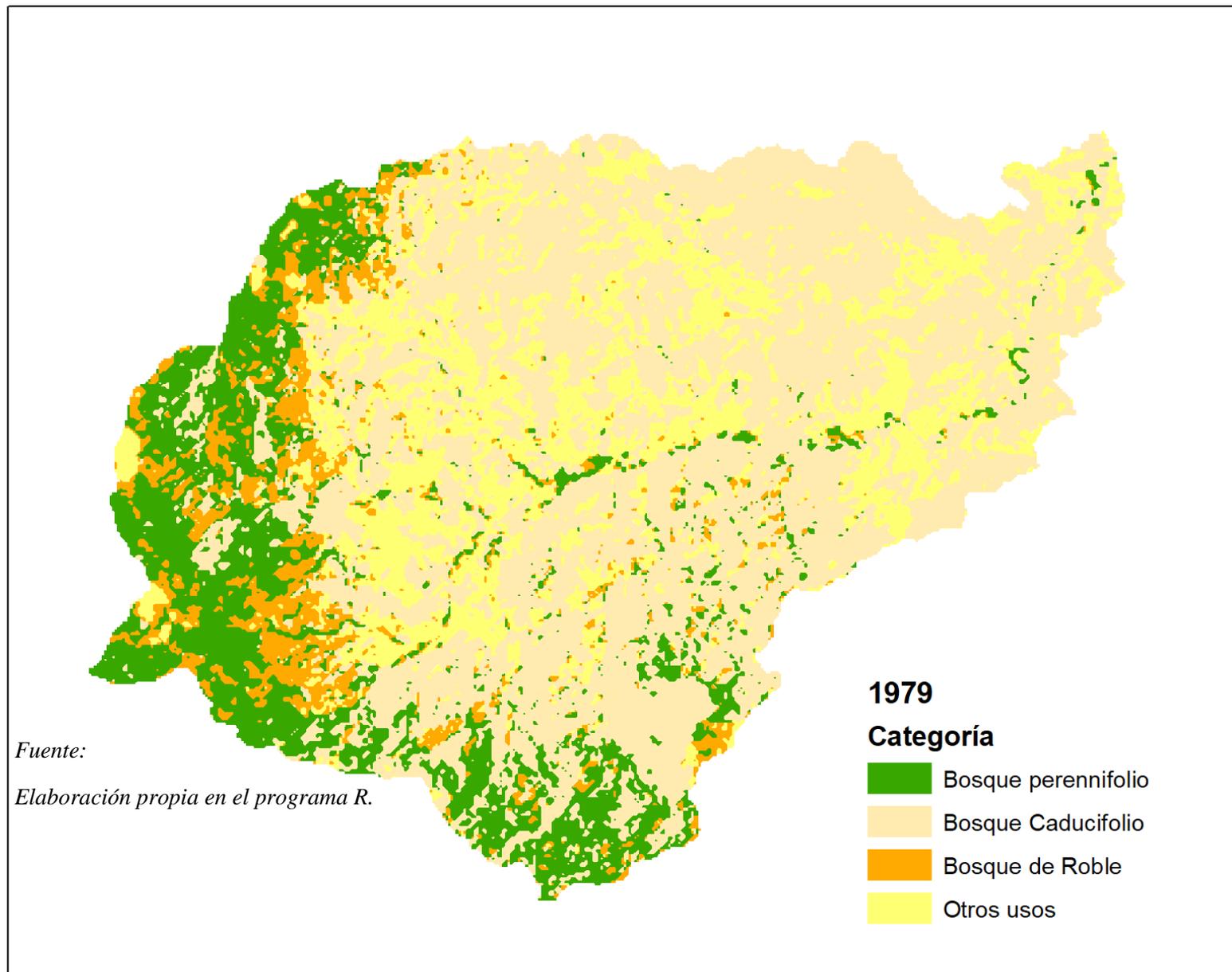


Figura 12 Cobertura y uso de suelo del año 1985.

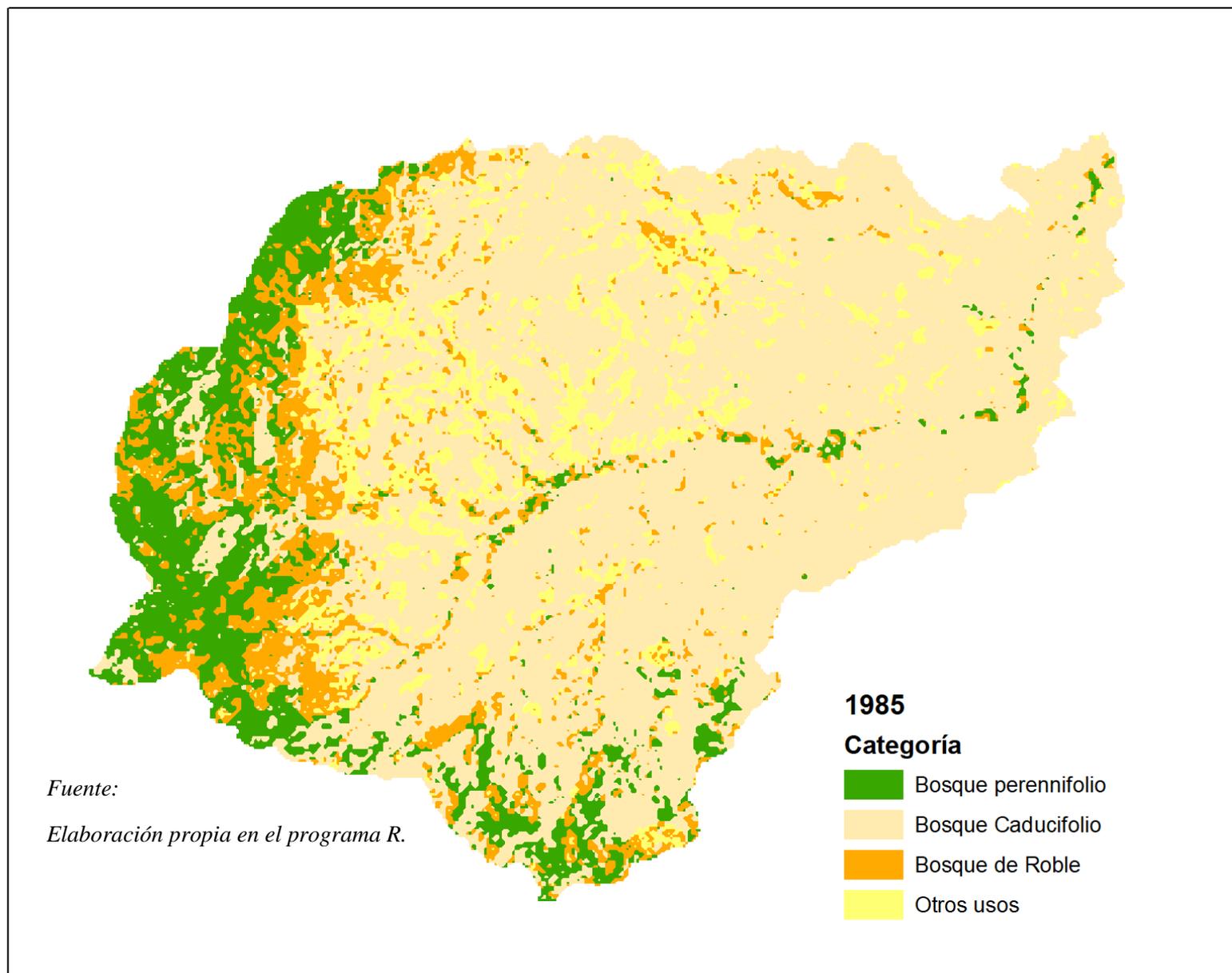
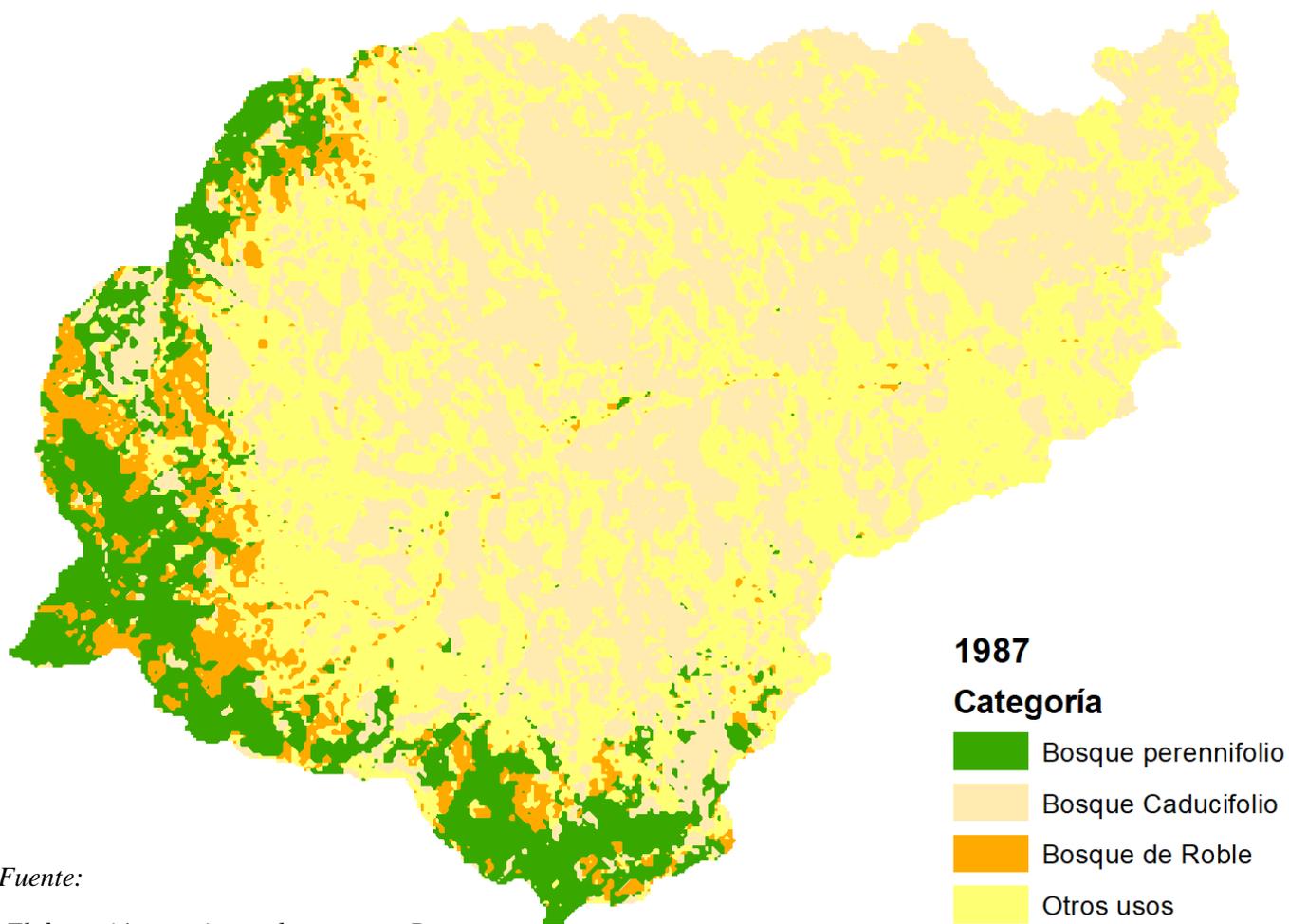


Figura 13

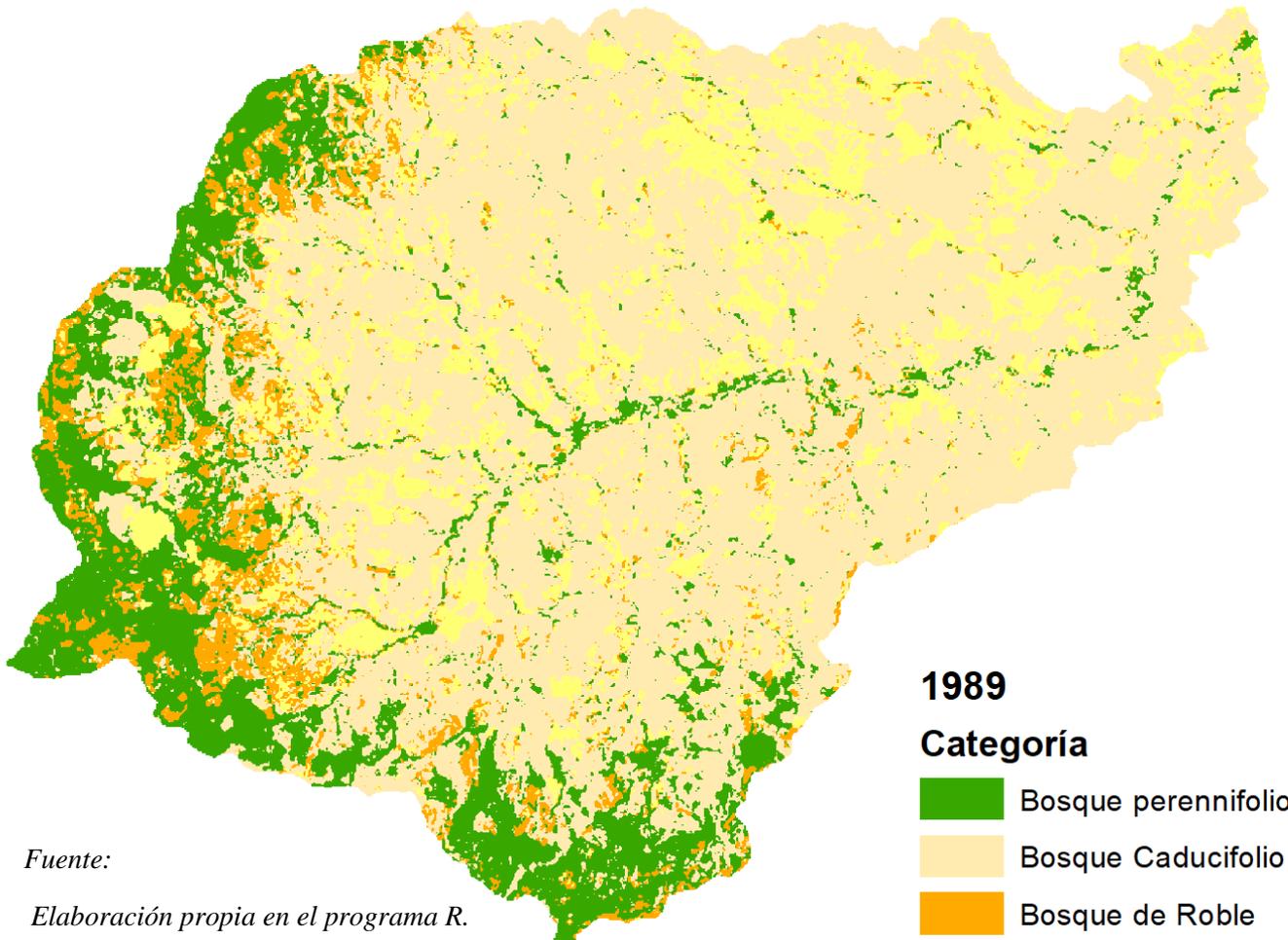
Cobertura y uso de suelo del año 1987.



Fuente:

Elaboración propia en el programa R.

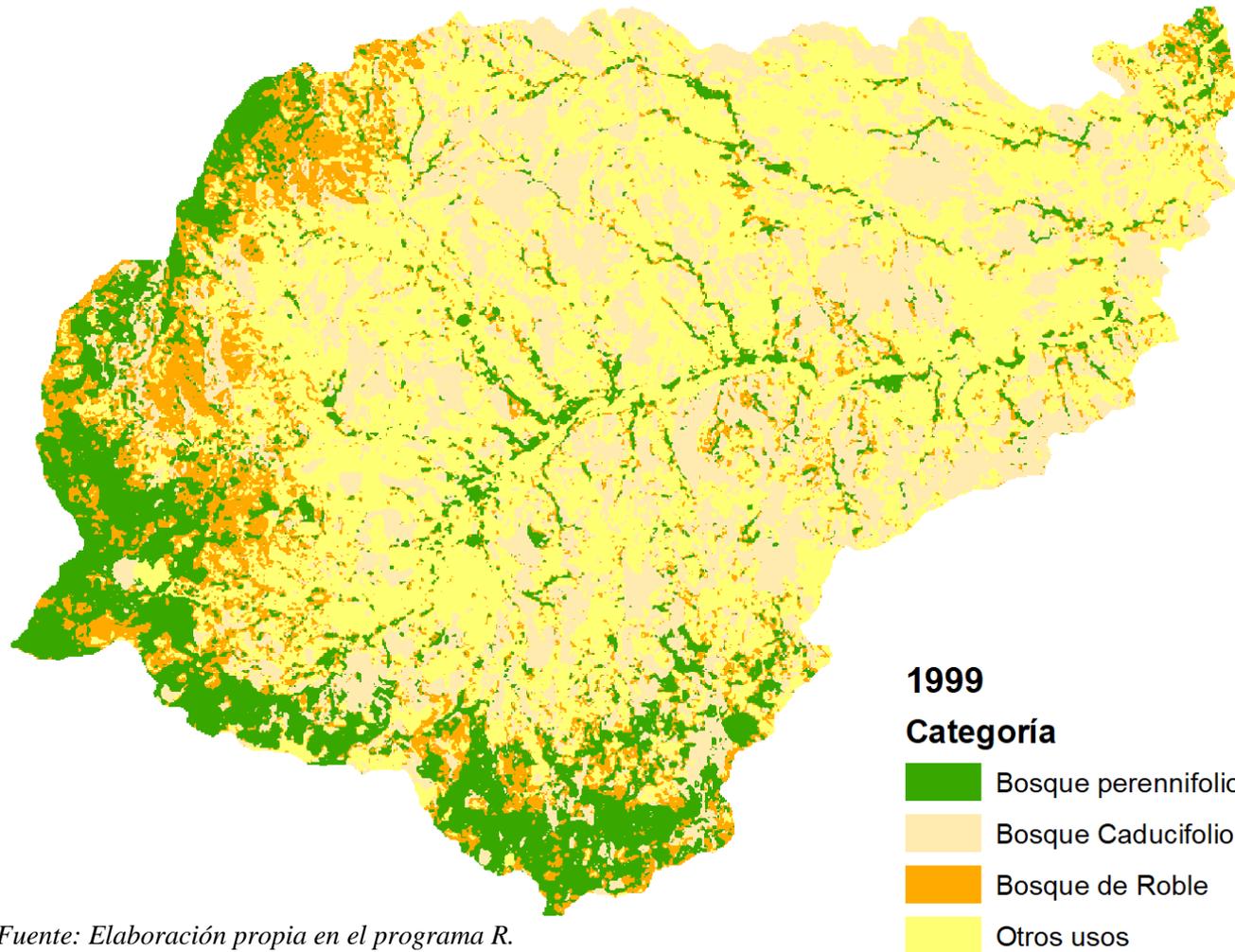
Figura 14 Cobertura y uso de suelo del año 1989.



Fuente:

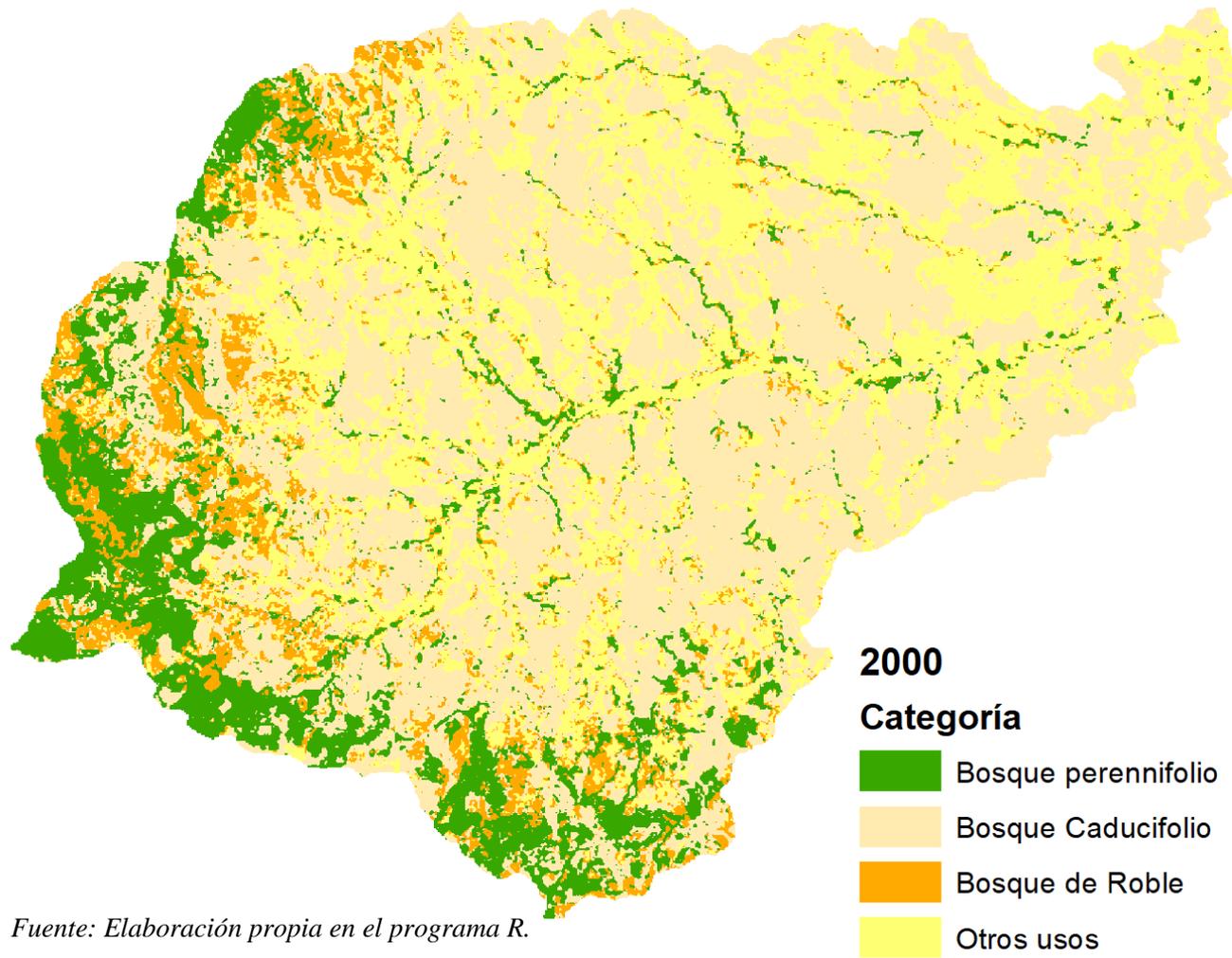
Elaboración propia en el programa R.

Figura 15 Cobertura y uso de suelo del año 1999.



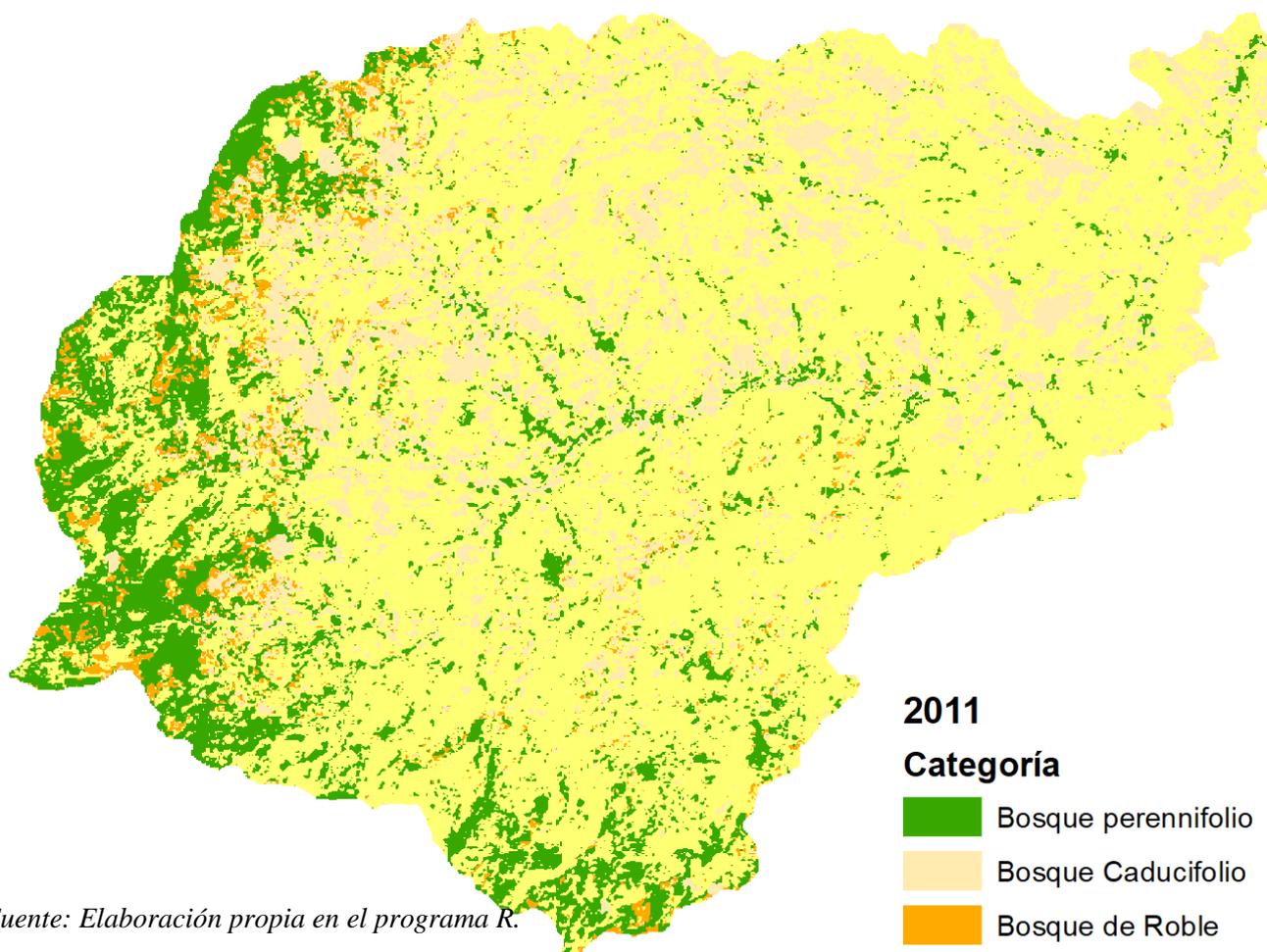
Fuente: Elaboración propia en el programa R.

Figura 1 Cobertura y uso de suelo del año 2000.



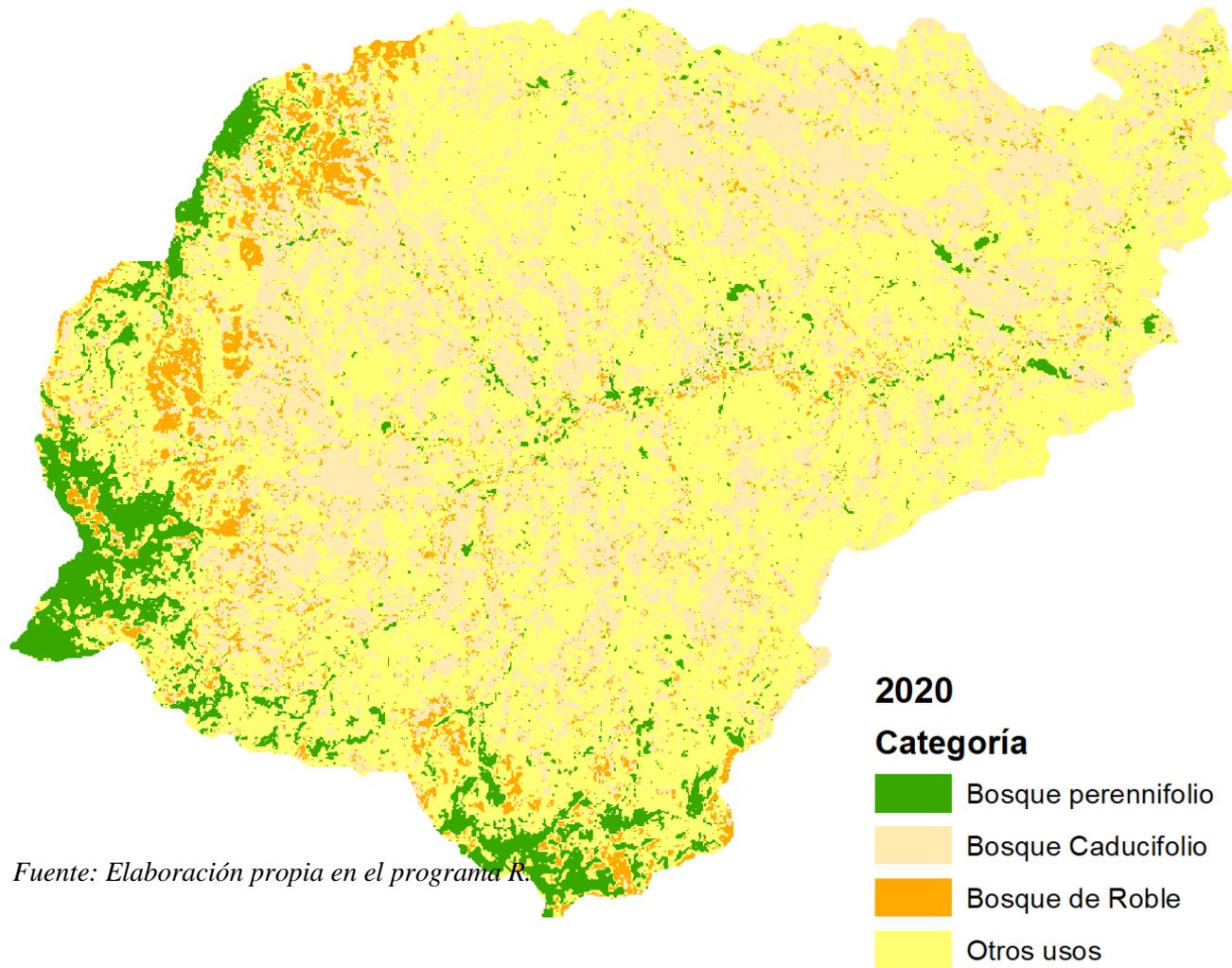
Fuente: Elaboración propia en el programa R.

Figura 2 Cobertura y uso de suelo del año 2011



Fuente: Elaboración propia en el programa R.

Figura 3 Cobertura y uso de suelo del año 2020.



Fuente: Elaboración propia en el programa R.

Nota: son las figuras de la clasificación de los bosques de cada año desde 1979,1985,1987,1989,1999,2000,2011 y 2020. Se integró desde el 1979 para observar como era el bosque nativo antes del fenómeno de la fragmentación. Se Previamente se puede observar gradualmente la fragmentación en la vegetación.

Índice de forma de Patton

Una vez procesada las imágenes se procedió a realizar el cálculo del índice de forma de Patton; se determinó aplicarlo en índice de forma de Patton en el último periodo 2020 por efecto del avance agrícola y crecimiento poblacional en la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo.

De acuerdo con el criterio de Patton, en la unidad hidrográfica se evaluó cada uno de los fragmentos de cobertura boscosa. En la tabla 2 se puede observar los tipos de las formas encontradas en la Unidad Hidrográfica de Pueblo Nuevo.

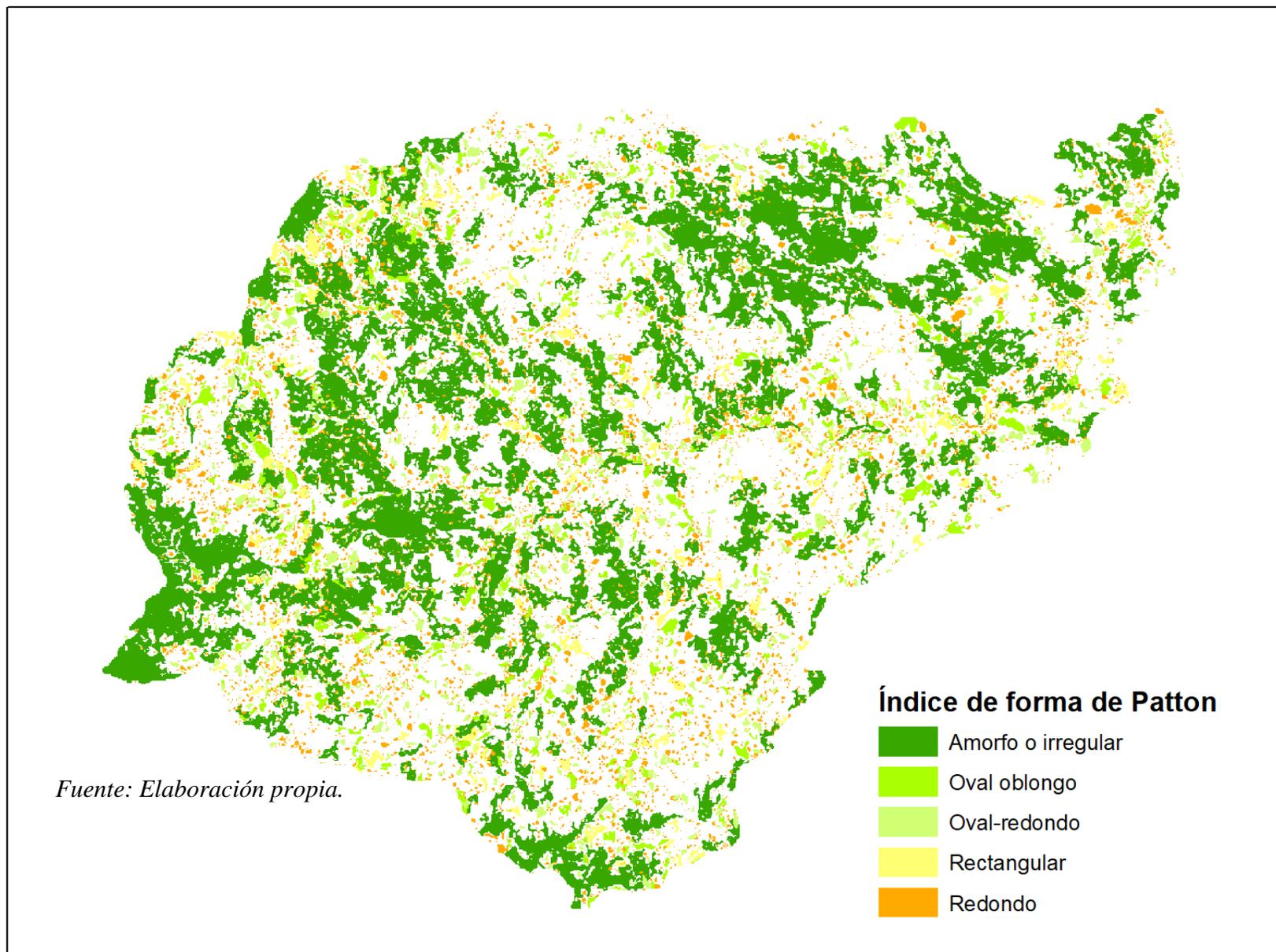
Tabla 3. Porcentaje de la Fragmentación de Patton

Porcentaje de la fragmentación según el índice de forma de Patton	
Redondo	2.2%
Oval- redondo	3.88%
Oval- oblongo	2.73%
Rectangular	1.28%
Amorfo- Irregular	2.47%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en los resultados del índice de forma de Patton en la UH del Río de Pueblo Nuevo, se presentan en las cinco clases de Forma según el índice de Forma de Patton; De tal manera que el 3.88% representa al tipo de forma más complejo y a medidas que aumenta el efecto de bordes en el área de estudio, de igual manera afecta la dinámica de los ecosistemas En segundo lugar, la forma. Oval- oblongo con un porcentaje de 2.73%. Y la forma Amorfo – Irregular con un porcentaje de 2.47%. son los más representativos., ver Figura 16.

Figura 16. Mapa del Índice de Forma de Patton.



Nota: Se puede apreciar que el Índice de Forma Redondo es el de menor presencia teniendo coherencia con la tabla de los resultados.

Cálculo del índice de Compactación de la fragmentación

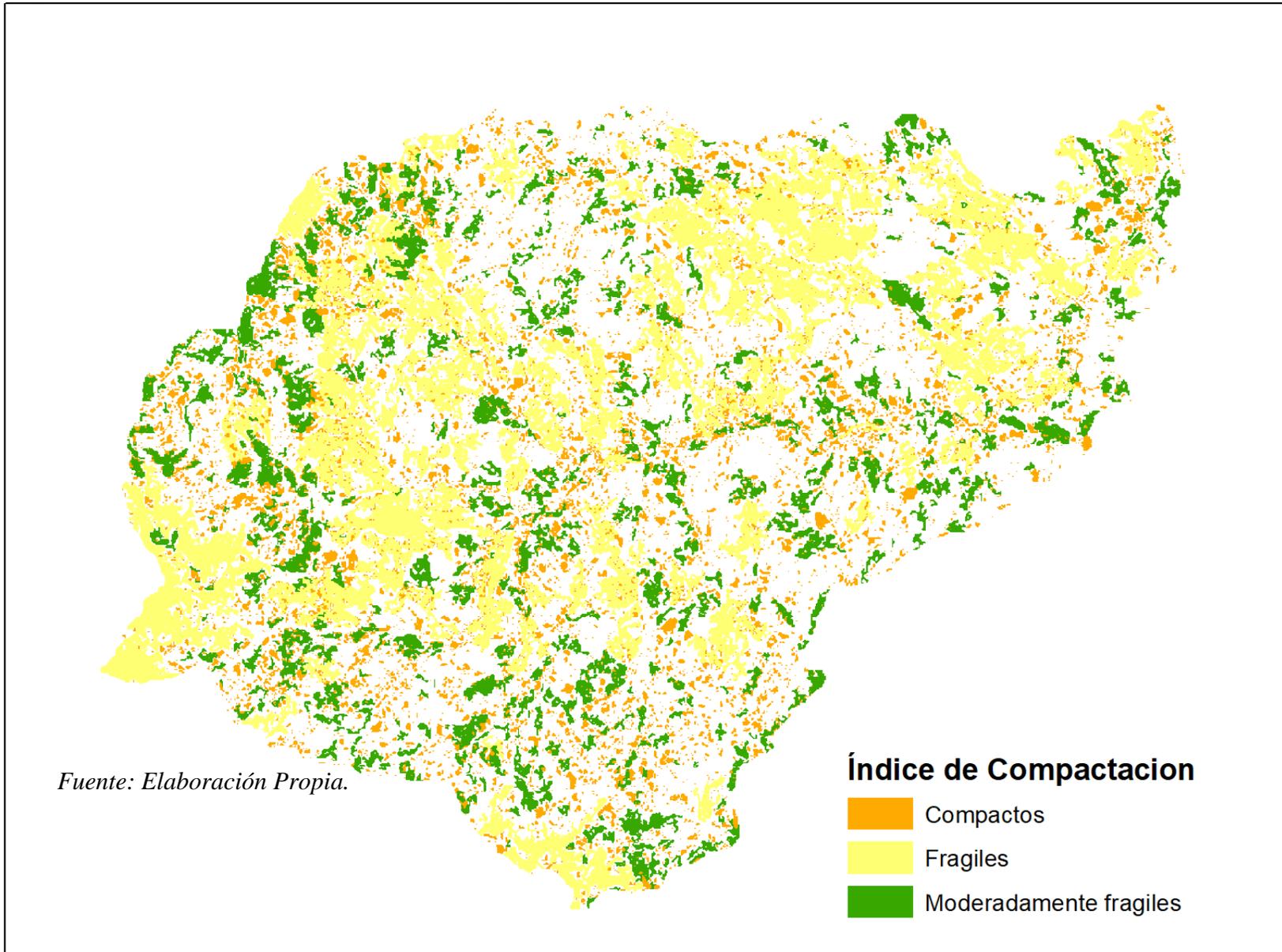
En la Tabla 4. Se puede observar que la clasificación de compactos es de 70.23%, esto nos indica que una sensibilidad a los efectos causado por los usos de suelo en la matriz, frágiles con 23.24% y moderadamente frágiles con 6.53%. Ver Figura 17

Tabla 4 Cálculo de Índice de Compactación

Índice de compactación de la fragmentación	
Compactos	70.23%
Frágiles	23.24%
Moderadamente frágiles	6.53%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17 Mapa del Índice de Compactación de la Fragmentación



Cálculo del Grado de fragmentación

Los valores del Grado de fragmentación en la Unidad hidrográfica de Pueblo Nuevo, se presentan en la tabla 5.

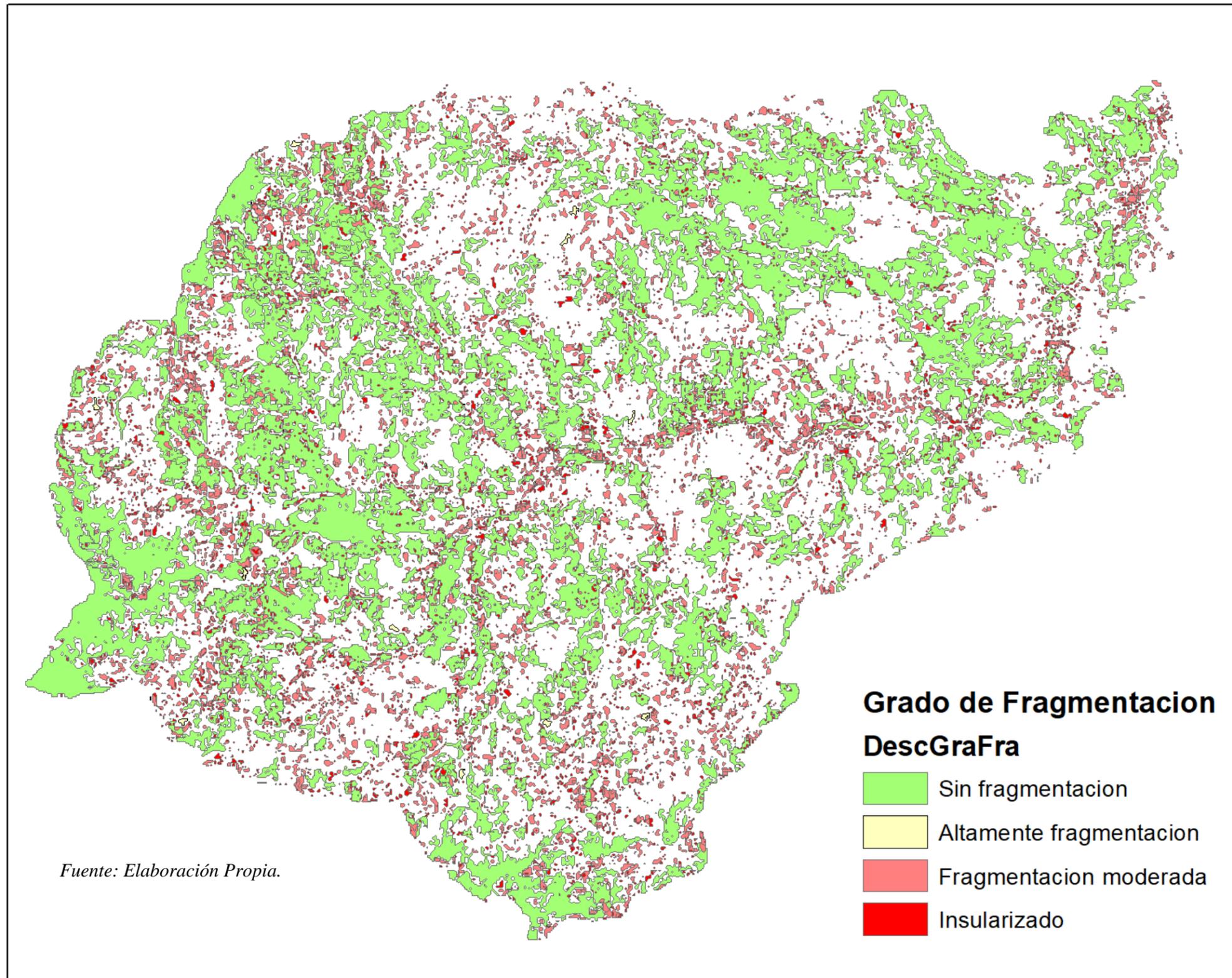
Tabla 5. Grado de fragmentación de la Unidad Hidrográfica de Pueblo Nuevo

Área de fragmentación (ha)	Grado fragmentación	Descripción del Grado de Fragmentación
21.70	0.08%	Altamente fragmentado
1790.30	6.83%	Fragmentación moderada
21.70	4,13%	Insularizado
8435.81	3.22%	Sin fragmentación

Fuente: Elaboración propia

Los valores de grado de fragmentación varían en la unidad hidrográfica del río de Pueblo Nuevo, observando que los parches de bosque de la unidad hidrográfica se encontró la categoría más alta de fragmentación, es la insularizada con un porcentaje del 4.13%, que nos indica la presencia de parches dentro de área, esto debido a al crecimiento de las áreas de agricultura; esto se nuestras en las parte casi horizontales, ligeramente ondulado y moderadamente ondulado-inclinada que los podemos corroborar con el mapa de pendiente, de igual forma nos muestra una fragmentación moderada del 6.83% en el área, mostrado la pérdida de bosque por el uso del suelo. En las áreas cercanas al área protegida de la Reserva natural Tepesomoto encontramos un grado de fragmentación, sin fragmentación con un 3.22%, esta se debe que la población en conjunto con el gobiernos están implementado la reforestación en los últimos años como como iniciativa de ley la protección de las áreas protegidas.

Figura 18. Índices de Grado de Fragmentación



Análisis de la tasa de cambio

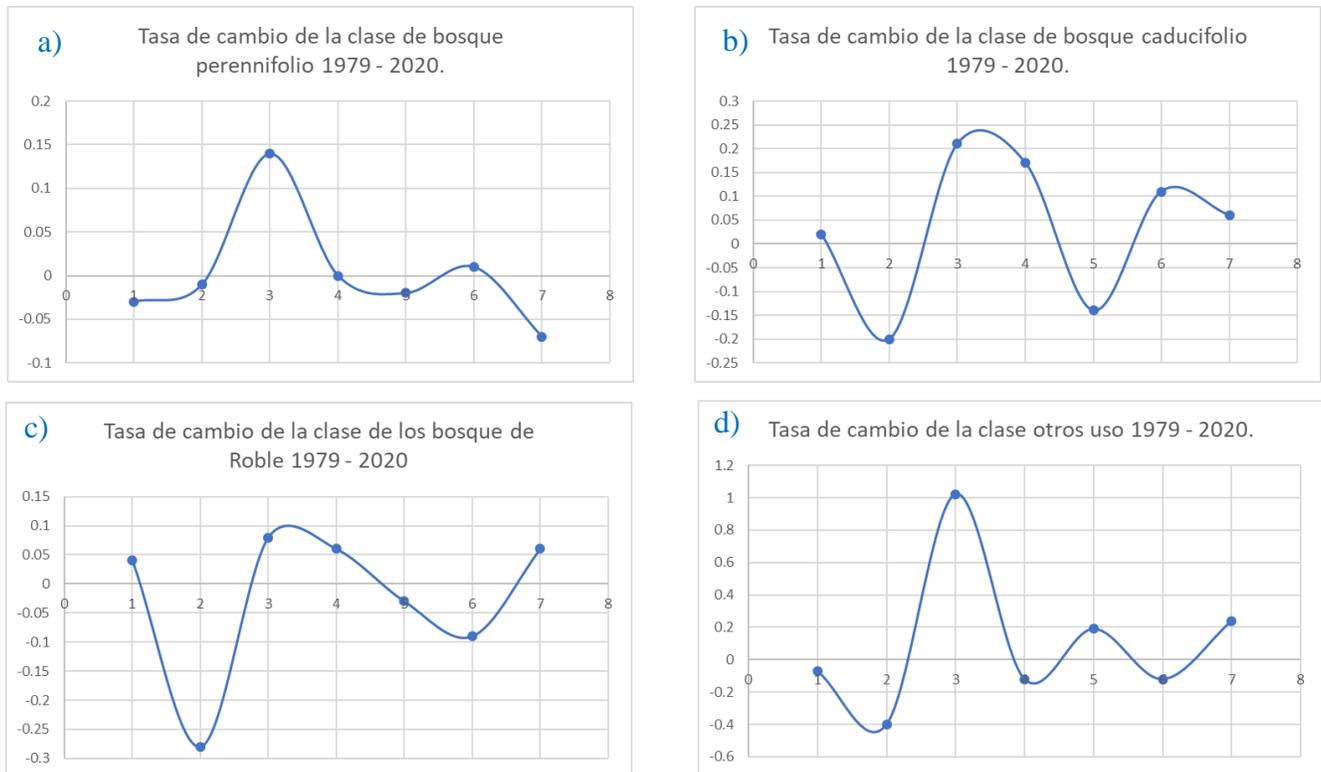
Los resultados de la tasa de cambio que se obtuvieron para cada periodo, se pueden observar la Figura 19a. correspondiente al bosque perennifolio se ve un aumento en del 0.14% en los años 1987 a 1989, igual se observa una leve recuperación del 0.01% entre 2000 a 2011. Pero nos muestra el grafico 1a, que para los periodos de 2011 a 2020, un declive del -0.07% de pérdida de bosque perennifolio.

En la Figura 19b., del bosque caducifolio se ve una disminución de este bosque de 0.20%, de 1987 a 1989, del 0.21% y se mantuvo así en el periodo de 1989 a 1999. Con un 0.21% y de 0.17% después de estos años tuvo un declive en los años 1999 a 2000 del -0.14.

En la Figura 19c., del bosque de Roble; se observa un declive en los periodos de 1985 a 1987 de 0.28% de pérdida del bosque de Roble, y podemos observar que en el periodo del 2011 a 2020 tiene un aumento del 0.06% de recuperación del bosque.

Y en la Figura 19d., del otro uso; se observa un crecimiento en los periodos de 1985 a 1987 con un pico del 1% que nos indica que en este periodo incremento el uso de más territorio, pero en el periodo del 2000 a 2011 observamos que otros usos disminuyo un -0.2 %, ende que para los periodos 2011 a 2020 hubo un aumento del 0.2% de este uso.

Figura 19 .Tasas de cambio por Clase de Bosque



Fuente: Elaboración propia.

Este cálculo de la tasa de cambio nos permitió ver el proceso de cambio a lo largo del tiempo; se observó el aumento y pérdidas del bosque en la unidad hidrográfica. En cada periodo analizado se notó la variabilidad de cada clasificación de bosque, lo que nos permitió observar el comportamiento del bosque, ya que hubiera factores climáticos, antrópicos.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

En la caracterización de los tipos de cobertura y clase de uso de suelo se obtuvo los tipos de bosques, que, entre ellos destacar el bosque de Roble, que pertenece a la clase de perennifolio, este tipo de bosque se caracteriza aparte porque en el área de estudio se está realizando un desplazamiento de los bosques de pino que nos nativos de la unidad hidrográfica en pos de la forestación.

- 1) El área de bosque natural de la unidad hidrográfica de Pueblo Nuevo, muestra la forma de Oval- redondo con el 3.88%, provocando un aumento del efecto de borde en los parches de bosque, generando transformaciones en el ecosistema de la unidad hidrográfica que es dada por la apertura de áreas para cultivo o ganadería, la construcción de viviendas para los pobladores lo que desencadena un conjunto de modificaciones en los procesos ecológicos. En la unidad hidrográfica de Pueblo Nuevo sufre de una fragmentación moderada del 6.83%; que indica una alta pérdida de bosque por heterotaxias, por el uso del suelo, la extracción de madera preciosa para fines comerciales y consumo en el hogar. La fragmentación de hábitat, por origen antropogénico o natural, provoca afectaciones a todas las especies, y se ha convertido en una preocupación importante sobre todo con lo que respecta a la conservación.
- 2) Los resultados obtenidos de la aplicación de la tasa de cambio, el -0.07 % de pérdida de bosque perennifolio en la unidad hidrográfica de Pueblo Nuevo en los periodos 2011 a 2020, para el mismo periodo en los bosques caducifolio tuvo una recuperación del 0.06%, de igual forma los bosques de Roble tuvo un aumento del 0,06%. En la clase de otro uso tiene un aumento mucho mayor que de los bosques de un 0.24%; Por lo dicho anterior, no resulta extraño concluir que será el manejo integrado de los recursos naturales sea dirigido por las autoridades correspondiente implementando una estrategia que involucre a la población del área, que aliente a respetar la complejidad del proceso ecológico e involucrarlos en las etapas de restauración del hábitat, al igual de los demás actores que intervienen en los procesos en la misma unidad hidrográfica.

5.2 Recomendaciones

- 1) Talleres de Concientización a toda la población de la importancia que tiene la Restauración y Conservación de los Recursos Forestales para el bienestar de las familias y la economía del país.
- 2) Realizar jornadas de reforestación con la participación de instituciones encargadas de la planificación y de los habitantes y así evitar la continuidad de la fragmentación del bosque y pérdida del ecosistema de la zona que afecta a las especies de animales plantas y cuerpos de agua presente en la zona.
- 3) Concientizar a los productores y ganaderos de la zona para que estos realicen un uso adecuado del suelo y tengan un mejor aprovechamiento evitando así la fragmentación y pérdida del bosque y del hábitat en general de la zona.
- 4) Realiza nuevas estimaciones de la fragmentación de bosque, procurando mantener una alta escala de información de salida y el monitoreo de los fragmentos.
- 5) Abordar el estudio de la fragmentación de bosques desde lo temporal y espacial, utilizando metodologías que expliquen los cambios de patrones de paisaje, a partir de los eventos y las dinámicas, tanto naturales como antrópicas, en el heterogéneo mosaico de la estructura del paisaje.

5.3 Referencia

- Bernal Díaz, V. C. (2015). *Efecto de la fragmentación de los bosques de la Plana del Vallès sobre la fauna mirmecológica*.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Calderon, H., Aroche, J. L., Castrellón, M. G., Toruño, M., Aguilar, B., D'Trinidad, K., Quiñonez, O., Castrillo, E., & Rueda, E. (2022). Hydrogeology of the Central American Dry Corridor: insights for improving preparedness and resilience to hydroclimatic extremes. Accepted. *Proceedings of the 39th IAHR World Congress, June*.
- Castillo, K. L., Tapia, M. E. F., & Sevilla, P. J. R. (2017). *Propuestas de desarrollo turístico en el sector Noreste de la Reserva Natural Tepesomote- la patata y casco urbano de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí, Agosto 2016 – Febrero 2017 Elaborado*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chapa Bezanilla, D., Sosa Ramírez, J., & De Alba Ávila, A. (2016). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. In *Madera y Bosques* (Vol. 14, Issue 1). <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411216>
- Chavarría Vilchez, H. E., & Martínez Rivera, A. J. (2017). *Caracterización de las condiciones geológicas para el diseño de cosechas de agua en las comunidades Ocotillo y la Grecia, municipio de San Juan de Limay, Estelí* [FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA. UNAN-Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/8777/1/98249.pdf>

- Cook, W. M., Lane, K. T., Foster, B. L., & Holt, R. D. (2002). Island theory, matrix effects and species richness patterns in habitat fragments. *Ecology Letters*, 5(5), 619–623. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00366.x>
- FAO. (2014). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015. Nicaragua. In *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020*. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- FAO. (2019). *Portal de Suelos de la FAO Véase También Definiciones Definiciones clave Publicaciones Contactos*.
- FAO. (2020). Informe de la ONU: a medida que los bosques del mundo siguen menguando, deben tomarse medidas urgentes para salvaguardar su biodiversidad. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO)*, 2020(May), 3–5. <http://www.fao.org/news/story/es/item/1276995/icode/>
- FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022. In *El estado de los bosques del mundo 2022*. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- Fernández, I. (2018). ¿Qué es la Fragmentación de Hábitats? Causas y Consecuencias. In *Greenteach* (p. 3). <https://www.greenteach.es/fragmentacion-de-habitats/>
- Fischer, R., Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Lehmann, S., Wiegand, T., & Huth, A. (2021). Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. *Science Advances*, 7(37), 1DUMMMY. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ABG7012>
- Gallo, C. C., Ecol, P., Gallo, C. C., Jer, S., Laguna, P., Moropotente, M., Sebasti, S., Concordia, L., Mirador, P., Avi, E., Cerritos, L., Culse, E., Aires, B., & Ram, S. (n.d.). *Naturaleza de Condega Cultura de Condega Arquitectura de Condega Festividades Religiosas de Condega Gastronomía de Condega*. 1–2.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [Nicaragua]. (2021). *Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza*. [https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026\(19Jul21\).pdf](https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026(19Jul21).pdf)
- Hanski, I., & Gaggiotti, O. (2004). *1 - Metapopulation Biology: Past, Present, and Future* (I. Hanski & O. E. B. T.-E. Gaggiotti Genetics and Evolution of Metapopulations (eds.); pp. 3–22). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012323448-3/50003-9>
- Hanski, I., & Simberloff, D. (1997). The Metapopulation Approach, Its History, Conceptual Domain, and Application to Conservation. In *Metapopulation Biology* (pp. 5–26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-012323445-2/50003-1>
- Harrison, S., & Bruna, E. (1999). Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography*, 22(3), 225–232. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb00496.x>
- Enseñanza Desescolarizada, Ediciones Usta, Bogotá, Colombia.*
- INAFOR. (2008). *Análisis de la situación del Sector Forestal de Nicaragua*. www.inafor.gob.ni
- Ley 462. (2003). *Ley de conservación, fomento y desarrollo sostenible del Sector Forestal*. Asamblea Nacional de Nicaragua. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/1d40ff3920ce9162062570a100583701?OpenDocument>
- Ley No. 217. (1996). *LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES*. Asamblea Nacional de Nicaragua. <http://digesto.asamblea.gob.ni/consultas/util/pdf.php?type=rdd&rdd=Hiq%2FXVcd9RM%3D>

- Ley No. 585. (2006). *Ley de Veda para el corte, aprovechamiento y Comercialización Forestal*. Asamblea Nacional de Nicaragua. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/376155b1768a24b70625723300578eda?OpenDocument>
- Löbel, S., Snäll, T., & Rydin, H. (2006). Metapopulation processes in epiphytes inferred from patterns of regional distribution and local abundance in fragmented forest landscapes. *Journal of Ecology*, *94*(4), 856–868. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01114.x>
- Lozano Botache, L. A., Gómez Aguilar, F. A., & Valderrama Chaves, S. (2011). Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima-Colombia. *Tumbaga*, *6*, 125–140.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. (1967). *The Theory of Island Bio-geography. Monographs in Population Biology no. 1*.
- MARENA. (2019). *CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL EN NICARAGUA* (p. 81). http://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/2019/11/Documento-causas-de-la-deforestación-26_07_2019_VF.pdf
- Martínez, I., Belinchón, R., Otárola, M. G., Aragón, G., Prieto, M., & Escudero, A. (2011). Efectos de la fragmentación de los bosques sobre los líquenes epífitos en la Región Mediterránea. *Ecosistemas*, *20*(2–3), 54–67.
- Medina, A., Harvey, C., Sánchez, D., Vílchez, S., & Hernández, B. (2004). Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro*, *68*, 60–75. <https://doi.org/10.5377/encuentro.v0i68.4257>
- Moen, J., & Jonsson, B. G. (2003). Edge Effects on Liverworts and Lichens in Forest Patches in a Mosaic of Boreal Forest and Wetland. *Conservation Biology*, *17*(2), 380–388. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.00406.x>
- Morlans, M. C. (2021). Estructura del paisaje (Matriz, parches, bordes, corredores) sus funciones, fragmentación del hábitad y su efecto borde. In *Habitat*.
- Morlans, M. C., & Romero, C. M. (2014). *Estructura del paisaje (matriz, parches, bordes y corredore). Sus funciones*. Colección Didáctica Cátedra de Ecología. <http://ecologia-fca-unca.blogspot.com/2014/05/estructura-del-paisaje-matriz-parches.html>
- Municipio, I., & Naturaleza, D. S. (n.d.). *Naturaleza de Somoto*. 1–3.
- Nicaragua. (n.d.). Bosques Del Mundo.Org. Retrieved February 8, 2023, from <https://www.bosquesdelmundo.org/programa/nicaragua>
- Patton, D. R. (1975). A Diversity Index for Quantifying Habitat “Edge.” *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, *3*(4), 171–173. <http://www.jstor.org/stable/3781151>
- Pincheira-Ulbrich, J., Rau, J. R., & Peña-Cortés, F. (2009). Tamaño y forma de fragmento de bosque y su relacion con la riqueza de especies de árboles y arbustos. *Phyton*, July 2014.
- Quijano, M. (2016). Análisis del índice del estado actual de las cobertura vegetales para la cuencadel Río Guacavía ubicada entre los Municipios Restrepo y Cumspsl (Meta),Paratebueno y Medina (Condinamarca). In *UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA* (Issue May).
- Ramírez Zapata, A. (2015). *Análisis Multitemporal Mediante Sensores Remotos De Cobertura De La Tierra Para El Periodo De Tiempo 1999 - 2011 En El Municipio De San Jacinto, Bolívar*.

- Rivera V, D. R., Zelaya Martínez, C., & Acuña Espinal, E. (1996). *Estudio de Reconocimiento y Caracterización de los Recursos hídricos, edáficos y forestales del municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí, Nicaragua*.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Multitemporal analysis of land use change in the Terrestrial Protected Landscape Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. <https://doi.org/10.7818/ecos.2013.22-3.16>
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera Herrera, A. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 - 2011. In *Revista Científica de FAREM-Estelí* (Issue 11). <https://doi.org/10.5377/farem.v0i11.1605>
- Sampieri, D. R. H., Collado, D. C. F., & Lucio, D. M. del P. B. (2010). Metodología de la investigación. In *Revista de enfermería (Barcelona, Spain)* (Vol. 39, Issue 2).
- Snäll, T., Ehrlén, J., & Rydin, H. (2005). COLONIZATION-EXTINCTION DYNAMICS OF AN EPIPHYTE METAPOPOPULATION IN A DYNAMIC LANDSCAPE. *Ecology*, 86(1), 106-115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/04-0531>
- Taubert, F., Fischer, R., Groeneveld, J., Lehmann, S., Müller, M. S., Rödig, E., Wiegand, T., & Huth, A. (2018). Global patterns of tropical forest fragmentation. *Nature*, 554(7693), 519-522. <https://doi.org/10.1038/nature25508>
- Tierra, L. A. (2017). ¿ *Qué es la Ecología ? ¿ Qué es la Ecología ? ¿ Qué es la Ecología ?*
- Tolima, D., & CORCUENCAS. (2018). Cobertura y uso del suelo en Boyacá. In *Observatorio Ambiental de Boyaca* (Issue 8).
- United Nations (UN). (2018). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018*. 28-29. <https://doi.org/10.18356/a30c0f28-es>
- Velásquez Alvarado, E. J. (2018). *Análisis multitemporal de fragmentación del bosque en la reserva de recursos genéticos Yúcul, San Ramón, Matagalpa, durante el periodo 1983 a 2015*. [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3869/1/tnk10v434a.pdf>
- Velásquez Alvarado Erick José. (2018). *Análisis Multiemporal de fragmentación del bosque en la Reserva de Recursos Genéticos Yucul, San Ramón, Matagalpa, Durante el periodo 1983 a 2015*. <https://repositorio.una.edu.ni/3869/1/tnk10v434a.pdf>
- World Economic Forum. (2023). *The Global Risks. Report 2023*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

5.4 Anexos

Anexo 1

Tablas de Excel de la tasa de cambio

a) Bosque Perennifolio

Años	Tasa
79-1985	-0.03
85-1987	-0.01
87-1989	0.14
89-1999	0.00
99-2000	-0.02
00-2011	0.01
11-2020	-0.07

b) Bosque Caducifolio

Años	Tasa
1979-1985	0.02
1985-1987	-0.2
1987-1989	0.21
1989-1999	0.17
1999-2000	-0.14
2000-2011	0.11
2011-2020	0.06

c) Bosque de Roble

Años	Tasa
1979-1985	0.04
1985-1987	-0.28
1987-1989	0.08
1989-1999	0.06
1999-2000	-0.03
2000-2011	-0.09
2011-2020	0.06

d) Otros usos

Años	Tasa
1979-1985	-0.07
1985-1987	-0.4
1987-1989	1.02
1989-1999	-0.12
1999-2000	0.19
2000-2011	-0.12
2011-2020	0.24

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21. Área en preparación para cultivo



Fuente: provida por INETER.

Anexo 3. Parcela de lechuga



Fuente: provista por INETER.

Anexo 4. parcelas de lechuga en preparación



Fuente: provista por INETER.

Anexo 5 Área con efecto de fragmentación de parches5



Fuente: provista por INETER.

Anexo 6. Área con índice de fragmentación en el bosque



Fuente: provista por INETER.

Anexo 7. Parcela de maíz



Fuente: provista por INETER.

Anexo 8. Área con indicio de fragmentación y erosión en el suelo



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9 Tabla 6 Puntos levantados

No.	ID	X	Y
1	PT_bosque denso	555761.991	1480063.569
2	PT_tabaco	553741.363	1478047.35
3	PT_cultivo anual	553482.143	1478086.153
4	PT_tabaco	553074.797	1477796.892
5	PT_tabaco	552329.62	1476893.941
6	PT_bosque denso	551745.333	1477070.121
7	PTtierraa_deacanso	551766.503	1477425.974
8	PT_tabaco	551609.041	1477183.389
9	PT_maiz	551331.098	1477214.386
10	PT_tabaco	551215.69	1477305.4
11	PT_tabaco	550276.992	1476967.041
12	PT_tabaaco	550388.538	1477152.823
13	PT_matorral y árboles ddispesis	549768.718	1477040.698
14	PT_matorral	549621.221	1476876.281
15	PT_rastrojos	549365.804	1476858.998
16	PT_pasto y arboles	549135.874	1476662.901
17	PT_tabaco	548128.413	1476702.528
18	PT_pastonnatural con maleza	548135.298	1476527.931
19	PT_tacotal	547979.538	1476591.688
20	PT_rastrojo de Maiz	547710.953	1476055.005
21	PT_arboles dispersos	547669.782	1476115.901
22	PT_pinon abierto	547714.513	1475031.419
23	PT_pinp abierto	547516.312	1475130.355
24	PT_tierras pedregosa	559581.317	1476346.039
25	PT_cafe con sombra	544401.578	1472753.814
26	PT_cafe con sombra	545500.419	1473986.13
27	PT_cultivo	548376.36	1477844.034
28	PT_bosque denso	549451.493	1478510.515
29	PT_pasto	548060.933	1478702.423
30	PT_Robledal	546602.094	1479069.886
31	PT_pastos	547736.633	1477009.086
32	PT_tacotales	547853.264	1476999.517
33	PT_bosque denso	547464.168	1476757.119
34	PT_arbustivo	547650.755	1477078.848
35	PT_arbustivo	547575.455	1477018.396
36	PT_bosque denso	556055.652	1481409.813
37	PT_pasto natural	556435.255	1481593.305
38	PT_pasto natural	556367.482	1482024.483
39	PT_pasto natural	556170.233	1482179.311
40	PT_bosque abierto	556004.522	1482095.427
41	PT_calala	556273.166	1482184.973
42	PT_suelos vertisoles	556296.43	1482169.621
43	PT_suelos superficiales	556183.326	1482150.158

44	PT_pasto	556166.085	1482374.435
45	PT_maiz	556043.401	1482492.592
46	PT_invernadero	555959.989	1482665.042
47	PT_cultivo	555935.151	1482912.635
48	PT_hortaliza	556045.368	1482887.618
49	PT_riego por inundacion surco	556051.833	1482920.634
50	PT_suelo vertisoles	550418.149	1477837.367
51	PT_bosque en degeneración	556042.18	1483542.638
52	PT_bosque densoo	556395.947	1484327.619
53	PT_bosque denso	556575.001	1484171.253
54	PT_bosque denso	555826.317	1484325.882
55	PT_tabaco	557555.171	1478912.382
56	PT_maiz	557631.088	1478859.012
57	PT_maiz	558470.889	1478199.338
58	PT_sandia	551431.043	1478542.556
59	PT_tomate	559290	1478224.4
60	PT_tomate	559290.086	1478224.332
61	PT_tabaco	559565.731	1478232.05
62	PT_tbc	560527.857	1477919.991
63	PT_sndia	560527.857	1477919.991
64	PT_tacotal	563444.169	1478526.977
65	PT_bosq secund en crecimientos	559077.527	1477645.293
66	PT_bosque denso	559222.174	1477708.203
67	PT_rastrojos	559303.362	1477013.78
68	PT_bosque secundario abierto	559234.303	1477081.631
69	PT_pasto natural	559230.084	1476903.874
70	PT_bosque latifoliado maduro abierto	559571.705	1476554.29
71	PT_pasto natural	559190.688	1476724.343
72	PT_pasto natural	559329.698	1476728.365
73	PT_bosque denso	559520.342	1476238.214
74	PT_tabaco	562512.686	1475618.735
75	PT_tabaco	562510.91	1475617.18
76	PT_bosque denso	562490.018	1475608.003
77	PT_b	562260.736	1475558.26
78	PT_tabaco	561578.63	1475168.809
79	PT_tabaco	561452.948	1475112.455
80	PT_pasto natural	560471.683	1474197.998
81	PT_bosque denso con árboles en desarrollo	560473.884	1474059.167
82	Árbol	553849.684	1478577.966
83	Areas de cultivo	552034.554	1478451.479
84	Areas de cultivo	551124.754	1479605.475
85	Areas de cultivo	548022.554	1484430.811
86	Areas de cultivo	548335.437	1484423.009
87	Areas de cultivo	546663.271	1482045.474
88	Areas de cultivo	549049.175	1484313.84
89	Areas de cultivo	548927.018	1484405.187
90	Areas de cultivo	549491.331	1484314.295

91	Areas de cultivo	553002.444	1474943.875
92	Areas de cultivo	553704.103	1473838.858
93	Areas de cultivo	554615.929	1471958.364
94	Areas de cultivo	555404.974	1470685.902
95	Areas de cultivo	554622.849	1475294.193
96	Areas de cultivo	555020.728	1475199.83
97	Areas de cultivo	556820.671	1476101.949
98	Areas de cultivo	552893.903	1477476.802
99	Areas de cultivo	552097.661	1477417.235
100	Areas de cultivo	551542.868	1476609.366
101	Areas de cultivo	551754.363	1475850.572
102	Areas de cultivo	546502.418	1472979.727
103	Bosque cerrado	556004.097	1476512.161
104	Bosque de conífera	539142.803	1468727.721
105	Bosque denso	549228.067	1468192.777
106	Bosque en regeneración	554734.506	1477018.147
107	Bosque latifoliado abierto	554099.038	1477073.859
108	Bosque latifoliado abierto	554001.387	1475785.833
109	Bosque latifoliado abierto	553420.076	1475524.371
110	Bosque latifoliado abierto	554367.198	1474739.328
111	Bosque latifoliado abierto	553272.145	1474705.567
112	Bosque latifoliado abierto	553108.33	1469966.119
113	Bosque latifoliado abierto	552519.224	1469609.85
114	Bosque latifoliado abierto	552036.796	1469293.345
115	Bosque latifoliado abierto	554321.251	1469812.645
116	Bosque latifoliado abierto	555728.446	1469393.708
117	Bosque latifoliado abierto	554600.411	1468142.401
118	Bosque latifoliado abierto	554086.547	1467652.592
119	Bosque latifoliado abierto	554056.449	1475541.445
120	Bosque latifoliado con pinos dispersos	556348.425	1478106.486
121	Bosque latifoliado con pinos dispersos	549854.777	1484831.43
122	Bosque latifoliado denso	552040.235	1477955.758
123	Bosque latifoliado denso	547733.746	1484189.013
124	Bosque latifoliado denso	546169.143	1484100.715
125	Bosque latifoliado denso	546923.808	1483750.815
126	Bosque latifoliado denso	554839.446	1476032.676
127	Bosque latifoliado denso	550888.006	1473349.874
128	Bosque latifoliado denso	549496.045	1472156.884
129	Bosque latifoliado denso	548256.905	1472126.239
130	Bosque latifoliado denso	547035.245	1471879.08
131	Bosque latifoliado denso	546664.838	1472099.62
132	Bosque latifoliado denso	546937.796	1469304.675
133	Bosque latifoliado denso	548859.186	1469959.75
134	Bosque latifoliado denso	550386.934	1469415.974
135	Bosque latifoliado denso	550565.038	1467956.13
136	Bosque latifoliado denso	544414.442	1472858.181
137	Bosque latifoliado denso	545352.252	1473978.376

138	Bosque latifoliado ralo	554599.875	1479038.266
139	Bosque latifoliado ralo	554482.451	1480244
140	Bosque latifoliado ralo	553078.075	1479149.453
141	Bosque latifoliado ralo	553556.904	1480788.252
142	Bosque latifoliado ralo	553516.386	1479992.112
143	Bosque latifoliado ralo	554145.307	1480590.071
144	Bosque latifoliado ralo	555147.017	1481940.567
145	Bosque latifoliado ralo	555491.155	1477408.019
146	Bosque latifoliado ralo	554102.274	1477467.702
147	Bosque latifoliado ralo	553049.402	1474109.566
148	Bosque latifoliado ralo	552434.49	1475284.965
149	Bosque latifoliado ralo	553782.7	1474481.63
150	Bosque latifoliado ralo	553566.756	1474104.854
151	Bosque latifoliado ralo	553715.673	1472607.729
152	Bosque latifoliado ralo	554669.572	1471685.615
153	Bosque latifoliado ralo	555535.367	1471203.507
154	Bosque latifoliado ralo	556599.336	1476810.931
155	Bosque latifoliado ralo	552373.236	1476943.378
156	Bosque latifoliado ralo	551606.281	1476995.176
157	Bosque latifoliado ralo	549970.604	1474625.701
158	Bosque latifoliado ralo	549633.527	1473159.768
159	Bosque latifoliado ralo	547854.377	1471597.744
160	Bosque abierto	555828.263	1475918.291
161	Bosque de galería	551443.51	1476432.22
162	Bosque en desarrollo	550614.879	1468550.148
163	Café con sombra	534955.742	1466561.114
164	Café con sombra	536249.614	1469675.508
165	Café con sombra	535514.077	1471006.748
166	Café con sombra	540548.747	1477951.465
167	Café con sombra	538563.243	1473895.522
168	Café con sombra	541156.17	1472004.426
169	Café con sombra	554654.997	1477944.904
170	Café con sombra	553418.47	1471759.89
171	Café con sombra	553475.047	1471173.83
172	Café con sombra	553108.887	1470826.738
173	Café con sombra	552146.303	1469962.944
174	Café con sombra	551934.423	1469838.907
175	Café con sombra	551774.917	1469066.906
176	Café con sombra	554878.124	1472111.237
177	Café con sombra	555252.734	1470884.919
178	Café con sombra	555656.664	1470161.027
179	Café con sombra	555505.515	1469933.704
180	Café con sombra	554372.552	1467745.01
181	Café con sombra	548473.381	1472943.586
182	Café con sombra	546950.231	1472403.925
183	Café con sombra	546688.469	1472376.662
184	Café con sombra	546705.406	1471760.301

185	Café con sombra	546715.705	1471432.904
186	Café con sombra	548454.092	1470847.742
187	Café con sombra	548406.526	1471289.39
188	Café con sombra	548766.591	1471159.887
189	Café con sombra	550453.694	1468827.354
190	Café con sombra	550816.273	1468638.975
191	Café con sombra	550918.261	1468344.914
192	Café con sombra	551005.545	1468126.678
193	Café con sombra	546151.799	1471537.908
194	Café con sombra	545736.314	1471746.84
195	Café con sombra	546378.522	1472053.229
196	Café con sombra	545991.715	1472356.123
197	Centro poblado	553978.604	1473497.258
198	Conífera Regeneración Natural	536079.662	1470433.736
199	Cultivo de maíz	554666.324	1478105.134
200	Cultivo de tabaco	553683.997	1478230.962
201	Cultivo de tabaco	553931.523	1478753.232
202	Cultivo de tabaco	553562.26	1479089.85
203	Cultivo de tabaco	554800.47	1478051.909
204	Millón	534544.242	1470933.791
205	Millón	537097.23	1475381.438
206	Pasto	553207.928	1479095.89
207	Pasto	554552.631	1480524.743
208	Pasto	549968.919	1479918.961
209	Pasto	554597.188	1477736.454
210	Pasto	552205.758	1470259.641
211	Pasto	554816.874	1472284.993
212	Pasto	555020.93	1475455.985
213	Pasto	556079.231	1476018.171
214	Pasto	556622.901	1476189.92
215	Pasto	551323.369	1476053.329
216	Pasto	551040.698	1475337.265
217	Pasto	550643.276	1473906.599
218	Pasto	547930.519	1470927.633
219	Pasto	549127.635	1470873.317
220	Pasto	549798.172	1470461.889
221	Pasto	549239.206	1469473.181
222	Pasto	549636.814	1469599.848
223	Pasto	549438.368	1468696.863
224	Pasto	545411.616	1472235.925
225	Pasto	546238.135	1472478.393
226	Pasto con árboles dispersos	553592.519	1480260.53
227	Pasto con árboles dispersos	553230.067	1480597.651
228	Pasto con árboles dispersos	554116.954	1474487.027
229	Pasto con árboles dispersos	553950.791	1474076.397
230	Pasto con árboles dispersos	553935.08	1472003.972
231	Pasto con árboles dispersos	552875.167	1470178.888

232	Pasto con árboles dispersos	554775.244	1472525.179
233	Pasto con árboles dispersos	554909.425	1468043.064
234	Pasto con árboles dispersos	554323.926	1475435.915
235	Pasto con árboles dispersos	554662.761	1475646.395
236	Pasto con árboles dispersos	555304.175	1476035.902
237	Pasto con árboles dispersos	556541.884	1475713.96
238	Pasto con árboles dispersos	552678.739	1476153.685
239	Pasto con árboles dispersos	550968.075	1475015.058
240	Pasto con árboles dispersos	550768.659	1474615.939
241	Pasto con árboles dispersos	549064.895	1472861.707
242	Pasto con árboles dispersos	547447.657	1472698.572
243	Pasto con árboles dispersos	546949.645	1473260.525
244	Pasto con árboles dispersos	549558.135	1470737.311
245	Pasto con árboles dispersos	545493.309	1471122.953
246	Pasto con matorrales	548976.434	1471127.539
247	Pasto manejado	554501.671	1467939.785
248	Pasto manejado	552352.885	1477120.939
249	Pasto manejado	551330.28	1475894.566
250	Pasto manejado	550961.224	1474376.738
251	Pasto manejado	546408.172	1474001.752
252	Pasto natural	554178.143	1480347.269
253	Pasto natural	553811.775	1475611.089
254	Pasto natural	553669.36	1476345.77
255	Pasto natural	553857.278	1475189.645
256	Pasto natural	553830.301	1475008.189
257	Pasto natural	553537.237	1475089.213
258	Pasto natural	553614.542	1474887.111
259	Pasto natural	554476.739	1474973.989
260	Pasto natural	553593.111	1474435.9
261	Pasto natural	553830.222	1473632.371
262	Pasto natural	552616.951	1470707.779
263	Pasto natural	555133.586	1470423.373
264	Pasto natural	555573.207	1469016.827
265	Pasto natural	553942.87	1475454.63
266	Pasto natural	550564.11	1474201.726
267	Pasto natural	545212.556	1471931.311
268	Pasto natural	546052.058	1473548.844
269	Pasto natural con árboles disperso	555912.384	1477332.81
270	Pasto natural con árboles disperso	553937.583	1474361.76
271	Roble	552239.145	1470027.571
272	Roble	555008.383	1469082.033
273	Roble	548769.327	1484397.181
274	Roble	552331.503	1471034.144
275	Roble	552872.116	1471105.634
276	Roble	552143.586	1470692.173
277	Roble	552027.034	1470268.966
278	Roble con pino	548836.098	1484047.029

279	Roble denso	548182.316	1484457.499
280	Roble disperso	548287.662	1483825.919
281	Suelo sin vegetacion	546864.722	1470583.361
282	Suelo sin vegetacion	547348.339	1470283.371
283	Suelo sin vegetacion	547105.436	1469946.636
284	Suelo sin vegetacion	546753.526	1469725.003
285	Suelo sin vegetacion	546136.69	1471178.928
286	Tabaco	555653.134	1479445.459
287	Tacotal	554936.287	1477608.069
288	Tacotal	549595.389	1473678.787
289	Tierra degradadas	554354.635	1477126.108
290	Tierra degradadas	554579.139	1477096.404
291	Tierra en descanso	554648.851	1477415.201
292	Tierra en descanso	553908.273	1473278.215
293	Tierra en descanso	553848.075	1472984.576
294	Tierra en descanso	555338.879	1468756.666
295	Tierra en descanso	553813.291	1475397.692
296	Tierra en descanso	554507.153	1475194.959
297	Tierra en descanso	554696.55	1475350.048
298	Tierra en descanso	551302.075	1475263.875
299	Tierra en descanso	550350.186	1473962.405
300	Tierra en descanso	547039.69	1472536.248
301	Tierra en descanso	547035.639	1471216.673
302	Tierra en descanso	546100.567	1473189.819
303	Tierra en descanso	546062.871	1473341.22
304	Vegetacion arbustiva	549185.229	1471032.803

Fuente: INETER.

Nota: Estos datos fueron recolectados con la aplicación Masp me para validar los resultados de la clasificación de coberturas y uso de suelo procesamiento de las imágenes de satélite. Estos datos fueron levantados con el apoyo de INETER en campo