



Línea de Base de Uso de Suelos en la Región Centroamericana



Redacción
Ing. Jurguen Guevara

Revisión
Ing. Víctor Campos

Diseño y diagramación
Lic. Marelina Alemán

Fotografías
Fotos Archivos
Canva

Línea de Base de uso de suelos en la región centroamericana es una publicación del Observatorio de Recursos Naturales de Centroamérica impulsado por la Asociación Centroamericana Centro Humboldt. Permitida la reproducción total o parcial de este estudio, citando la fuente.

Guatemala, Octubre 2024

ACCH
5^a calle 17-10, zona 15, Vista Hermosa I, Colonia
El Maestro II, Ciudad Guatemala.

Teléfono: (502) 2369-4402



@acch acch-ca.org

Asociación Centroamericana Centro Humboldt es una organización dedicada a proteger el medio ambiente para lograr un buen hábitat. Por ello, se ha planteado como objetivo *“contribuir a la gestión ambiental sostenible de la región centroamericana, con equidad, basada en los derechos fundamentales de la población”*.

La Asociación está enfocada en el bienestar de los individuos y, dada la naturaleza de su trabajo, prioriza la protección del medio ambiente y el resguardo del ser humano sin discriminación de ninguna índole. Su labor está dirigida hacia diferentes grupos meta, entre ellos: hombres y mujeres mestizos, indígenas y afrodescendientes de comunidades rurales de Centroamérica; grupos de mujeres y jóvenes organizados; pequeños y medianos productores; sector privado; ONG y redes aliadas de la región centroamericana; tomadores de decisiones nacionales y regionales centroamericanos.

CONTENIDO

1. Aspectos Generales	6
2. Objetivos del estudio	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivo específicos	8
3. Aspectos Teóricos y metodológicos	9
3.1. Contexto regional de los Bosques	9
3.2. Impacto de los incendios forestales	11
3.3. Proceso de análisis y Metodología	12
3.3.1. Diagrama de análisis de uso de suelos	12
3.3.2. Análisis de uso actual 2015 – 2022	14
3.3.2.1. Mosaico de imágenes de satélites	14
3.3.2.2. Selección de las clases de uso del suelo	15
3.3.2.3. Selección de puntos de control	17
3.3.2.4. Clasificación supervisada	18
3.3.2.5. Validación de la clasificación y precisión de los resultados	19
3.3.2.6. Clasificación del uso del suelo para cada año	19
3.3.2.7. Homologación de los resultados	19
3.3.2.8. Análisis del cambio del uso del suelo	20
3.3.3. Análisis de uso potencial de suelos	21
3.3.3.1. Agricultura sin restricciones	22
3.3.3.2. Agricultura mejorada	22
3.3.3.3. Agricultura con limitaciones	22
3.3.3.4. Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	22
3.3.3.5. Agroforestería/silvopastoril	22
3.3.3.6. Protección y Conservación	23

4. Resultados de la Línea Base	23
4.1. Tipología de suelos de la región centroamericana	23
4.2. Uso Potencial de suelos a nivel regional	27
4.2.1. Potencial de suelos por país	30
4.3. Uso de la tierra a nivel regional	34
4.4. Cambios en la Cobertura Regional 2015 - 2022	36
4.5. Cambios en la Cobertura de suelos por país 2015 - 2022	38
4.5.1. Guatemala	38
4.5.1.1. Dinámica de Cambio Nacional	40
4.5.2. El Salvador	42
4.5.2.1. Dinámica de Cambio Nacional	44
4.5.3. Honduras	45
4.5.3.1. Dinámica de Cambio Nacional	47
4.5.4. Nicaragua	49
4.5.4.1. Dinámica de Cambio Nacional	51
4.5.5. Costa Rica	52
4.5.5.1. Dinámica de Cambio Nacional	54
5. Impactos ambientales identificados	57
5.1. Ecosistemas y áreas protegidas	57
5.2. Conflicto de Uso de Suelos	60
5.2.1. Aspectos generales de la confrontación regional	60
5.2.2. Resultados del conflicto de uso regional	61
5.3. Incendios forestales	63
6. Consideraciones finales	68
6.1. Conclusiones	68
6.2. Recomendaciones	69
7. Literatura citada	70
8. Anexos	73





1. ASPECTOS GENERALES

La región centroamericana ha experimentado una transformación acelerada en las últimas décadas específicamente en el uso de la tierra, generando importantes desafíos y problemas ambientales (Hernández et al., 2011). Este cambio en el uso de suelos ha sido impulsado por el crecimiento demográfico, la urbanización, la expansión agrícola y la demanda de recursos naturales, ha dado lugar a la pérdida de bosques, la degradación del suelo, la fragmentación del hábitat y la disminución de la biodiversidad.

Esta acelerada transformación del uso de la tierra trae consecuencias significativas para los ecosistemas, así como la calidad de vida de las comunidades a través de toda la región; en este sentido es crucial comprender y abordar esta problemática para lograr un desarrollo sostenible en todos los países de Centroamérica.

Para lograr la cuantificación efectiva de los cambios de uso de suelo se utilizan tecnologías como los sensores remotos los cuales se ha convertido en una herramienta fundamental para monitorear y analizar estos cambios en una zona determinada. Los avances



tecnológicos en la adquisición y análisis de imágenes satelitales, combinados con técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica, permiten obtener una visión integral y precisa de los patrones de uso de la tierra a lo largo del tiempo.

Los sensores remotos nos proporcionan información valiosa sobre la extensión de los diferentes tipos de cobertura terrestre, como bosques, áreas agrícolas, zonas urbanas, cuerpos de agua, entre otros. Esta información es fundamental para evaluar la pérdida de hábitat natural, identificar áreas en riesgo de degradación y planificar estrategias de conservación y manejo adecuadas.

El presente documento presenta los resultados del análisis de la línea de base de uso de suelos para la región centroamericana; específicamente en los países de **Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica**. Cada uno de los países fueron analizados utilizando las mejores técnicas de teledetección y análisis espacial, esto para generar un análisis completo sobre la situación de la tenencia de la tierra de la región, así como los impactos provenientes de estos cambios de uso de suelos acelerados.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 Objetivo General

Elaborar la línea de base de uso de suelos de la región centroamericana, incluyendo el potencial de la tierra y la confrontación con el uso actual 2022; los cuales alimentarán los indicadores del Observatorio de Recursos Naturales de la Asociación Centroamericana Centro Humboldt (ACCH).

2.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar los patrones de cambio de uso de suelo por cada país de la región centroamericana.
- b) Identificar los principales impactos para los usos de suelos, así como su comparación con el potencial de la tierra por país.
- c) Determinar las causas principales y los motores que impulsan la deforestación en la región centroamericana.
- d) Desarrollar herramientas para la recolección periódica de información ajustadas a las necesidades de los indicadores del Observatorio de Recursos Naturales para poder dar monitoreo efectivo al uso de suelos de la región centroamericana.





3. ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

3.1 Contexto regional de los bosques

Podemos definir “La Deforestación” como el proceso de eliminación o reducción significativa de la cobertura forestal nativa en un área determinada, generalmente causado por actividades humanas como la tala de árboles, la expansión agrícola, la minería, la urbanización no planificada y otros cambios en el uso de la tierra (FAO, 2018).

Este proceso implica la remoción de árboles y vegetación forestal, lo que resulta en la transformación de un área boscosa en un paisaje no forestal, como tierras agrícolas, urbanizaciones o zonas industriales. La deforestación puede tener graves consecuencias ambientales, sociales y económicas, incluida la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la alteración de los ciclos hidrológicos y la contribución al cambio climático debido a la liberación de carbono almacenado en los árboles.



Figura 1. Proceso de avance de la deforestación visto en imágenes satelitales

A pesar de la importancia de los bosques en el Mundo se estima que la perdida de bosques ya ha arrasado con más de un tercio de los bosques de todo el planeta, poniendo en peligro no solo los ecosistemas forestales sino también la biodiversidad asociada a estos ecosistemas. Estudios realizados por FAO (2022) indican que una gran parte de la perdida de Bosque se debe a los incendios forestales, provocados por el ser humano en un 90 % de los casos y pueden tener repercusiones negativas de gran alcance en los ecosistemas y la diversidad biológica (FAO, 2022).

De acuerdo con el Informe “**Estado de los Bosques en el Mundo**” a nivel regional la superficie de los bosques ha disminuido del 51.3 % en 1990 al 46.5 % en el año 2015 (FAO, 2018), además de esto se estima que casi 820 millones de personas a nivel de Latinoamérica, específicamente de las zonas rurales viven y dependen de los recursos ofrecidos por los bosques, esto ha generado presión sobre los recursos forestales por parte de las comunidades que dependen de los servicios ofrecidos por los ecosistemas forestales (Gibbs et al., 2010).

Como consecuencia de esto, la deforestación y la degradación de los ecosistemas suponen la segunda causa principal de la aceleración de los efectos del cambio climático. Únicamente superada por la quema de combustibles fósiles, mismas que a su vez representan casi el 20 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de esto los bosques de la región centroamericana se enfrentan a otros problemas como la tala ilegal y problemas con los sistemas de gestión y legislativos, los cuales carecen de instrumentos de gestión efectiva de los recursos forestales (J. A. Guevara, 2022).

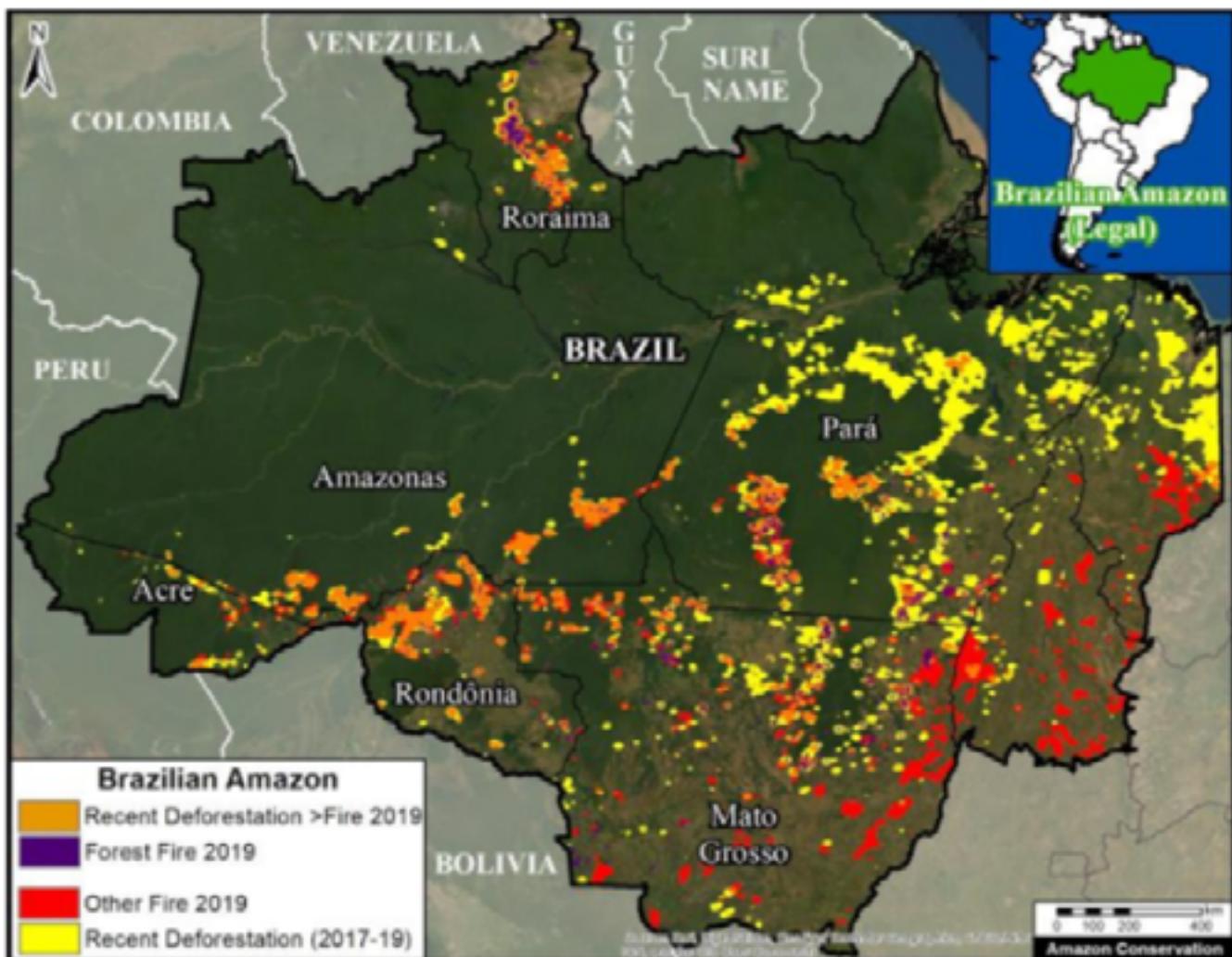
Cuadro 1. Dinámica de deforestación en la Región

	Datos	Cobertura forestal (%)	Deforestación (ha)	Tasa de Deforestación (%)
	Belize	79%	36,000	2.3%
	Guatemala	37.2%	50,000	1.3%
	El Salvador	9.6%	4,000	4.6%
	Honduras	48.0%	80,000	1.1%
	Nicaragua	24.5%	150,000	3.0%
	Costa Rica	46%	8,000	0.8%
	Panamá	45%	47,000	1.6%

Fuente: FAO, 2018

3.2 Impacto de los incendios forestales

Los incendios forestales afectaron aproximadamente a 98 millones de hectáreas de bosques en 2015 y causaron daños en aproximadamente el 4 % de la superficie de bosque tropical a nivel mundial (FAO, 2001). Las investigaciones recientes muestran que entre el 29 % y el 37 % de la pérdida de bosques a escala mundial entre el período 2002-2018 estaba relacionada con el fuego (ver figura 2).



En Centroamérica, la deforestación también sigue un patrón similar, aunque según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), esta varía de un país a otro. Datos recientes indican que Belice tiene una tasa de deforestación de aproximadamente el 0.5 % anual, mientras que, en El Salvador, la tasa se sitúa en torno al 1.5 % anual (FAO, 2022).



Estas tasas, aunque varían, subrayan la amenaza continua que representa la deforestación en la región. Los bosques se encuentran amenazados principalmente por la expansión agrícola, la tala ilegal, la minería, la urbanización no planificada y los incendios forestales, estos factores contribuyen significativamente a la pérdida de áreas boscosas en todos los países.

Lo que a su vez trae graves consecuencias para la biodiversidad en Centroamérica, esto debido a la pérdida de hábitats forestales lo que lleva a la disminución de especies de plantas y animales, muchas de las cuales son endémicas y están en peligro de extinción (FAO, 2022). Además, la deforestación afecta la calidad del agua, provoca la erosión del suelo y contribuye al cambio climático al liberar grandes cantidades de carbono almacenado en los árboles.

3.3 Proceso de análisis y metodología

Para lograr construir la línea de base de uso de suelos dentro de la región centroamericana se recurrieron a diversas técnicas de análisis espacial, entre las cuales destaca el análisis mediante imágenes satelitales históricas y actuales de alta resolución, las cuales fueron procesadas mediante la plataforma Google Earth Engine, este software de análisis proporciona una mejor forma de generar análisis casi en tiempo real de los datos satelitales. A continuación, se presenta el proceso de análisis de los datos.

3.3.1. Diagrama de análisis de uso de suelos

De manera general, el análisis propuesto se divide en dos grandes etapas; la primera etapa consiste en el análisis de la dinámica de cambio de uso de suelos para el periodo 2015 – 2022; la segunda etapa consistió en el análisis del potencial de la tierra y la confrontación con el uso actual esto para poder identificar los impactos potenciales y la degradación de estos.

Podemos dividir la primera etapa de análisis en cinco grandes pasos, los cuales se resumen en la figura 3; este análisis inicia con la (1) **definición de las categorías de uso de suelos**, para lo cual

se utilizaron datos de homologación de los distintos usos de suelos de cada uno de los países de la región centroamericana. Cada una de las categorías fue homologada y cotejada basándose en la metodología **CORINE LAND COVER**¹ (Suarez-Parra et al., 2016).

Una vez que las categorías de uso de suelos han sido identificadas, se procede a la generación de una (2) **codificación** de cada una de las categorías, esto para poder tener una mejor comprensión de cada una de las clases y como también poder hacer los análisis pertinentes, en términos de uso de la tierra por cada país; ya con las clases codificadas y homologadas se procede a la (3) **clasificación de las mismas**, para esto se utilizó la plataforma Google Earth Engine² para generar tanto las áreas de entrenamiento, como la clasificación y control de calidad de las mismas; como paso final se generó el (4) **control de calidad** y (5) **cálculo de tasa de deforestación** correspondiente para cada país así como para el nivel general.



Figura 3. Cambio de uso del suelo 2015-2022

¹ La metodología CORINE Land Cover se basa en la interpretación y análisis de imágenes de satélite de alta resolución, junto con otros datos geográficos y estadísticos. Su objetivo principal es proporcionar una visión coherente y armonizada de la cobertura terrestre en diferentes escalas espaciales y temporales. Fue desarrollada por la Agencia Espacial Europea y representa el marco de investigación más completo para la clasificación y análisis de imágenes satelitales a nivel mundial.

² <https://code.earthengine.google.com>

La segunda parte del análisis puede resumirse en dos grandes pasos: en primer lugar la definición de la categorías de uso potencial de suelos, para esto se recurrió a la metodología FAO para evaluación de tierras forestales (FAO, 1996), esta metodología toma como insumos principales la clasificación taxonómica de suelos, así como la combinación de las limitaciones de suelos como la pendiente, elevación, entre otras. Como segundo paso se realizó el cruce de variables de suelos y la combinación con el uso actual para generar los mapas de conflicto de uso de suelos.

3.3.2. Análisis de uso actual 2015 – 2022

A como se mencionó anteriormente, el análisis de uso de suelos parte de la teledetección y procesamiento de las imágenes satelitales de alta resolución; en este sentido la base para la realización de los análisis fue el mosaico de datos Landsat 8 y 9, los cuales tienen una resolución espacial de 30 metros, así como una resolución espectral 10 bandas de análisis.

3.3.2.1 Mosaico de imágenes de satélites

Para la selección de las mejores imágenes del área de estudio con niveles de cobertura de nube debajo del 5% se generó un de scripts en Google Earth Engine (GEE) con algoritmos que buscan pixeles de las zonas de interés con los niveles de nubosidad deseados , descartando así pixeles que contiene nubes o neblinas , de esta forma se generan mosaicos llamados muy puros libre de perturbaciones tanto atmosféricas como de nubes; permitiendo así mejorar la calidad de las imágenes resultantes para los mosaicos y por ende la optimización de la firmas espectrales para cada una de las clases de uso del suelo seleccionadas.

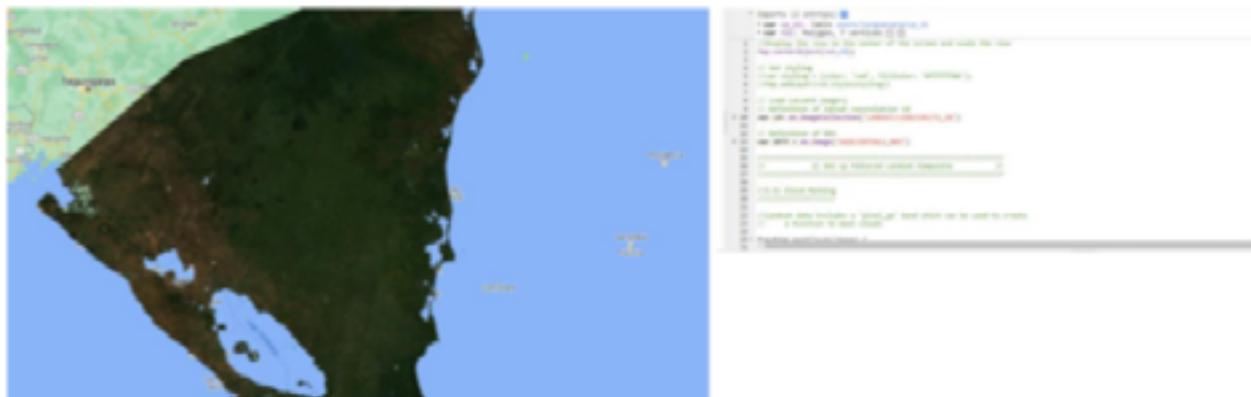


Figura 4. Script Generado en Google Earth Engine

Para la selección de las imágenes que conforman el mosaico de datos, se tomó principalmente los meses secos y con menor cantidad de nubes, esto corresponde a la ventana de tiempo de **enero a abril** tanto para el año 2015 como para el año 2022, además de estas fechas el script generado utilizó imágenes adicionales de los meses de agosto y septiembre respectivamente; mismas que cumplieran con la condición de estar lo mayormente posible libre de nubes.

3.3.2.2 Selección de las clases de uso del suelo

Para la definición de las categorías de uso de suelos se implementó un sistema de homologación de las categorías de uso de suelos propias de cada país, esto para poder generar un marco de análisis común y comparable para cada uno de los países de la región. En este sentido, se generaron dos niveles de clasificación, los cuales consisten en la generación de **macro clases** y **clases de entidades** con las que clasificaron los usos específicos, así como las coberturas especiales.

Para la clasificación final se confeccionaron **5 macro clases** de las cuales se derivarán las categorías finales para un total **16 categorías o clases de entidades**, para la leyenda final de uso de suelos; a continuación, se presenta el siguiente cuadro en el que se definen tanto las macro clases como las clases de entidad derivadas:

Cuadro 2. Confección de Macro clases y Clases de entidades

ID	MACRO - CLASE	CLASE DE IDNETIDAD	DEFINICIÓN
1	Agua	Cuerpos de Agua	Superficies de agua , natural o artificial. Incluye: aguas continentales : ríos, lagos, lagunas, lagunetas de agua dulce, lagos saldos ; aguas marítimas: Lagunas costeras y esteros, estuarios, mares, océanos, arrecifes coralinos.
2	Bosque	Bosques Latifoliados	Formaciones vegetales principalmente constituidas de árboles, pero también de matorrales y arbustos, donde dominan las especies forestales latifoliadas. Las superficies con bosque de latifoliadas deben representar por lo menos 75 % de la superficie total de la unidad mínima de mapeo.
		Bosques de Coníferas	Formaciones vegetales principalmente constituidas de árboles, pero también de matorrales y arbustos, donde dominan las especies forestales de coníferas. Las superficies con bosque de coníferas deben representar por lo menos el 75% de la superficie total de la unidad mínima de mapeo.
		Bosques Mixtos	Formaciones vegetales principalmente constituidas de árboles, pero también de matorrales y arbustos, donde ni las especies latifoliadas ni las coníferas dominan. Incluye también los bosques mezclados en el sentido estricto de la definición silvícola, pero también los parcelares forestales complejos donde el mosaico de bosque de latifoliada y de conífera está entremezclado.
		Bosque de Manglar	Esta clase comprende formaciones vegetales arborescentes litorales, características de las tierras cenagosas bajas y zonas de estuario en regiones tropicales. Está constituida de árboles y arbustos sempervirentes que se pueden agrupar bajo la denominación general de manglares.



ID	MACRO - CLASE	CLASE DE IDENTIDAD	DEFINICIÓN
3	Agricultura	Cultivos anuales	Superficies bajo un sistema de rotación de cultivos. Cultivos cuyo ciclo productivo es corto.
		Cultivos permanentes	Superficies cultivadas permanentemente. Todas las superficies ocupadas por cultivos permanentes. Son superficies que no es tan bajo un sistema de rotación e incluye cultivos bajo riego.
		Pastos	Superficies con hierba densa de composición florística constituida principalmente de gramíneas y especies de bajo crecimiento. Incluye especies herbáceas naturales o cultivadas.
		Áreas agrícolas heterogéneas	Cultivos anuales en asocio con cultivos permanentes, mosaico de cultivos, cultivos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural. También incluye a los sistemas agroforestales (sin tomar en cuenta las plantaciones de café, cacao, entre otros).
4	Áreas Urbanas	Urbano	Superficies con viviendas y edificios ocupados por utilidades públicas / administrativas o colectividades. Se asigna la clase de "áreas urbanas", cuando las estructuras urbanas y redes de transporte ocupan más del 80% de la superficie de la unidad mínima de mapeo.
5	Otros Usos	Arbustos	Zona formada principalmente por arbustos de tallo semi leñoso y herbáceo. Los arbustos tienen hojas pequeñas, y son comunidades bajas. Por lo general se encuentran en arenas secas. Su textura es irregular por la diversidad de especies que se desarrollan.
		Sabanas	Son vastas superficies cubiertas de gramíneas, con suelos moderadamente ácidos y compactados. Son superficies alternadas con mosaicos de matorrales, árboles dispersos, bosques poco desarrollados y bosques de galería.
		Páramos	El tipo de vegetación 'Páramo', es un tipo de vegetación de origen andino, se encuentra por encima de los 3,000 metros sobre el nivel del mar. El resultado de la adaptación de las plantas a condiciones ecológicas, físicas, químicas y climáticas de alta montaña ha dado lugar a varias formas de crecimiento muy particulares, tales como plantas en roseta a caulescentes o con tallos, otras que forman almohadillas, pastos en macollas, arbustos enanos postrados y con hojas escamiformes, a menudo cubiertos de una densa capa de pelos.
		Áreas de escasa vegetación	Áreas con escasa o sin vegetación. Incluyen formaciones termófilas abiertas de terrenos arenoso o rocoso distribuidas en suelos silíceo o calcáreo frecuentemente afectados por la erosión, laderas acantiladas, afloramientos rocosos, suelos calizos.
		Humedales interiores y costeros	De acuerdo con la Convención sobre los Humedales de RAMSAR: "los humedales son las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas; estas zonas se identificarán principalmente en las áreas costeras y zonas de transición entre el mar y los ecosistemas terrestres.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3 Selección de puntos de control

La generación de puntos de control son una base fundamental dentro del proceso de clasificación de imágenes satelitales, este proceso permite identificar cada una de las firmas espectrales presentes dentro de las imágenes y asociarla con un determinado tipo de uso de suelo (Ascensión, 2019), esto es fundamental para poder definir las firmas espectrales que corresponden a cada una de las clases previamente definidas, para esto se hace uso de varios criterios entre los más relevantes destacan:

- Uso de fuente de imágenes de alta resolución (Imágenes de Google Earth, Bing y Ortofotos) donde es posible identificar con facilidad el tipo de uso de suelo.
- Experiencia de los expertos que mediante teledetección pueden identificar los distintos usos del suelo.
- Mapas de cobertura existentes y actualizado por país.

En el caso particular del análisis regional, en promedio se identificaron por país alrededor de 2,000 puntos de control para toda la clase de uso, con un promedio entre 150-200 puntos por clase de entidad siendo aquellas clases con mayor punto las que requieren una mayor cantidad de puntos para poder ser mejor discriminadas al momento de la clasificación y que los matices en términos de color textura y variación espectral requieren más puntos para tener una mejor precisión al momento de la clasificación (ver figura 5).

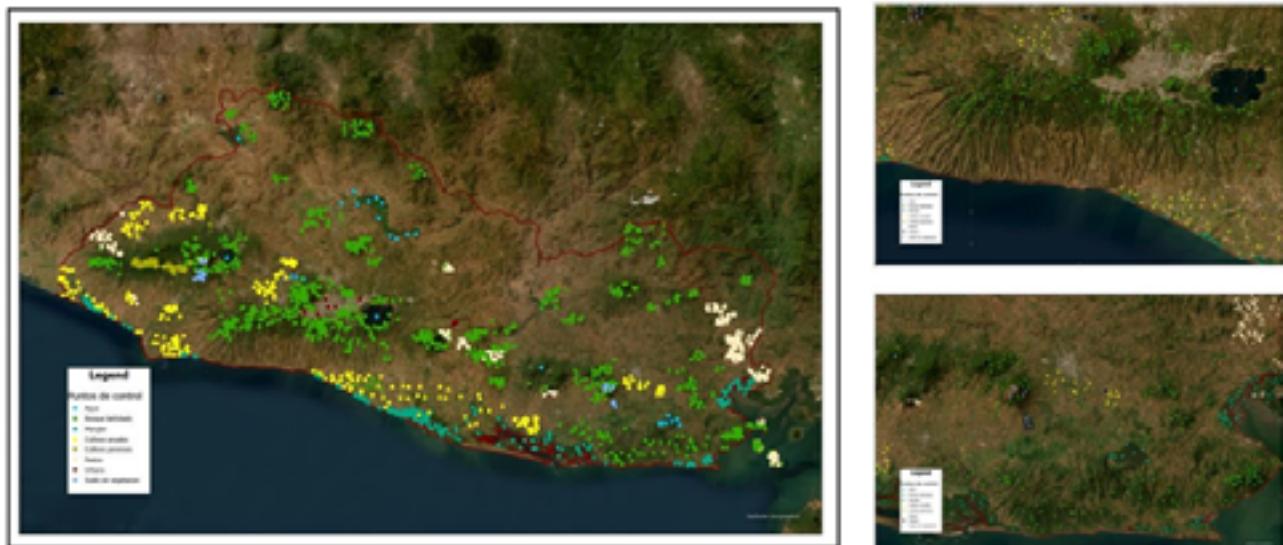


Figura 5. Identificación de Puntos de control.

Como valor agregado y con el fin de mejorar la clasificación para aquellas categorías que tienen ciertas condicionantes, como por ejemplo los páramos, se cotejaron con datos de pisos altitudinales para precisar mejor esta firma espectral y disminuir la incertidumbre en relación con las otras categorías de uso de suelos.

3.3.2.4 Clasificación supervisada

Para la clasificación se requiere tener ya claro las clases y los puntos de control correspondientes para cada una de las clases, posteriormente se codifican los puntos de control para facilitar los procesos de clasificación y que el algoritmo desarrollado permita la asignación de los "id" de cada punto de control a los sets de puntos seleccionados como entrenamiento y validación de la clasificación; todo esto se realiza mediante un script en GEE.

Adicionalmente en la clasificación se hacen uso no solo de las principales bandas e índices de la imagen que definen los espectros infrarrojos visibles si no aquellas que tiene relación con la vegetación, el estado de esta y las bandas que permiten la extracción de zonas con suampo y humedales, así como áreas con suelos descubiertos y zonas con rocas y área.

El resultado posteriormente pasa a un proceso de revisión, edición y ajustes donde se corrigen y homogenizan las clases resultantes mediante algoritmos ya nativos dentro de ArcGISPro particularmente con la extensión de Spatial Analysis dando resultados a una capa de uso del suelo mucho más ajustada a la realidad y con la calidad cartográfica pertinente.

Mapa de la clasificación

Figura 6. Clasificación supervisada.

3.3.2.5 Validación de la clasificación y precisión de los resultados

La validación y precisión de la clasificación se integra dentro del mismos scripts de manera que del total de puntos utilizados para la clasificación el algoritmo seleccione de forma automática un 30 % de los puntos para cada una de las clases y evalúe el nivel de precisión de la clasificación con la coincidencia de esta con los sets de puntos por clase apartados para la verificación.

Posteriormente, el mismo script define el porcentaje de precisión total basado en los promedios de coincidencia entre las clases y los sets de puntos destinados a validar la clasificación; **como regla general se define que precisiones arriba del 85 % son aceptables y viables para asegurar la calidad y precisión de los estudios de clasificación de uso del suelo; el promedio de este estudio fue arriba del 90 % respectivamente.**

Inspector	Console	Tasks
Use <code>print(...)</code> to write to this console.		
» FeatureCollection projects/ee-palfangulo...	JSON	
» FeatureCollection projects/ee-palfangulo...	JSON	
Samples n = 885		JSON
Training n = 624		JSON
Testing n = 181		JSON
Confusion Matrix:		JSON
» List (16 elements)	JSON	
Overall Accuracy: 0.9296636805626911		JSON

3.3.2.6 Clasificación del uso del suelo para cada año

Finalmente, se generó la clasificación de uso de suelos para el 2015 y otra para el 2022, donde se homogeneizaron las clases de uso para cada país y área de interés afín de permitir la comparación entre los dos años en cuestión y facilitar la identificación de los cambios del uso del suelo que correspondería a cada una de las áreas de estudio por país.

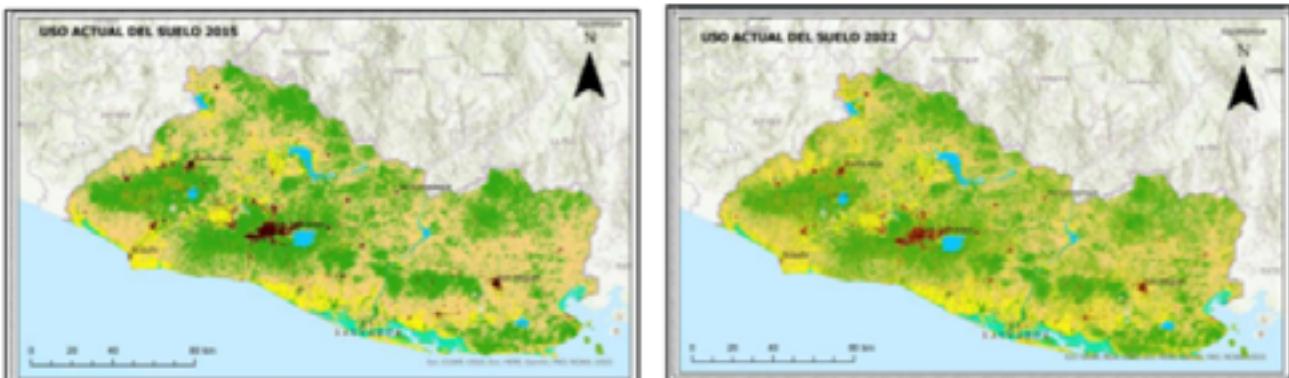


Figura 7. Clasificación supervisada

3.3.2.7 Homologación de los resultados

Los resultados finales de los usos de suelo generados 2015 y 2022 fueron homogeneizados, estandarizados y codificados con el objetivo de facilitar la comparación entre estos dos años además evitar la confusión en las clases, así el programa utilizado puede hacer los cálculos respectivos para cada clase uno a uno dando una mejor seguridad en los resultados finales del análisis.



3.3.2.8 Análisis del cambio del uso del suelo

El análisis del cambio de uso de suelo se realiza comparando cada uso del año actual vs el año anterior, a cada una de las capas de uso de suelo se calculan las áreas y se hace una sobreposición de las capa para identificar las zonas de cambio, adicionalmente se hace un análisis de combinación para identificar que cada píxel de acuerdo a la clase que pertenece y su interacción con las demás clases definiendo así las áreas correspondiente; para poder cuantificar el porcentaje de cambio anual respecto al periodo de comparación se calcula la tasa de cambio de uso mediante la fórmula de la FAO³, la cual se detalla a continuación:

Donde:

$$Tasa = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Tasa: tasa de cambio anual

S_2 = superficies fecha 2 (2022)

S_1 = superficie en la fecha 1(2015)

n = es el número de años entre las dos fechas (7)

Los resultados del análisis se presentan de forma resumida en una tabla con los resultados para cada una de las clases por año del estudio, adicionalmente, el cambio que corresponde a cada clase para el periodo y la tasa anual de cambio correspondiente para el periodo analizado, esta se presenta en % para una mejor comprensión de los resultados.

Cuadro 3. Ejemplo de cambio de uso 2015 – 2022

Clases uso 2015	área (ha)	área (km ²)	Clases uso 2022	área (ha)	área (km ²)	Cambio (ha)	Cambio (km ²)	TCA %
1- Agua	31,168.20	311.68	1- Agua	34,464.17	344.64	3,295.97	32.96	1%
2- Bosque latifoliado	745,239.51	7,452.40	2- Bosque latifoliado	624,814.81	6,248.15	(120,424.70)	(1,204.25)	-2%
5- Manglar	35,581.35	355.81	5- Manglar	49,018.26	490.18	13,436.91	134.37	5%
6 - Cultivos anuales	154,624.42	1,546.24	6 - Cultivos anuales	317,000.08	3,170.00	162,375.67	1,623.76	11%
7- Cultivos perennes	34,094.93	340.95	7-Cultivos perennes	199,185.01	1,991.85	165,090.08	1,650.90	29%
8- Pastos	981,116.67	9,811.17	8- Pastos	783,577.22	7,835.77	(197,539.46)	(1,975.39)	-3%
10- Urbano	38,856.61	388.57	10- Urbano	15,429.48	154.29	(23,427.13)	(234.27)	-12%
14- Suelo sin vegetación	12,683.92	126.84	14- Suelo sin vegetación	9,876.58	98.77	(2,807.34)	(28.07)	-4%

³ FAO 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, Roma Italia.

3.3.3. Análisis de uso potencial de suelos

Se define el uso potencial de suelos como “**el máximo potencial o aptitud de un tipo de suelos según sus características físicas y químicas**”, esto incluye zonas, además las limitaciones que el tipo de suelos tales como pendiente, elevación entre otros (Bolaños et al., 2015).

Para la elaboración del mapa de uso potencial se utilizó como base el modelo de elevación digital elaborado por **NASA – ASTER DEM**⁴, que se encuentra en formato raster a una resolución de 30 m por píxel, el cual fue transformado a una resolución de 10 m por píxel mediante un proceso de remuestreo tomando como punto de control zonas de elevaciones conocidas.

Con el mapa de elevaciones ajustado se obtuvo el mapa de pendientes a mayor nivel de detalle. Además de esto se utilizó la metodología de evaluación de tierras forestales de FAO y USDA para combinar las distintas características de suelos como los datos previamente descritos. El proceso se resume en la siguiente imagen.



Figura 8. Proceso de Análisis para el Mapa de Uso potencial de Suelos.

De la misma manera que con el uso actual fue necesario la homologación de la leyenda de uso potencial de suelos, esto debido a que cada uno de los países maneja sus propias leyendas de uso potencial lo que dificultaría el análisis de los datos. Debido a esto se realizó el proceso de homologación quedando las categorías de la siguiente manera:

⁴ <https://science.nasa.gov/resource/asters-global-digital-elevation-model/>

3.3.3.1 Agricultura sin restricciones

Zonas agrícolas bajo manejo especial debido a la presencia de limitaciones como pedregosidad, pendiente ligeramente pronunciada (2 – 4 %) y fertilidad media, a pesar de las limitaciones aún puede ser posible el desarrollo de cultivos intensivos y semi intensivos como hortalizas, papas, legumbres, maíz, frijol entre otros siempre y cuando se utilicen técnica de manejo adecuadas para evitar erosión y desgaste de suelos. Algunos de los suelos presentes en esta categoría son los molisoles, entisoles y alfisoles.

3.3.3.2 Agricultura mejorada

Zonas agrícolas bajo manejo especial debido a la presencia de limitaciones como pedregosidad, pendiente ligeramente pronunciada (2 – 4 %) y fertilidad media, a pesar de las limitaciones aún puede ser posible el desarrollo de cultivos intensivos y semi intensivos como hortalizas, papas, legumbres, maíz, frijol entre otros siempre y cuando se utilicen técnica de manejo adecuadas para evitar erosión y desgaste de suelos. Algunos de los suelos presentes en esta categoría son los Molisoles, entisoles y alfisoles.

3.3.3.3 Agricultura con limitaciones

Área con serias limitaciones para el desarrollo agrícola y pecuario entre los cuales resaltan limitaciones mecánicas como encharcamiento, drenaje pobre o excesivo, pendientes elevadas entre 4 – 8 %, fertilidad baja entre otros. Esto dificulta las actividades agrícolas, lo que relega estas zonas a ciertos tipos de cultivos se subsistencia como hortalizas y tubérculos los cuales deberán estar bajo un estricto manejo agrícola. Algunos de los suelos característicos con estos problemas son los andosoles y oxisoles los cuales presentan problemas de fertilidad.

3.3.3.4 Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)

Áreas donde las condiciones de suelos impiden el desarrollo de la mayor parte de los cultivos intensivos o semi intensivos, dejando únicamente aquellas actividades productivas que puedan soportar condiciones extremas entre las que se mencionan encharcamiento, drenaje pobre o excesivo, pendientes con poca inclinación (2 – 4 %), suelos con alto contenido de arcillas pesadas o expansivas entre otros. Entre los tipos de suelos que pueden ser clasificados se encuentran aquellos tipos de suelos llamados verticos, vertisoles, Spodosoles entre otros.

3.3.3.5 Agroforestería/silvopastoril

Esta clasificación incluye suelos con serias limitaciones de pendiente generalmente superiores al 15 % así como otras características mecánicas que dificultan el uso de este tipo de suelos para propósitos agrícolas. Dentro de esta categoría se encuentran suelos de tipo ultisols e inceptisols, los cuales pueden ser ideales para el desarrollo agroforestal y silvopastoril.

3.3.3.6 Protección y Conservación

Esta categoría incluye zonas con pendientes excesivamente pronunciadas superiores al 50 % de pendiente, así como serían limitaciones de drenaje, fertilidad, pedregosidad entre otras. Lo que convierte esta categoría únicamente apta para la conservación de la vida silvestre, conservación forestal entre otros.

4. RESULTADOS DE LA LÍNEA DE BASE

4.1 Tipología de suelos de la región centroamericana

El área de estudio la conforman cinco de los siete países que componen la región centroamericana, entre los cinco países el área de análisis tiene una superficie total de **42,277,171.00** hectáreas (**422,771.71 Km²**) de los cuales Nicaragua, Honduras y Guatemala son los más extensos (ver anexo 1).

De acuerdo con la base de datos publicada y actualizada por el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) la región centroamericana presenta 10 categorías distintas de órdenes de suelos, de estos más del 50 % de la región se clasifica bajo la categoría Ultisols (ver figura 9), estos suelos se caracterizan por ser los de mayor edad geológica en la región; por otra parte el 30 % restante de la región se clasifica bajo el Orden Molisols estos suelos son aptos para el desarrollo agrícola debido a su alta fertilidad (Hengl et al., 2017).

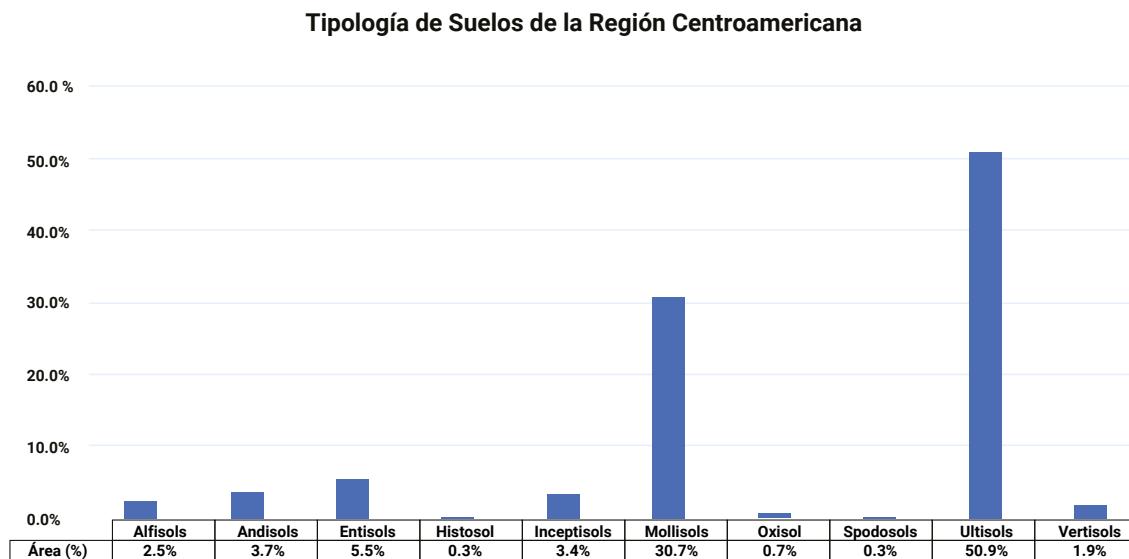


Figura 9. Órdenes de suelos de la región centroamericana.

Las otras ocho categorías de órdenes de suelos representan el 20 % del territorio regional destacándose los suelos entisoles con el 5.5 % del territorio centroamericano, los suelos Andisoles con el 3.7 % del territorio y los suelos alfisoles con el 2.5 % de área de estudio; el resto de las categorías no supera el 1 % del territorio bajo investigación. A continuación, se presenta una breve descripción de los cinco órdenes de suelos más representativos de la región centroamericana.



Cuadro 4. Descripción de Ordenes de suelos de la región

Ordenes de Suelos	Breve descripción y características
1. Ultisols	<p>Estos suelos suelen encontrarse en el último estadio de desarrollo, debido a esto se les consideran muy ácidos, haciendo alusión a su pH y su baja saturación en bases (menor de 35 %), provocada por su fuerte alteración.</p> <p>Poseen un horizonte “B” arcilloso (argílico) hasta de 125 cm de profundidad, lentamente permeable, con una baja capacidad de saturación de bases y de intercambio catiónico en por lo menos una parte de ese horizonte.</p> <p>Este tipo de suelos predominan en zonas geológicas antiguas con una topografía ondulada o colinada, con un clima tropical húmedo, monzónico, subtropical o muy cálido. Los bosques abiertos y cerrados son su principal forma de vegetación natural.</p> <p>La pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso agrícola. Este tipo de suelos no suelen ser muy productivos salvo para especies tolerantes a la acidez como la piña; y especies perennes como la palma de aceite.</p>
2. Molisoles	<p>Los molisoles son los suelos cuya principal característica es la existencia de un epipedón mólico rico en materia orgánica lo que los hacen ideales para el desarrollo agrícola intensivo. Muchos también poseen un horizonte de diagnóstico subsuperficial argílico, nátrico o cárlico, otros pocos pueden presentar un horizonte de diagnóstico albico, petrocálcico o duripan.</p> <p>La vegetación típica de los molisoles es de pradera y se desarrollan en una gran variedad de climas cuyos régimen de humedad van desde el aquic al xeric, mientras que los régimen de temperatura del suelo van desde el cryico al hipertérmico. Normalmente la precipitación de las zonas donde hay molisoles oscila entre los 200 y los 800 mm anuales.</p> <p>En cuanto a los cultivos su aprovechamiento más frecuente en el mundo es para maíz, sorgo, caña de azúcar, soja y algodón. En áreas cálidas donde las cuestas no son demasiado escarpadas, los molisoles se usan principalmente para el cultivo de grano en las regiones más secas y maíz o soja en las zonas más cálidas de las regiones húmedas.</p>
3. Entisoles	<p>Suelos generalmente de poca profundidad, jóvenes no muestran ningún desarrollo definido de perfiles especialmente en los superficiales. Un entisol no tiene “horizontes diagnósticos” (ni ocrico, cárlico u óxico), y la mayoría son básicamente su material parental regolítico inalterado (Lithosol). Un perfil modal puede ser A (a veces ocrico) –AC-C. Este perfil muestra escasa evolución del suelo respecto a la diferenciación en horizontes e intensidad de los rasgos morfológicos. Se le encuentra en terrenos escarpados, frecuente en ambientes secos.</p> <p>Los entisoles son suelos típicos de laderas donde la escorrentía no permite la evolución de los suelos en profundidad a causa de la erosión hídrica. Aparecen principalmente en zonas forestales. No obstante, también suelen aparecer entisoles en zonas de barrancos con aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad (perfil A C A C A C), no obstante, son suelos potencialmente muy fertiles debido a los diferentes aluviones recibidos, utilizándose principalmente para cultivos hortícolas y frutícolas.</p>

Ordenes de Suelos	Breve descripción y características
4. Andisoles	<p>Del japonés “an do” que significa “suelo oscuro”, y realmente son suelos oscuros desarrollados en un 60% de cenizas y otros materiales piroclásticos volcánicos ricos en elementos vitreos, también arena y grava.</p> <p>Pueden tener altos contenidos de materia orgánica de 5 hasta 20%. Son suelos molícos o umbricos con horizonte A, posiblemente sobrepuerto horizonte cambico B, u horizonte ocrico A. Posee espesor de 35 cm o más.</p> <p>Tienen una gran capacidad de retención de agua y alta capacidad de cambio de iones. Se encuentran en regiones húmedas, desde las regiones circumpolares hasta las tropicales, y pueden encontrarse asociados a una gran variedad de vegetación. Su rasgo más sobresaliente es la formación masiva de complejos amorfos humus-aluminio.</p> <p>Uno de los principales usos de los andisoles es como aprovechamientos frutícolas, principalmente de plataneras, y como aprovechamiento de cafetales. Hay que tener en cuenta que son suelos de bajas densidades aparentes y fáciles de cultivar, aunque a veces por su elevada pendiente son muy complicados en el manejo de maquinaria agrícola. No obstante, con un buen manejo se pueden llegar a conseguir grandes rendimientos agrícolas.</p>
5. Vertisoles	<p>Son suelos de arcillas (montmorillonítica tipo 2:1) que se expanden al mojarse y encogen al secarse produciendo grietas que provocan vertimiento y combinación continua de los materiales superficiales al fondo de la grieta; el ascenso de material interno a la superficie crea microrrelieves conocidos como gilgai.</p> <p>No tiene horizonte B (es un suelo A/C). Se forman de rocas básicas (basalto) en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación. Su color puede oscilar del gris al rojizo, pero el más frecuente es el gris oscuro a negro.</p> <p>En su estado climático natural, generalmente están cubiertos de pastos o sábanas. Su textura pesada e inestable limita el crecimiento de especies de árboles no adaptados. La contracción y expansión del vertisol dañan construcciones y carreteras, obligando a costosos mantenimientos. Se usan generalmente para pastoreo de ganado bovino.</p> <p>Bajo riego, prosperan bien los cultivos como algodón, trigo, sorgo y especialmente el arroz. La agricultura de secano es dificultosa debido a que solo pueden trabajarse en un rango de humedad muy estrecho, siendo extremadamente duros cuando están secos, y demasiado plásticos cuando están húmedos por lo que deben ser aprovechados bajo regímenes especiales o cultivos que se adapten a estas condiciones.</p>

Fuente: Claves para taxonomía de suelos, (USDA 2018).





La distribución espacial predominante de los dos órdenes de suelos más representativos de la región hace del área de estudio un contraste entre el aprovechamiento agrícola y las tierras para la conservación; siendo los suelos del pacífico predominantemente Molisoles aptos para el desarrollo agrícola y ganadero, mientras que la zona del caribe de la región es ideal para el desarrollo forestal a diversos niveles pero predominantemente un desarrollo forestal enfocado más a la conservación (ver figura 10).

Esto deja la zona central de la región con una diversidad de usos desde el punto de vista agropecuario; los cuales debido a las características propias de la zona se inclinan principalmente al desarrollo forestal, específicamente de sistemas agroforestales y silvopastoriles; dejando pocas zonas de la región para el desarrollo de cultivos especiales como el arroz y la caña de azúcar, los cuales pueden desarrollarse en las zonas donde los suelos vertisoles son ideales para este tipo de cultivos.

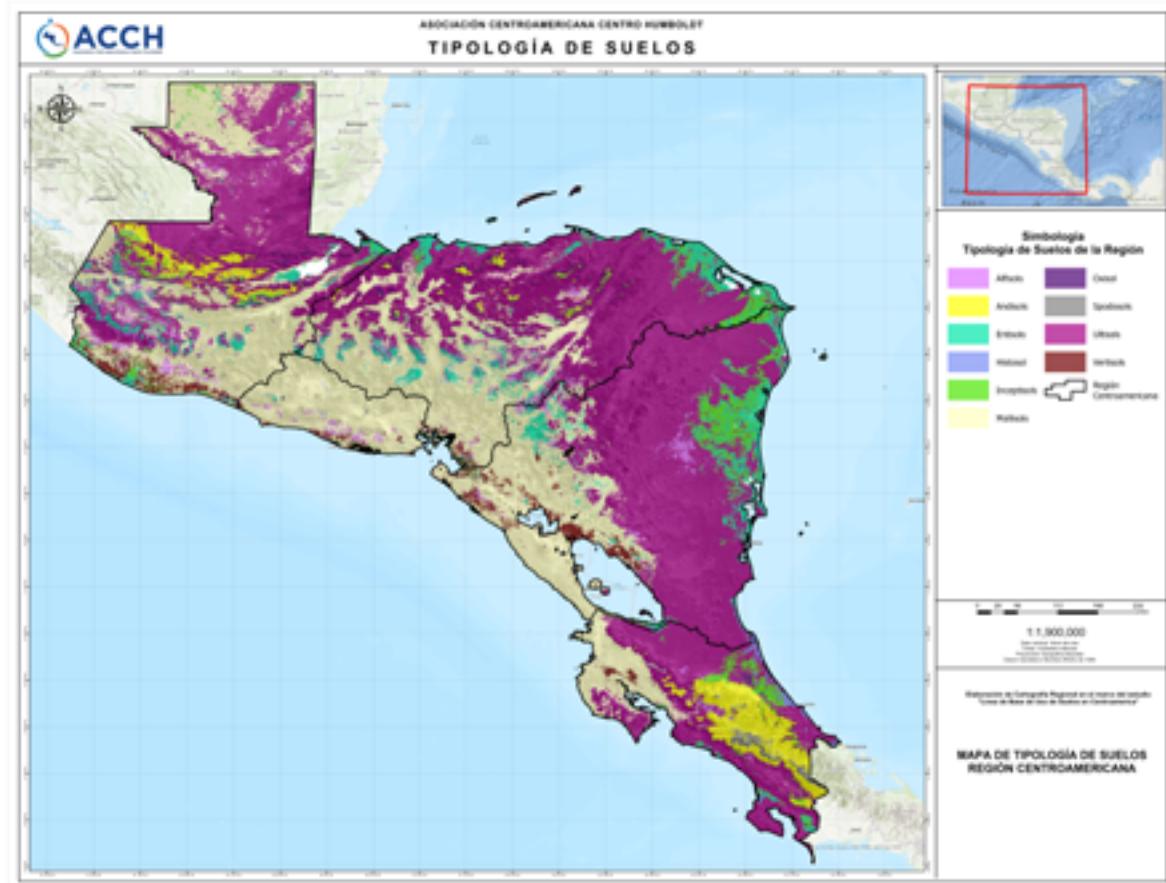


Figura 10. Mapa de Ordenes de suelos de la región



4.2 Uso potencial de suelos a nivel regional

A como se mencionó anteriormente podemos definir el uso potencial de la tierra como la capacidad potencial o intrínseca de los suelos para ser aprovechados según sus características físico – químicas y edafológicas; esto incluye entre otras características los factores formadores de suelo (material parental, clima entre otros), limitaciones de suelos como la profundidad, la pedregosidad, pendiente entre otros; y finalmente la fertilidad propia de cada tipología de suelos.

Todos estos factores en conjunto determinan la vocación o idoneidad del suelo para el determinado uso y en conjunto con las prácticas de manejo darán como resultado la sobreutilización, subutilización o uso correcto de una zona específica. De las seis categorías definidas para analizar el uso de suelos de la región podemos observar que casi el 70% del área total de estudio se encuentra predominado por dos tipos de usos; la categoría de “**Protección y Conservación**” ocupa el 35 % del total del área de estudio por otra parte la categoría “**Agroforestería/Silvopastoril**” ocupa el 32 % de la región centroamericana (ver cuadro 5).

La clasificación de “**Agroforestería/Silvopastoril**” se desarrolla principalmente en suelos que tienen serias limitaciones como la pendiente o son suelos demasiado ácidos para permitir un desarrollo óptimo de cultivos de ciclo corto suelos como los Ultisols, Oxisoles y Spodos son ideales para este tipo asociaciones debido principalmente a las características físico – químicas de estos, especialmente su acidez. Además de esto estas zonas se encuentran marcada por regímenes de lluvia importantes los cuales dificulta más el uso de estos para agricultura (Bolaños et al., 2015).

Finalmente, la categoría “**Protección y Conservación**” se desarrolla en zonas con serias limitaciones de suelos como pendientes superiores al 30% así como problemas de fertilidad, acidez entre otros. Estas zonas que representan más del 35% de la región centroamericana, deben ser únicamente utilizadas para conservación de sus recursos naturales así como para investigación y desarrollo por lo que no se recomienda el uso agrícola o ganadero bajo ninguna circunstancias (Gibbs et al., 2010).



Cuadro 5. Uso Potencial de suelos de la región

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	5,266,574.43	12.5%
Agricultura mejorada	2,353,405.68	5.6%
Agricultura sin restricciones	4,817,209.88	11.4%
Agroforestería/Silvopastoril	13,720,201.73	32.5%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	1,018,243.51	2.4%
Protección y Conservación	15,101,535.76	35.7%
Grand Total	42,277,171.00	100%

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al resto de las categorías de uso potencial, las áreas de “**agricultura sin restricciones**” ocupan el 11.4 % del total del territorio; estas zonas se concentran principalmente a lo largo de la región pacífico de Centroamérica y en algunas zonas del centro y caribe del área de estudio. Las zonas catalogadas como agricultura sin restricciones se desarrollan en suelos cuyas características los hace ideales para la producción agrícola intensiva, algunas de las características más destacadas de este tipo de suelos son las pendientes planas o casi planas (de 0 al 2 %) la profundidad que presenta, así como la alta fertilidad de estos; son suelos por lo general bien drenados y con muy pocas o ninguna limitante para su aprovechamiento (Bolaños et al., 2015).

Dentro de esta categoría los suelos Molisoles y Andisoles son ideales ya que cumplen con estas características y se encuentran principalmente distribuidos en la franja del pacífico regional, este coincide además con las zonas de mayor actividad volcánica del área de estudio por lo que este proceso geológico propio de la zona contribuye a la fertilidad de estos. En general las zonas agrícolas sin restricciones pueden tolerar ciclos productivos intensivos, pero se recomienda utilizar práctica de manejo adecuada para evitar problemas como erosión acelerada o perdida de fertilidad en el horizonte A (USDA, n.d.).



En segundo lugar, de las categorías productivas se encuentra la clasificación de **“Agricultura con Limitaciones”**, esta ocupa el 12.5 % de la región se localiza en zonas del pacífico con pendientes que se encuentran entre el 2-4 %; la principal limitación de estos tipos de suelos para ser clasificados de esta manera son los regímenes de pendiente elevados, el cual los hace susceptibles a la erosión hídrica especialmente si se les somete a un aprovechamiento agrícola prolongado; otra de las limitaciones además de la pendiente en el caso de los suelos Entisoles ha sido el pobre desarrollo del horizonte A (USDA, n.d.), el cual permite traer consigo problemas de drenaje en alguna zonas. Es por este motivo que, aunque los suelos clasificados bajo esta categoría pueden utilizarse para la producción agrícola, se recomienda realizarlas bajo un sistema de prácticas de manejo, así como un estricto régimen de rotación de cultivos; esto para evitar erosión de suelos.

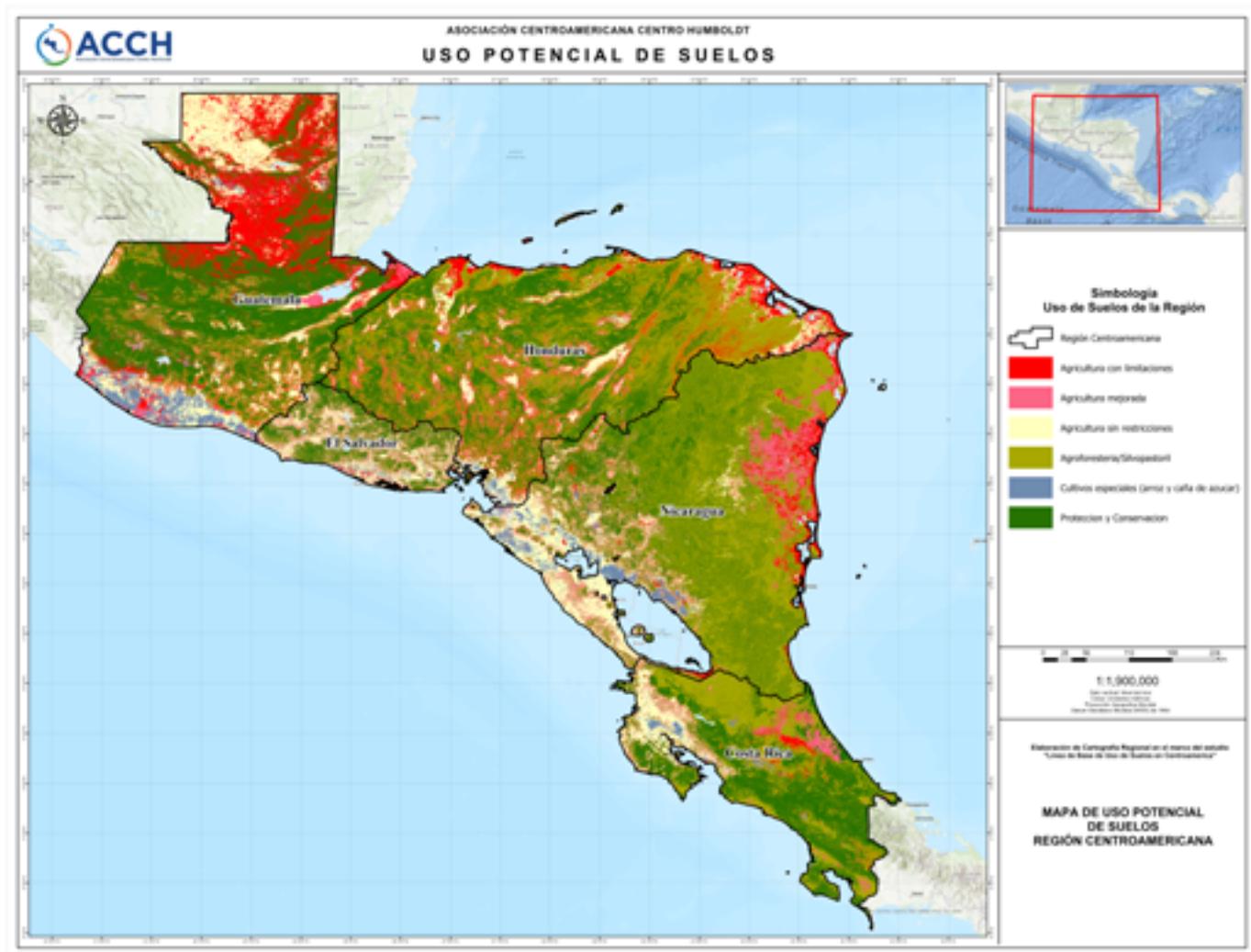


Figura 11. Mapa de Uso potencial de suelos.

4.2.1. Potencial de suelos por país

Al analizar el potencial de suelos por país podemos notar que todos los países de la región albergan entre el 30 % y 50 % del total de su superficie para la conservación de los recursos naturales (cuadro 6); casos particulares “Guatemala” y “Costa Rica” tienen el 42 % y el 40 % respectivamente de sus suelos destinados específicamente para este tipo de potencial; esto es coincidente con la distribución de suelos de ambos países.

Cuadro 6. Uso Potencial de suelos por País

Guatemala

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	2,826,363.37	25.8%
Agricultura mejorada	244,023.71	2.2%
Agricultura sin restricciones	1,810,356.48	16.5%
Agroforestería/Silvopastoril	964,042.88	8.8%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	478,148.40	4.4%
Protección y Conservación	4,618,230.20	42.2%
Grand Total	10,941,165.05	100%

El Salvador

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	37,952.57	1.9%
Agricultura mejorada	360,432.55	17.7%
Agricultura sin restricciones	462,519.94	22.7%
Agroforestería/Silvopastoril	497,494.07	24.5%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	54,354.00	2.7%
Protección y Conservación	620,612.48	30.5%
Grand Total	2,033,365.60	100%

Honduras

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	1,601,899.56	14.2%
Agricultura mejorada	360,139.24	3.2%
Agricultura sin restricciones	803,225.07	7.1%
Agroforestería/Silvopastoril	4,913,375.45	43.7%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	81,847.33	0.7%
Protección y Conservación	3,487,712.69	31.0%
Grand Total	11,248,199.35	100%

Nicaragua

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	673,739.39	5.2%
Agricultura mejorada	1,040,564.96	8.0%
Agricultura sin restricciones	1,318,391.06	10.2%
Agroforestería/Silvopastoril	5,440,113.21	42.0%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	329,082.67	2.5%
Protección y Conservación	4,146,747.92	32.0%
Grand Total	12,948,639.21	100%

Costa Rica

Uso Potencial de la Región	Área (Ha)	Área (%)
Agricultura con limitaciones	126,619.54	2.5%
Agricultura mejorada	348,245.23	6.8%
Agricultura sin restricciones	422,717.32	8.3%
Agroforestería/Silvopastoril	2,043,897.37	40.0%
Cultivos especiales (arroz y caña de azúcar)	74,811.11	1.5%
Protección y Conservación	2,089,511.21	40.9%
Grand Total	5,105,801.79	100%

Si se combinan el potencial de conservación y las zonas agroforestales, **Guatemala** alcanza más del 50 % de su superficie con potencial para el desarrollo forestal y de conservación de sus suelos (anexo 2). Por otra parte, los usos agrícolas sin restricciones alcanzan únicamente el 16 % del total de la superficie del país los cuales se distribuyen principalmente en los extremos norte y sur del país; finalmente las zonas de agricultura con restricciones abarcan cerca del 25 % del país teniendo una distribución alrededor de las zonas de reserva, así como de las zonas de mayor elevación del país.

Analizando más detenidamente los datos de **Costa Rica** y combinando las zonas con potencial de conservación con las zonas destinadas al potencial agroforestal obtenemos como resultado que más del 80 % de la superficie del país se distribuye entre potenciales conservacionistas y de aprovechamiento forestal (ver figura 12). Las zonas de desarrollo agrícola intensivo se concentran principalmente en la zona de Guanacaste hacia el noroeste del país ocupando apenas el 8.3 % del total del país mientras que el 2.5 % restante tiene un potencial para el desarrollo agrícola limitado.

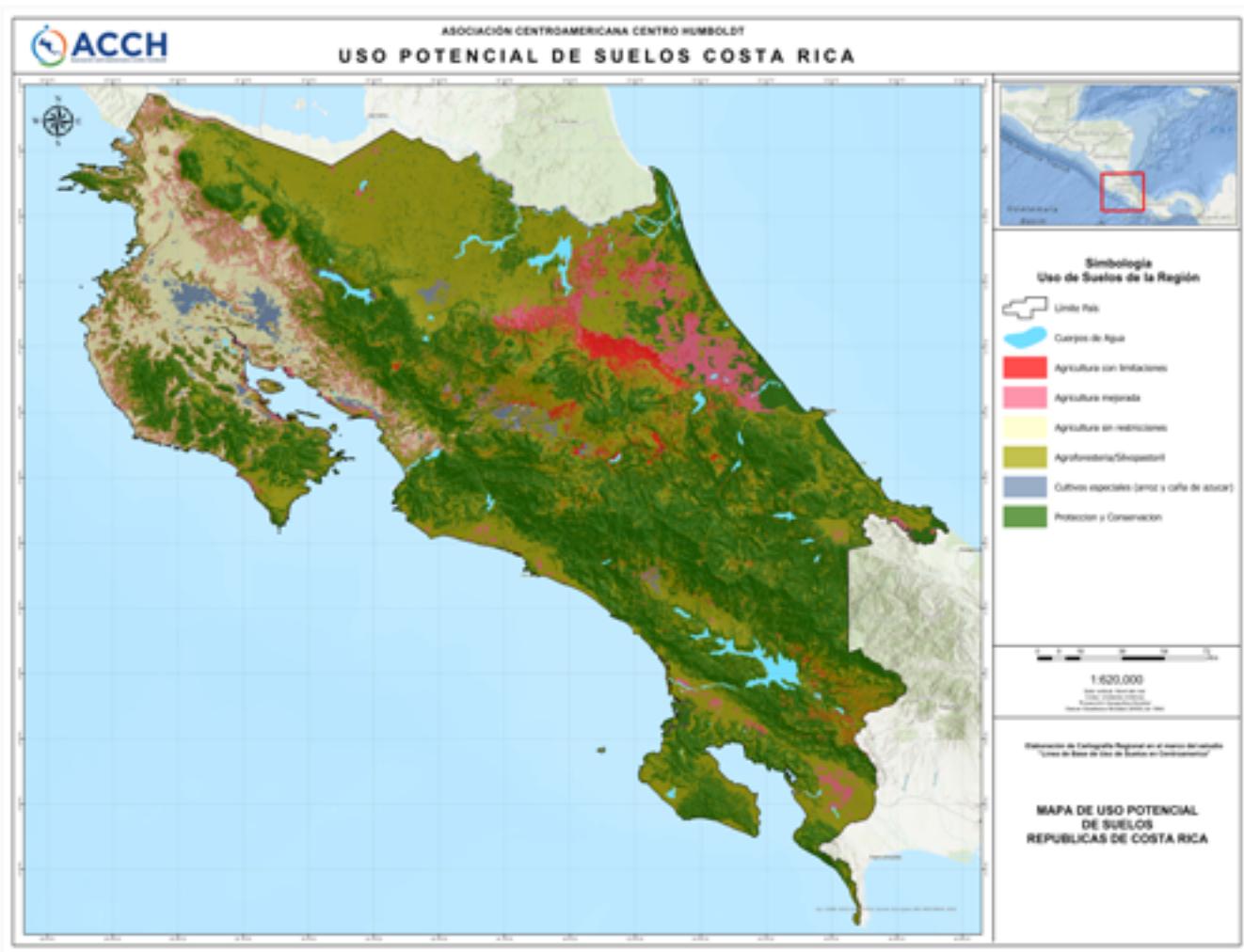


Figura 12. Uso Potencial de suelos Costa Rica.

En el caso de **“El Salvador”** la distribución del potencial de la tierra presenta estadísticas mas distribuidas entre las categorías pero con una clara dominancia de las zonas dedicadas para la conservación (alrededor del 30 %) las cuales se encuentran concentradas principalmente en las zonas altas del país; por otra parte las zonas de agricultura tanto restrictiva como no restrictiva alcanzan casi el otro 30 % del país; estas zonas se distribuyen a lo largo de las planicies del país conectando entre si a través de las zonas elevadas del país. Finalmente, el 25 % restante del país tiene un alto potencial para la agroforestería las cuales se ubican en las zonas de pendientes intermedias sirviendo como zonas de transición entre las áreas de conservación y las áreas de potencial agrícola (ver anexo 3).

En tercer lugar, tenemos **Honduras**, cuya distribución de potencial de suelos se asemeja a Costa Rica, con el 70 % de su superficie distribuida entre el potencial agroforestal y el potencial de conservación. Las zonas de conservación se ubican principalmente en la zona central del país lo que coincide principalmente con las reservas de bosques de pino presentes en el país; por otra parte, las áreas de agroforestería se encuentran distribuidas principalmente entre la zona del caribe y norte del país; coincidiendo con las zonas de bosques latifoliados a nivel nacional (ver figura 13).

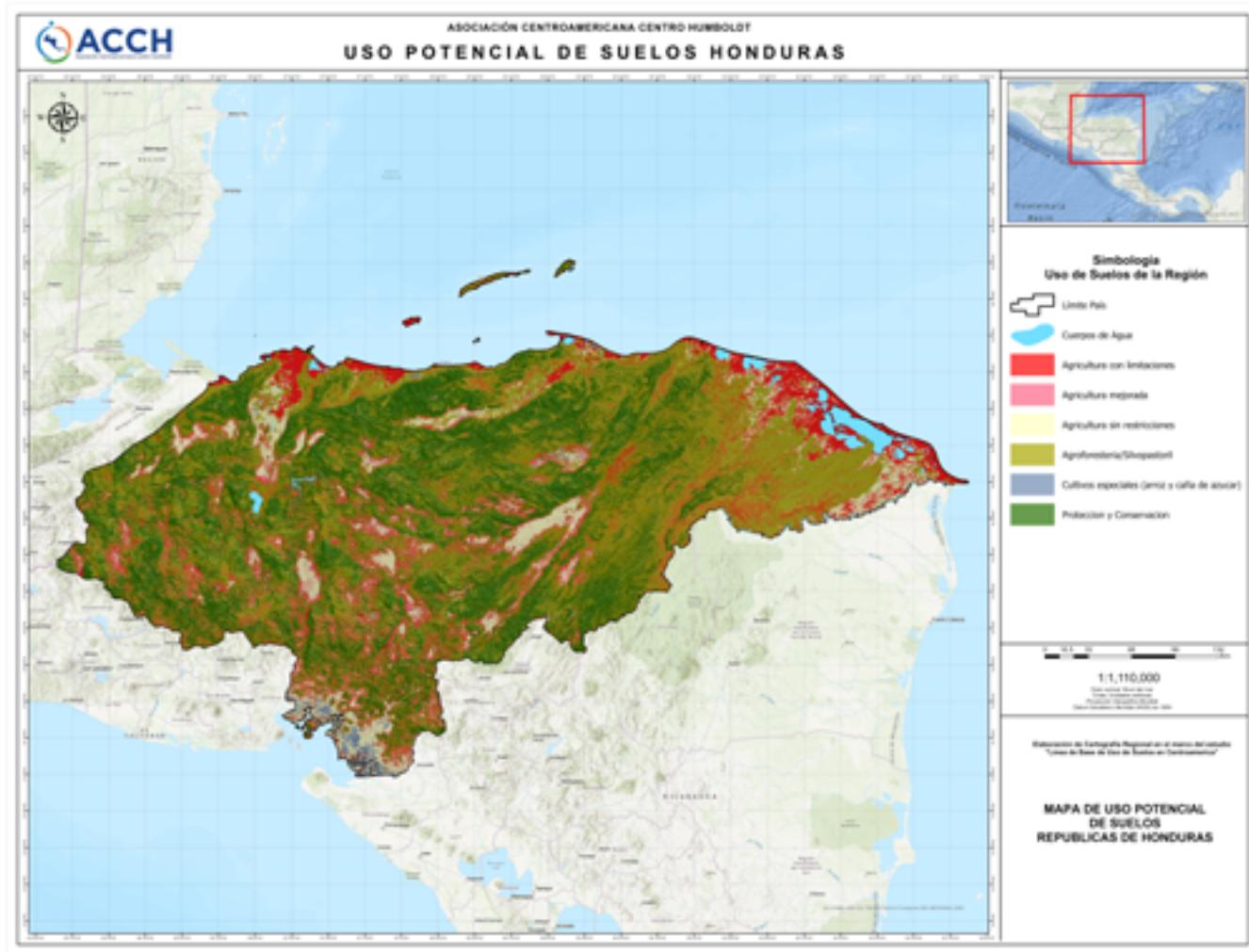


Figura 13. Uso potencial de suelos, Honduras.

Debido a la particular topografía del país, así como la distribución de sus suelos apenas el 7 % de la superficie del país tiene potencial para el desarrollo agrícola sin restricciones ubicando se principalmente en las zonas de planicie del país combinándose con zonas de agricultura más restrictiva las cuales cubren el 14 % del total del país dando así poco mas del 21 % del área total del país para el desarrollo agrícola tanto restrictivo como no restrictivo.

Finalmente, “**Nicaragua**” presenta más del 70 % de su superficie con potencial para el desarrollo agroforestal, así como para la conservación de los recursos naturales; esto se debe principalmente al desarrollo de los suelos ya más de 50 % del país presenta suelos de tipo Ultisols y Oxisols los cuales por sus características propias son ideales para el desarrollo forestal (ver figura 14).

En lo que respecta a las características agrícolas el 23.5 % del área tiene potencial para el desarrollo agrícola ya sea este sin restricciones, así como en combinación con prácticas de manejo o de manera restrictiva. Los mejores suelos para el desarrollo agrícola se ubican a lo largo de la franja del pacífico, mientras otras zonas de la zona central por ejemplo tienen un potencial para la agricultura un poco más restrictiva.

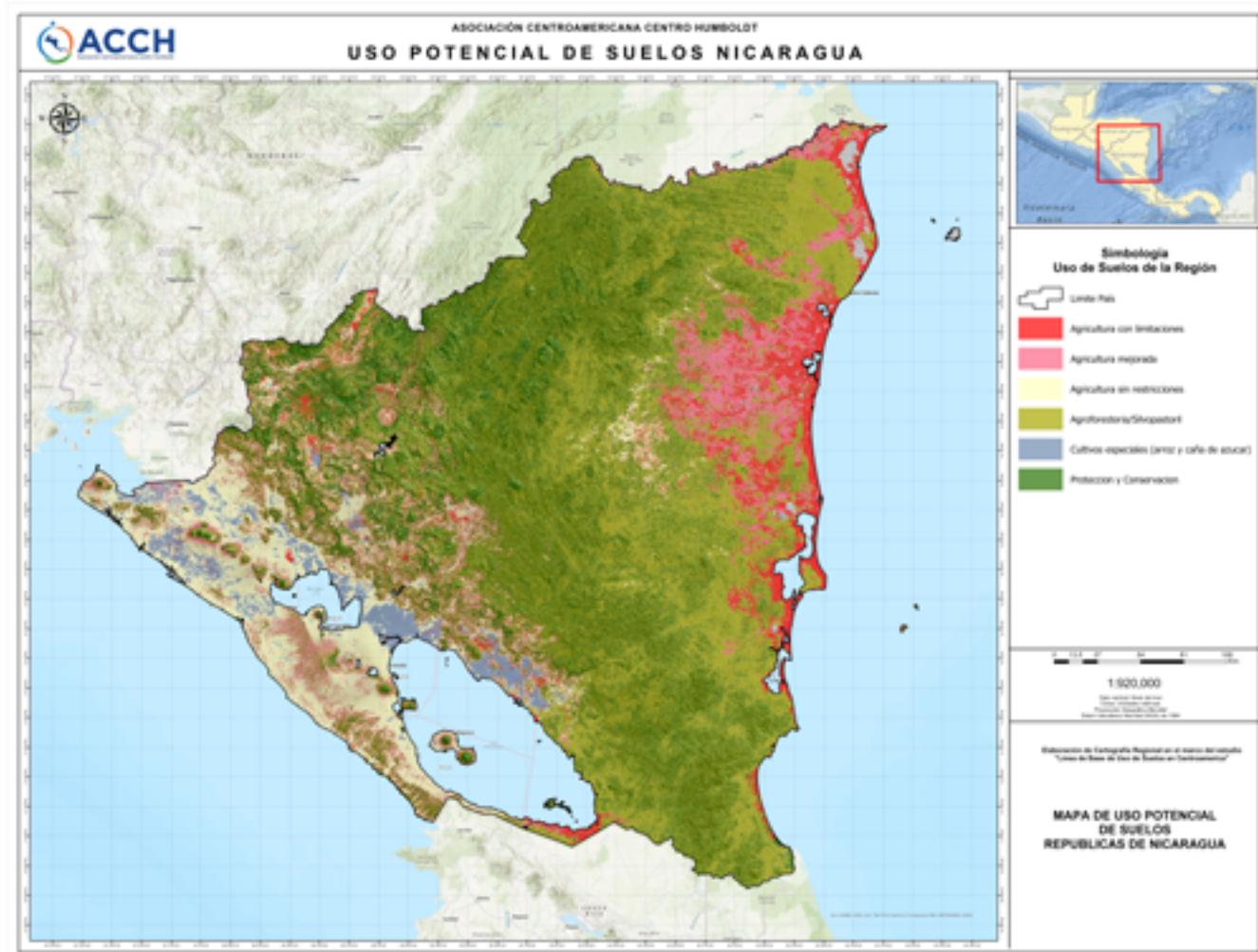


Figura 14. Uso potencial de suelos, Nicaragua.

4.3. Uso de la tierra a nivel regional

Al analizar la clasificación de uso de la tierra, se identificaron 14 categorías de uso de suelos, entre las cuales se pueden diferenciar las clases de **bosques latifoliados, bosques de coníferas, humedales, páramos, sabanas, zonas de cultivos y pastizales** (ver figura 15).

Distribución del Uso de Suelos en la Región Centroamericana

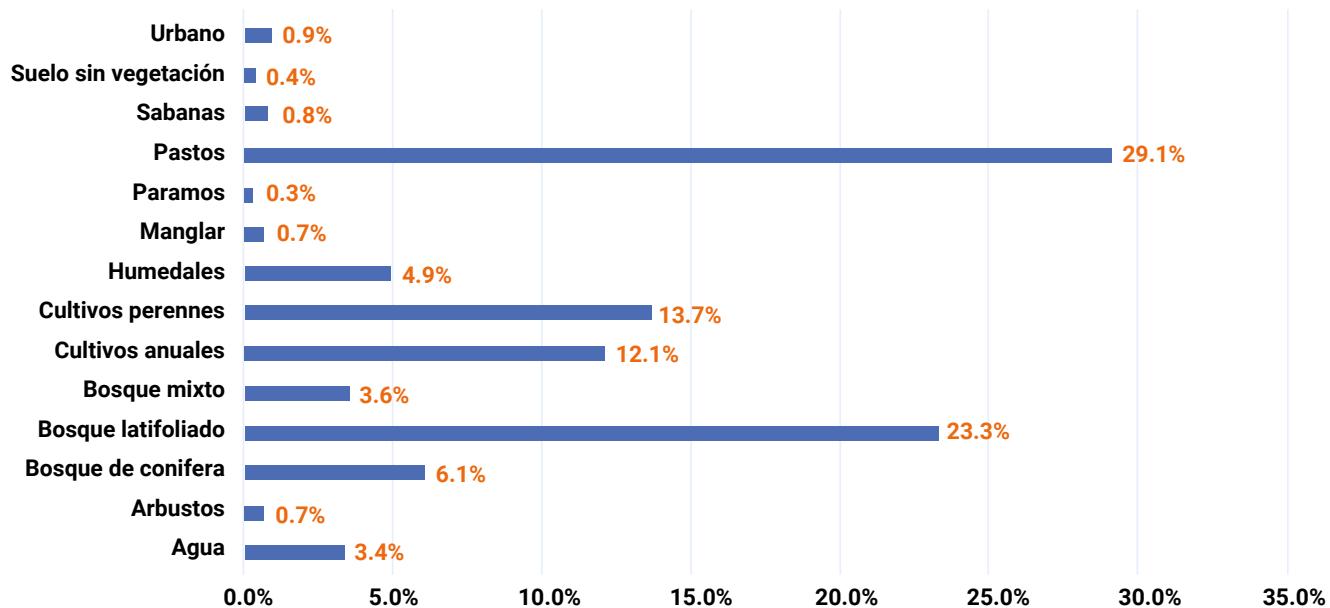


Figura 15. Distribución de los Usos de suelos en la región

A nivel regional la zona de estudio conserva el **23.3 %** de su superficie con **bosques latifoliados y el 6.1 % con bosques de coníferas**, lo que nos da un total de **29.4 %** del área total con bosques conservados; estos representan los ecosistemas de mayor importancia para la región, así como todos los servicios ecosistémicos a los cuales está ligado el bosque. A pesar de mantener relativamente buena cobertura forestal más del 50% (ver figura 16) de la cobertura de uso de suelos se encuentra dominada por zonas de desarrollo agropecuario (pastos para ganadería y zonas de cultivos agroindustriales).

De las áreas de bosque de coníferas identificadas la mayor parte se encuentra en la zona central de Honduras y la zona norte de Nicaragua, mientras que las áreas de bosques latifoliados se han concentrado principalmente al norte de Guatemala y en la zona sur de Costa Rica; Nicaragua y El Salvador también tienen importantes reservas de bosque latifoliado, sin embargo, estas se encuentran concentradas en ciertas zonas de sus respectivos países, como la costa caribe, por ejemplo.

Del porcentaje de áreas destinadas a zonas agrícolas tiene un mayor peso la categoría de pastizales y zonas ganadera la cuales cubren el 29 % de la región, siguiéndole de cerca las áreas destinadas a cultivos agroindustriales (**cultivos perennes**), las cuales cubren el 13.7 %; finalmente las áreas destinadas para cultivos anuales y de subsistencia cubren únicamente el 12 % del total de la región centroamericana, lo cual es un claro indicativo de la acelerada expansión de este tipo de uso hacia la región lo que a su vez incrementa la presión para las zonas de bosques que aún permanecen para la región (ver figura 16).

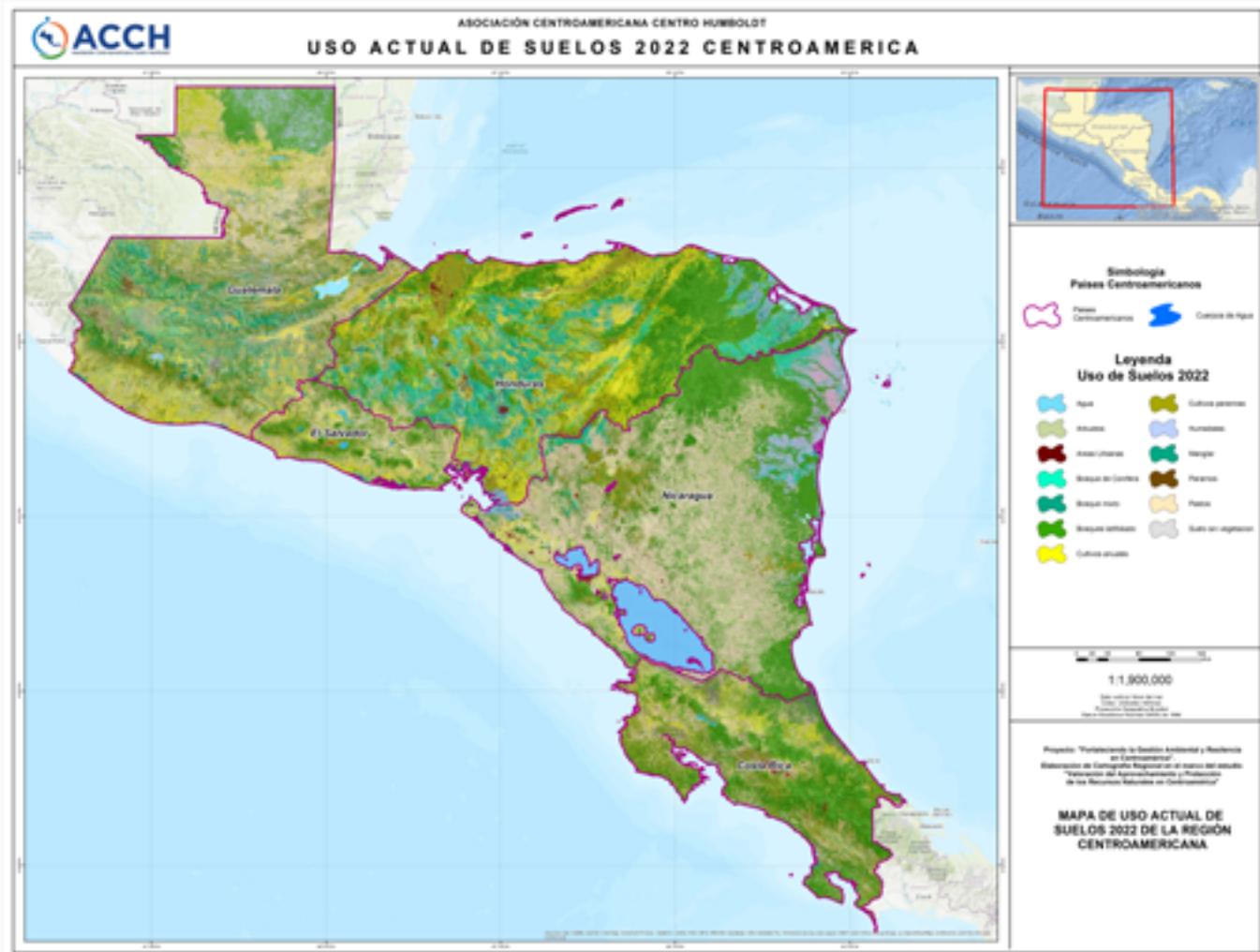


Figura 16. Mapa de Uso de Suelos de Centroamérica, 2022

Al comparar los datos de Bosque (latifoliados y coníferas) presentes en el año 2010 con los porcentajes actuales es posible notar un decrecimiento de más del 12 % en los bosques actualmente (Hernández et al., 2011); sin embargo para poder un análisis más apropiado se partirán de las zonas de cambio a partir del año 2015 ya que con esto tendremos un marco de referencia mucho más completo para comparar y poder dimensionar de una mejor manera los cambios (anexo 4).

4.4. Cambios en la cobertura Regional 2015 – 2022

A como se mencionó en el apartado anterior al analizar los cambios en la cobertura de suelos de la región se puede notar que las áreas de bosques tanto latifoliados como coníferas experimentaron enormes retrocesos, mientras que las categorías de pastos y cultivos perennes tuvieron el efecto contrario. De las categorías de bosques la que más sufrió pérdidas es la categoría de bosque mixto con una tasa negativa de **-4.8 %** esto supone una pérdida de más de 600,000 hectáreas en un periodo de siete años (ver figura 17).

Tasa de Cambio para la Región Centroamericana 2015 - 2022

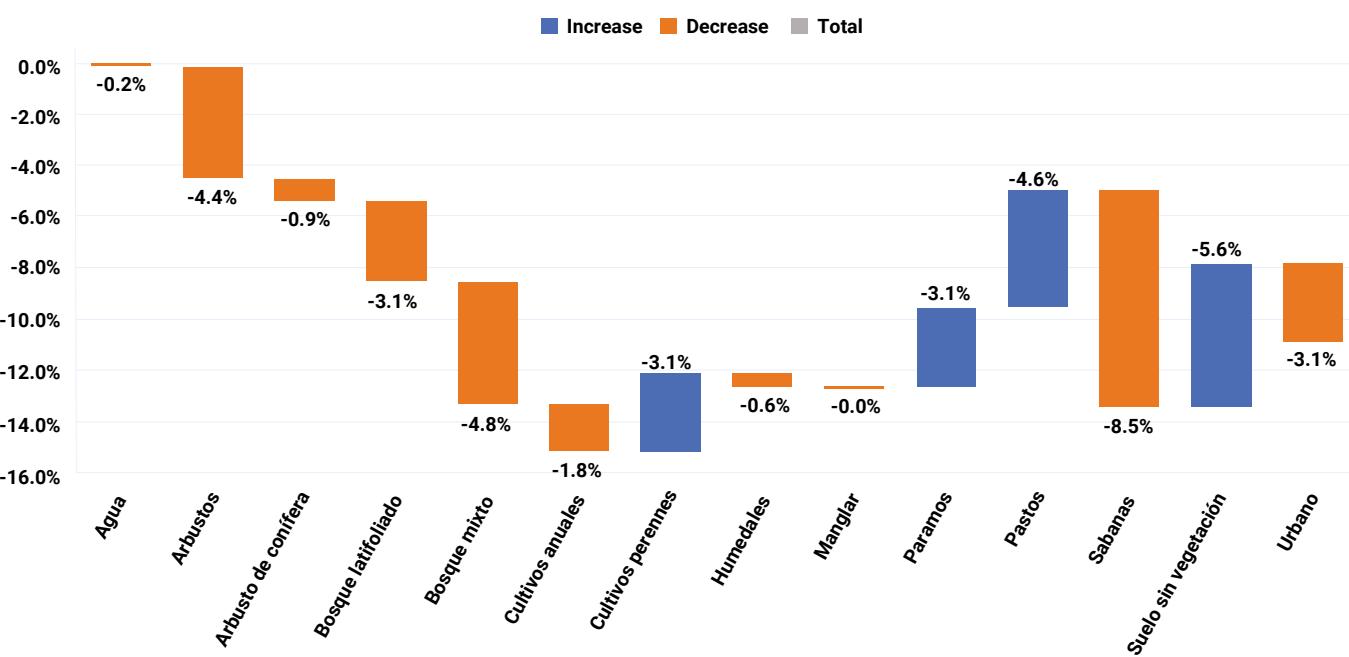


Figura 17. Tasa de cambio regional 2015 - 2022

En segundo lugar, como categoría de pérdida se encuentran los bosques de coníferas, los cuales tienen una tasa de pérdida de **-3.1 %** en un periodo de siete años; esto implica una pérdida de más de 160,000 hectáreas; a pesar de estas pérdidas, el tipo de uso más afectado han sido las zonas de sábanas, las cuales han perdido el **-8.5 %** total de la superficie de la región (286,000 hectáreas en siete años).

Cuadro 7. Definición e importancia de las sábanas tropicales

Las sábanas tropicales se caracterizan por estar dominados por una vegetación relativamente baja y dispersa, que consiste principalmente en hierbas y arbustos, intercalados con árboles dispersos. Este tipo de bosque se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, donde la estación seca y la estación de lluvias son bien definidas (Burga, 2016). Este tipo de bosques son especiales ya que cumplen con ciertas características que son de vital importancia como las siguientes:

1. Hábitat para la Fauna	A pesar de su apariencia relativamente abierta, las sábanas tropicales son hogar de una diversidad de especies animales adaptadas a este entorno. Muchas especies de mamíferos, aves, reptiles e insectos habitan en las sábanas tropicales de Centroamérica. Algunas de estas especies son endémicas y están adaptadas a las condiciones específicas de este ecosistema.
2. Conectividad	Las sábanas tropicales pueden servir como zonas de transición entre bosques y áreas más abiertas. Esto es importante para muchas especies, ya que les permite moverse entre diferentes hábitats en busca de alimentos, refugio y reproducción.
3. Biodiversidad Vegetal	Aunque la vegetación en las sábanas tropicales puede parecer menos densa en comparación con los bosques, aún alberga una variedad de plantas adaptadas a las condiciones de suelo y clima. Estas plantas pueden ser valiosas para la alimentación de la fauna local y contribuir a la diversidad botánica de la región.
4. Resistencia al Cambio Climático	Finalmente estos tipos de bosques pueden desempeñar un papel importante en la mitigación de los efectos del cambio climático debido a su capacidad para almacenar carbono en la biomasa y en el suelo. Esto ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a estabilizar el clima regional.

Fuente: Elaboración propia.

La categoría de cultivos agroindustriales y zonas para ganadería incrementaron su porcentaje de manera casi exponencial durante el mismo periodo; este incremento fue apreciado en la clase de pastos la cual tuvo una tasa de cambio positiva (4.6 %) lo que supuso más de 3 millones de hectáreas de incremento para la región.

La categoría de **cultivos perennes** quedó en segundo lugar de incremento con el 3.1 %, esto indica más de 1 millón de hectáreas destinadas a cultivos agroindustriales entre los que se puede mencionar Caña de Azúcar, Maní, Palma Aceitera, Piña entre otros.



El incremento de las áreas para pastoreo y cultivos agroindustriales es un claro indicativo de las tendencias de la región hacia la explotación cada vez más intensiva de la tierra para la producción a gran escala, sin embargo, este modelo agroexportador trae serias consecuencias no solo para el medio ambiente sino para los pequeños productores los cuales por lo general no tiene acceso a los recursos necesarios para asegurar la producción.

4.5. Cambios en la cobertura de suelos por país 2015 – 2022

4.5.1. Guatemala

En términos de extensión la República de Guatemala es el tercer país más grande de la región con un total de 10 millones de Hectáreas (109,411 km²), en este país se identificaron trece de las catorce categorías estudiadas de estas el 31 % de la superficie se encuentra cubierta por cultivos para exportación; entre los cuales destaca el **banano**, el **café**, la **caña de azúcar** y la **palma aceitera** (ver figura 18). En segundo lugar el 14 % de la superficie de país está destinada para la producción de cultivos anuales entre los que destaca el **maíz** como principal rubro producido (ICEX, 2020).

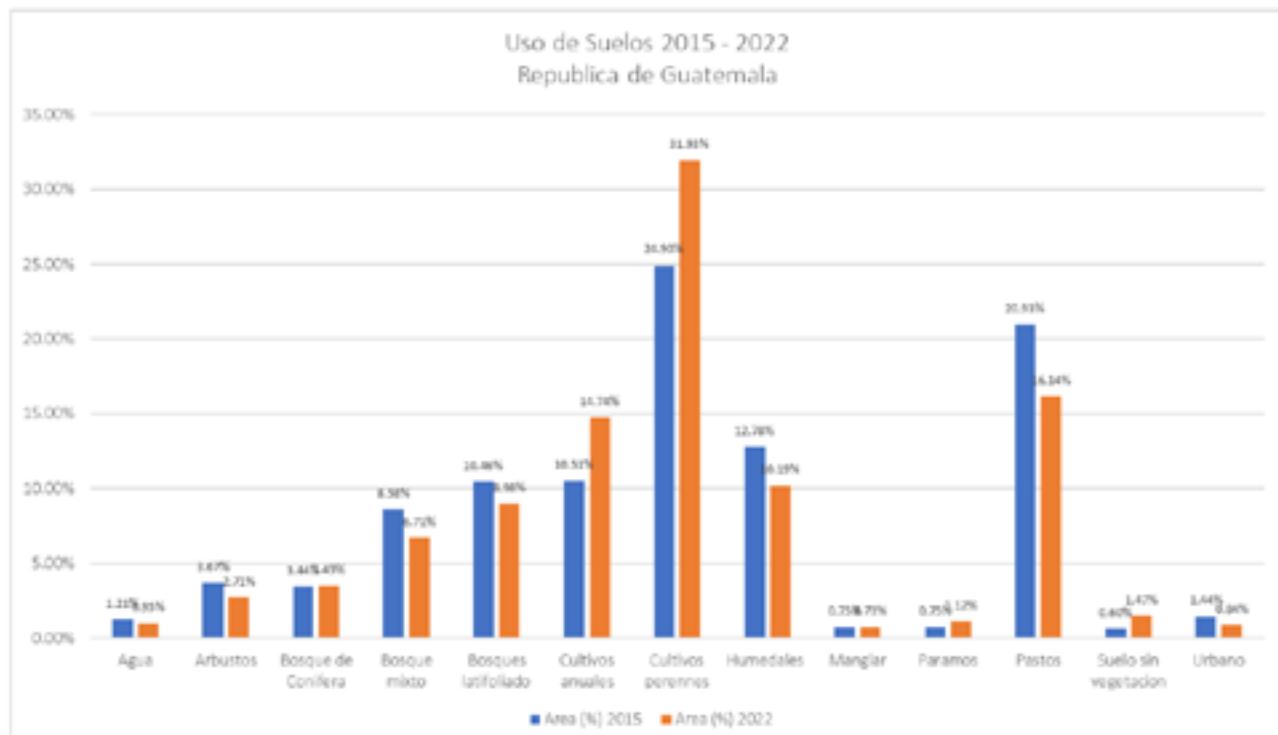


Figura 18. dinámica de Uso de suelos 2015 - 2022, República de Guatemala

En lo que respecta al sector ganadero este no tiene tanta superficie dedicada a este rubro ya que este apenas representa el **16 %** del total de la superficie nacional, muy poco si se le compara con el sector agrícola; a pesar de esta poca representación se estima que Guatemala posee más de 2.9 millones de cabezas, de las cuales el **49 %** son utilizadas para doble propósito (carne y leche), 35 % son productoras de carne, y **16 %** son dedicadas a la producción especializada de leche (Molina & Baldetti, 2020); esto se traduce a que el país dedica más de 1 millón de hectáreas para la producción ganadera.

Al realizar la comparación del uso de suelos actual con el año de referencia (2015) podemos observar que las áreas de cultivos perennes crecieron pasando del 24 % a la cifra actual, esto representa casi un 6 % más en las áreas cultivadas; cabe destacar que en este país la tendencia con las áreas de pastos ha sido decreciente pasando del 20 % al 16 % en siete años (figura 19).

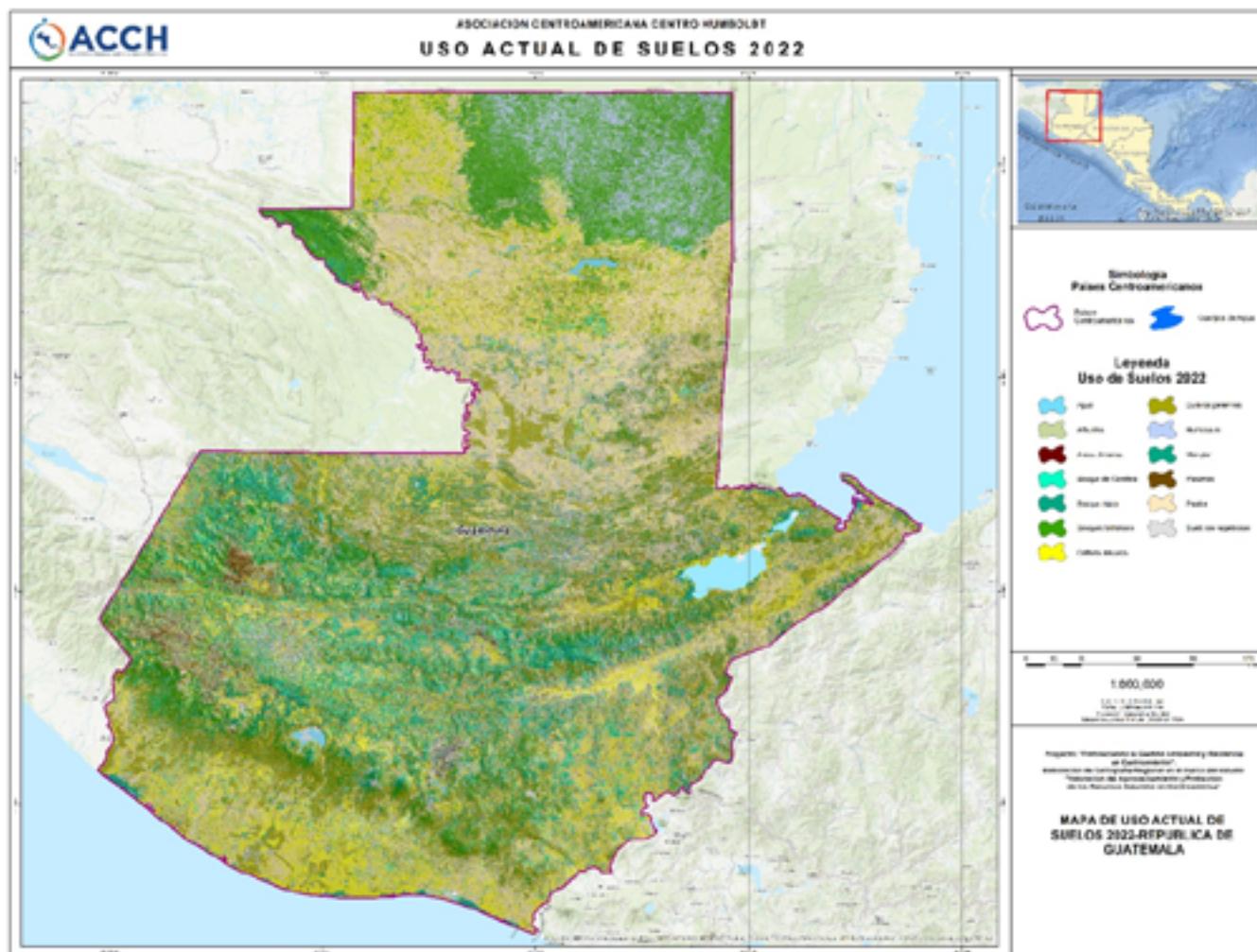


Figura 19. Mapa de Uso de suelos de Guatemala, año 2022

En lo que respecta a las áreas de bosque estas han tenido reducciones significativas durante el periodo evaluado, la categoría de Bosques Latifoliados paso de ocupar el 10.6 % en 2015 a tan solo el 8 % de la superficie nacional, lo que supone una pérdida total de alrededor 160,000 hectáreas en siete años; de la misma manera la categoría de bosque mixto sufrió importantes pérdidas pasando del 8.5 % en 2015 al 5 % durante el periodo actual. Estas cifras evidencian la tendencia a la pérdida de cobertura boscosa y la expansión de cultivos agroindustriales a costa de los ecosistemas y bosques naturales de Guatemala (Burga, 2016).



4.5.1.1. Dinámica de cambio Nacional

Al analizar la tasa de cambio para cada categoría podemos encontrar que los bosques mixtos y latifoliados representan el -5 % del total de las pérdidas en ecosistemas a nivel nacional; otro de los ecosistemas que más preocupa son las zonas de humedales y manglares; estos se caracterizan por la presencia de agua, sea esta dulce, salobre o salada. Es decir, ríos, lagos, lagunas, pantanos, sistemas costeros, cuevas (sistemas hídricos subterráneos), arrecifes coralinos, estuarios, arroyos, turberas y manantiales.

Las zonas de humedales tienen una importancia muy marcada para la diversidad biológica del país ya que cumplen con las siguientes funciones:

- a. Almacenamiento de agua.
- b. Protección contra tormentas y mitigación de inundaciones.
- c. Estabilización de la línea costera y control de la erosión.
- d. Recarga de los acuíferos subterráneos.
- e. Descarga de acuíferos.
- f. Purificación del agua.
- g. Retención de nutrientes.
- h. Retención de contaminantes.
- i. Estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura

Estos se encuentran principalmente en la zona norte del país y han sido declarados sitios de interés internacional por la convención internacional sobre humedales (RAMSAR), sin embargo, la expansión de los monocultivos se ha extendido hasta estas zonas protegidas lo que las pone en peligro (figura 20).

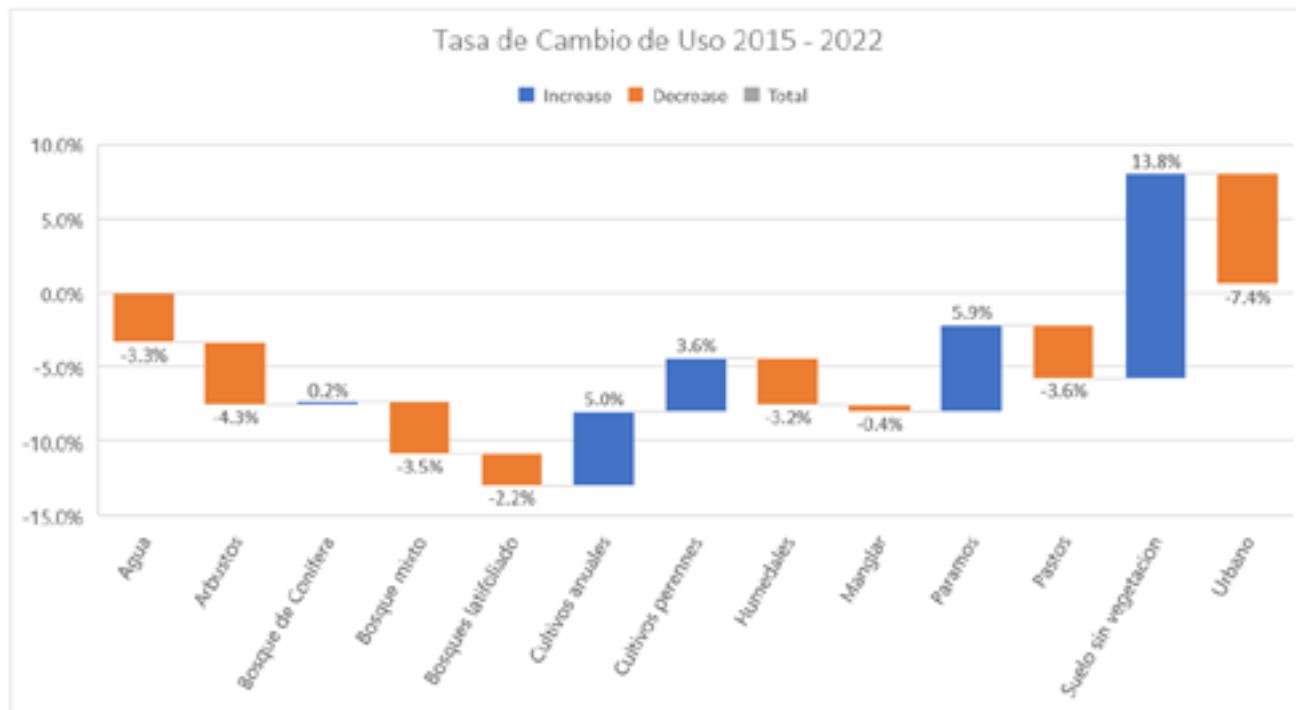


Figura 20. Tasa de cambio 2015 - 2022, Guatemala

4.5.2. El Salvador

De todos los países de la región El Salvador es que tiene menor extensión con apenas 20,000 kilómetros cuadrados representa el más pequeño de todos los países de la región; sin embargo, posee al igual que los otros una amplia variedad de recursos naturales, en términos generales en el país se pudo identificar 8 de los 14 usos de suelos abordados en el presente estudio; de estos los bosques cubren aproximadamente el 30 % de la superficie nacional (ver figura 21).

En lo que respecta a los usos productivos la categoría de pastos y cultivos anuales cubren aproximadamente el 50 % del total de la superficie total (ver figura 22) de estos la categoría de pastos es la que tiene la mayor representación con el 38.54 % del total lo que equivale a unas 783,000 hectáreas que han sido dedicadas a la expansión ganadera.

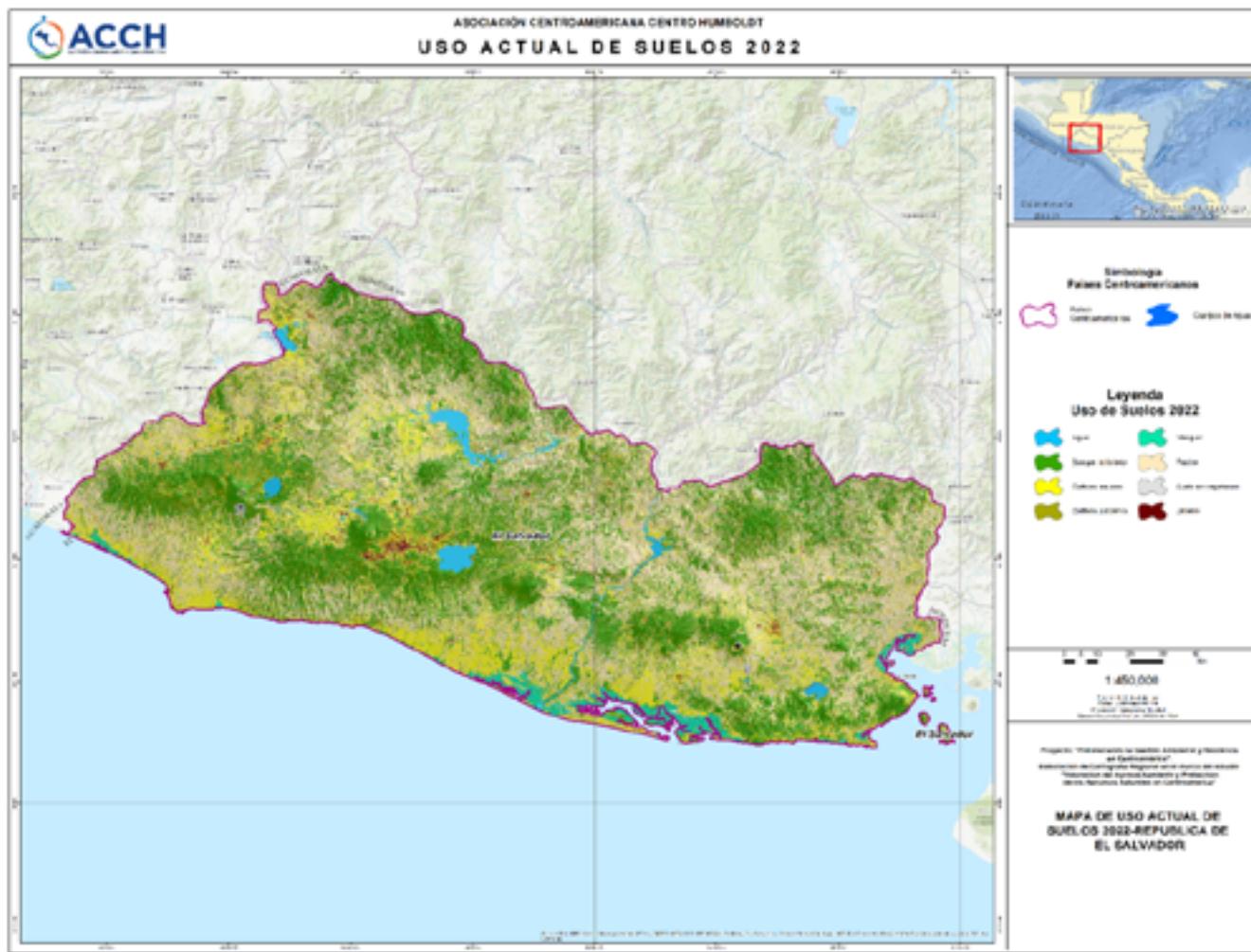


Figura 21. Mapa de Uso de suelos 2022, Republica de El Salvador

La ganadería en El Salvador aporto el 20 % del producto interno bruto del país en 2015, experimentando desde entonces un crecimiento sostenido del 8 % anual, lo que la convierte en uno de los sectores más importantes para la economía nacional (MAG, 2018); según el inventario realizado en el año 2015 el hato bovino era de 1,286,611 cabezas y la producción anual de leche fue de 655 millones de botellas, con un promedio diario de producción de 6.4 botella/vaca/día.

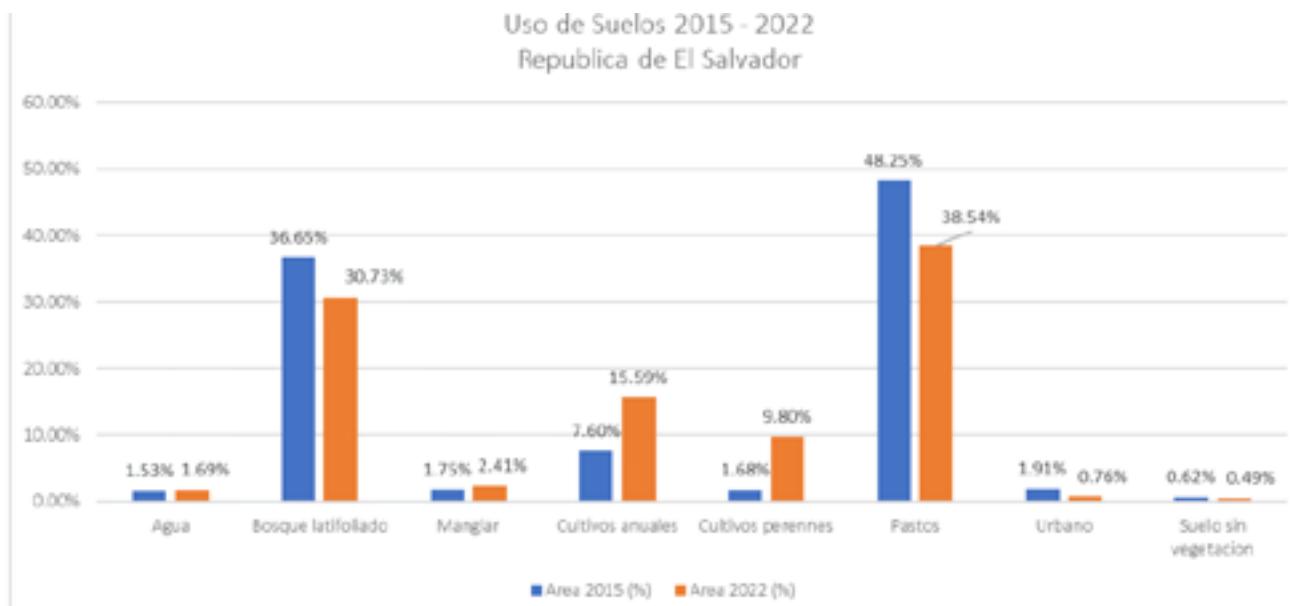


Figura 22. Distribución de Uso de suelos, Republica de El Salvador

En lo que respecta al incremento de los cultivos de exportación entre estos destacan la caña de azúcar, el Banano y el maní los cuales en el 2020 se ubicaron entre los principales productos de exportación (AECID, 2020); esta importancia se ve reflejada en las zonas destinadas para este tipo de actividad, ya que actualmente está cubre el 9.8 % del total del país. Finalmente, de las tres categorías productivas destaca que las zonas de cultivos anuales ocupen el 15% del total del país, destacando el incremento en la producción de maíz para fines de exportación lo que puede explicar el incremento de esta categoría.

4.5.2.1. Dinámica de cambio Nacional

Al hacer un comparativo con el año 2015, las áreas de cultivos anuales fueron las que mayor incremento registraron pasando del 7.6 % al 15 % en un periodo de siete años, lo que supuso un incremento de más de **160,000 hectáreas**, de igual manera la categoría de cultivos perennes tuvo incremento pasando a ocupar casi el 10 % del área total de El Salvador. Finalmente, la categoría de pastos tuvo un ligero decrecimiento pasando el 48 % en 2015 al 38 % en el 2022; esto es un indicativo de crecimiento de las zonas productivas, así como de la importancia económica que el sector agro tiene en la economía del país.

Por otra parte, la categoría de bosques una reducción significativa registrando una tasa de cambio de **-2.5 %** lo que representa alrededor de 120,000 hectáreas de bosque que han sido convertidos a otros tipos de uso, un aspecto positivo que cabe recalcar ha sido el incremento de las zonas de manglares y humedales las cuales experimentaron cierto nivel de recuperación teniendo un 4.7 % de tasa de cambio positiva, siendo estos impulsados por una campaña de restauración de manglares y otros ecosistemas naturales por parte del Ministerio de Ambiente de El Salvador (MIAMBIENTE, 2021).

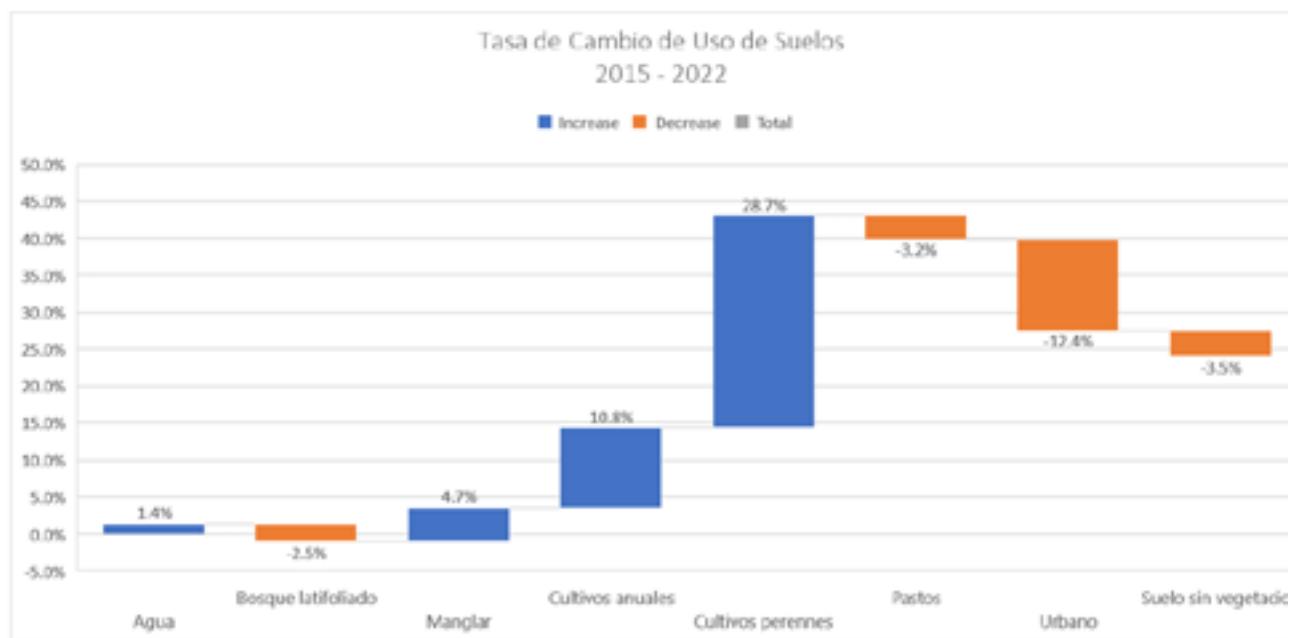


Figura 23. dinámica de Cambio 2015 - 2022

4.5.3. Honduras

Con un total de **112,000 kilómetros cuadrados** la Republica de Honduras es el segundo país más extenso de la región superado únicamente por Nicaragua el cual ocupa el primer lugar (ver figura 24), este cuenta con una exuberante flora entre las que destacan las reservas de bosques de pinos más grandes de todos los países. en este país se identificaron 11 de los 14 usos de suelos propuestos de los cuales el 17 % del territorio se encuentra cubierto por bosques de coníferas mientras que el 18 % se encuentra ocupada por bosques latifoliados.

Los bosques de coníferas en esta zona de vital importancia para la conservación a nivel nacional ya que estos actúan como hábitat Crítico para múltiples especies de fauna, incluyendo mamíferos, aves y reptiles. Estos animales dependen de la cobertura forestal para refugio, alimentación y reproducción así mismo funcionan como Corredores Biológicos conectando diferentes hábitats y permitiendo que las especies se desplacen entre ellos. Esto es esencial para la conservación de la diversidad genética y el flujo de poblaciones entre ecosistemas naturales (Reyes et al., 2016).

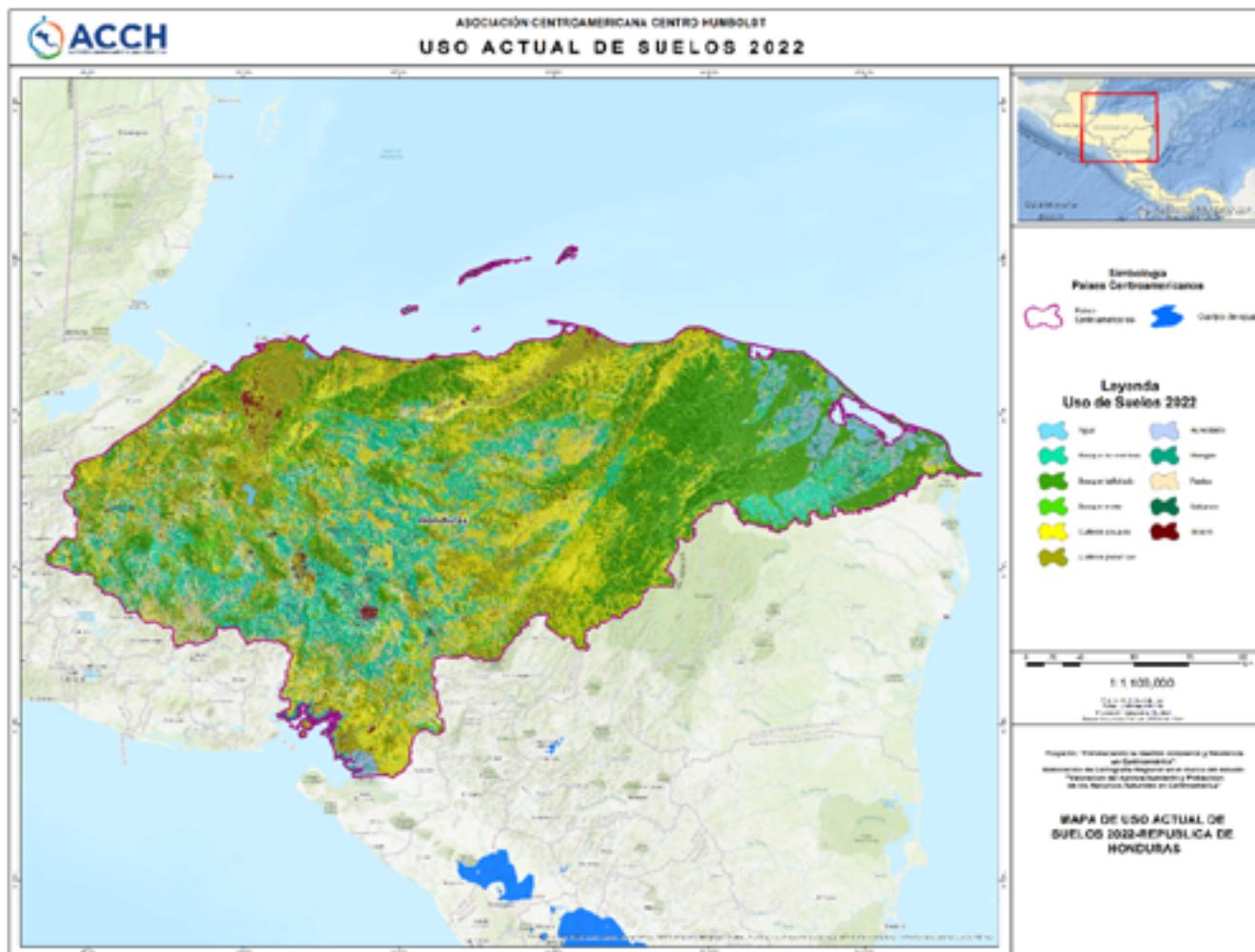


Figura 24. Mapa de Uso de Suelos 2022, Republica de Honduras

En lo que respecta a las zonas agrícolas y ganaderas, la categoría de cultivos anuales cubre el 20 % del área total del país destacándose cultivos como el maíz y el Frijol como base de la alimentación de los hondureños (ver figura 25). Por otra parte el 17 % de las tierras del país están dedicadas a la producción agroindustrial destacándose cultivos como el Banano, el café y la Palma Aceitera; esta industria representa aproximadamente el 60 % del total del producto interno bruto segundo por la Minería y la industria textil (Banco Mundial, 2023).

Según datos del Banco Mundial dentro del subsector agrícola los siguientes rubros tienen la mayor importancia económica dentro del PIB agropecuario y se encuentra estructurado principalmente en 5 productos principales: café (24 %), tubérculos-hortalizas-legumbres-frutas (13 %), banano (9 %), palma africana (5,7 %) y maíz (5,2 %); de igual forma estas actividades son las que tuvieron mayor crecimiento durante el 2022 (Banco Mundial, 2023).

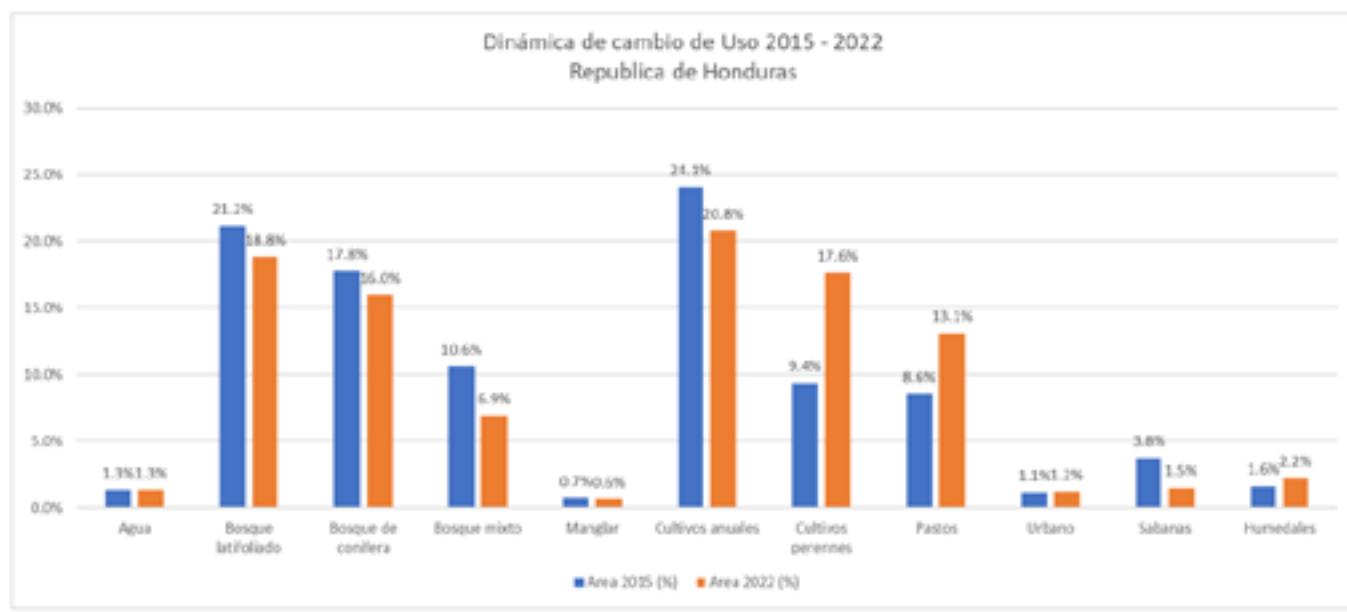


Figura 25. Dinámica de Cambio de Uso de suelos 2015 - 2022

Esta dinámica dentro de la economía del país se refleja en las tasas de crecimiento de la tierra dedicada al uso de suelos para fines agroindustriales; ya que al comparar con las cifras analizadas para 2015 la categoría de cultivos agroindustriales pasó el 9 % al 17 % en un periodo de siete años esto supone un incremento de más de 920,000 hectáreas que fueron dedicadas para la agroindustria. Esta dinámica ha afectado de igual manera las zonas destinadas a cultivos como el maíz ya que para 2022 la zona de cultivos anuales disminuyó un 4 % sin embargo esta sigue teniendo una gran relevancia dentro de los usos de suelos del país.

A pesar de que el crecimiento económico del país se ha basado principalmente en los rubros antes mencionados este crecimiento se ha realizado a costa de la disminución de áreas de bosque especialmente del bosque latifoliado los cuales tuvieron una disminución del 2 % en sus áreas, sin embargo, la mayor reducción de los ecosistemas se encuentra dentro de las áreas de bosques mixtos los cuales pasaron a ocupar el 6 % de la superficie total del país.

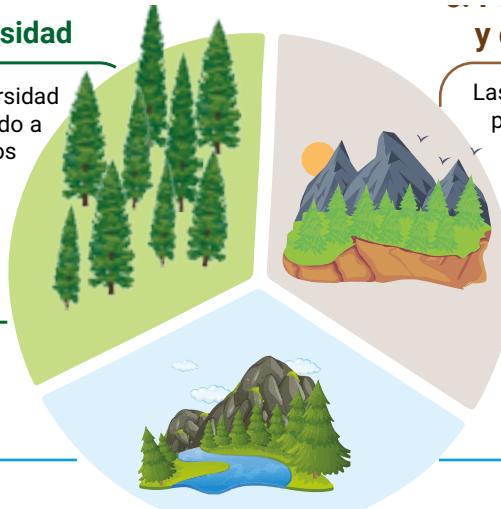
4.5.3.1. Dinámica de cambio Nacional

La tasa de cambio de uso de suelos para el país fue negativa para las categorías de bosque y significativamente positiva para las categorías de cultivos agroindustriales y pastizales; además de la categoría de Bosques mixtos, las categorías de Manglar y Bosque de conífera tuvieron disminuciones importantes (-1.69 % y -1.4 % respectivamente) está perdida supone para los bosques de pino más de **190,000 hectáreas** en un periodo de siete años, si lo traducimos a una perdida por año esto representa alrededor de **28,000 hectáreas** perdidas anualmente para los bosques de pino.

Entre las funciones más importantes que estos bosques desempeñan para el país se encuentran las siguientes:

a. Conservación de la biodiversidad

Los bosques de pino albergan una diversidad de especies de flora y fauna, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad. Estos bosques son hogar de numerosas especies de plantas, animales y microorganismos, muchos de los cuales son endémicos o están en peligro de extinción.



y deslizamientos de tierra:

Las raíces profundas y densas del pino ayudan a estabilizar el suelo, evitando la erosión y reduciendo el riesgo de deslizamientos de tierra, especialmente en terrenos montañosos.

b. Regulación del Ciclo hidrológico

Los bosques de pino desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo del agua. Ayudan a mantener los niveles de agua en los suelos y los cursos de agua, lo que es vital para la disponibilidad de agua en ríos y arroyos, así como para la recarga de acuíferos subterráneos.

En el caso de los ecosistemas de Manglar, las principales amenazas se centran en el deterioro y corte para extracción de recursos del ecosistema (madera, leña, corteza); deforestación por expansión de la agricultura; sobreexplotación de la pesca y otras especies comerciales del manglar; contaminación del agua de esteros, ríos y lagunas; e, invasión y titulación de manglares por privados (Trejos, 2011).



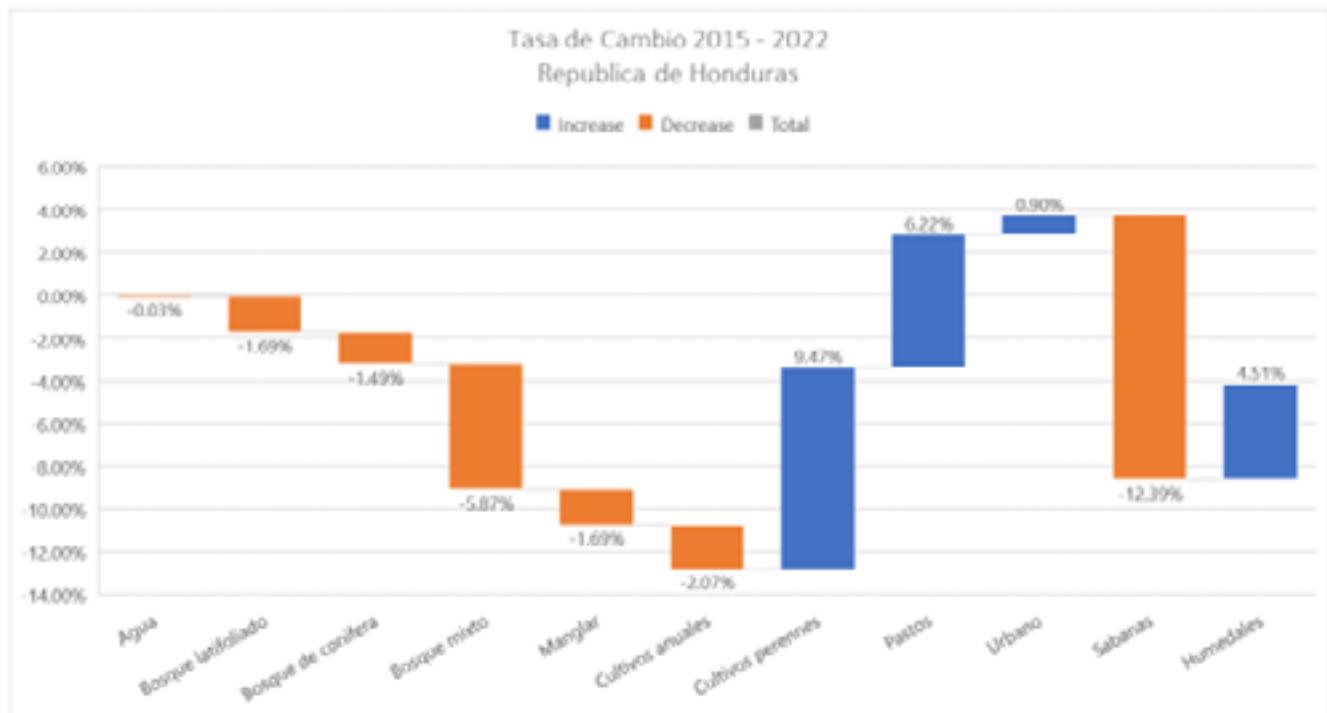


Figura 26. Tasa de cambio de Uso de suelos 2015 - 2022, República de Honduras



Por otra parte, también se citan algunas causas indirectas de las presiones y amenazas a estos ecosistemas como por ejemplo: pobreza, falta de oportunidades de empleo y recursos de los pobladores locales; existencia de costumbres arraigadas en las personas usuarias de los recursos, que provocan su utilización indiscriminada; desarrollo turístico no planificado o regulado en la zona; falta de acuerdos y direccionamiento concertado del desarrollo de la región debido a los conflictos de uso de los recursos naturales entre diferentes grupos interesados; y, finalmente migración y el crecimiento de la población en asentamientos en la zona costera (Trejos, 2011).

4.5.4. Nicaragua

Con casi **130,000 kilómetros cuadrados** Nicaragua representa el país más extenso de la región centroamericana, así como uno de los pocos que alberga dos de las más grandes extensiones de bosque en toda la región (BOSAWAS y la Reserva del Sureste); sin embargo y a pesar de contar con una de las mayores extensiones de bosque este también ha sido una de las más amenazadas de toda la zona de estudio (figura 27).

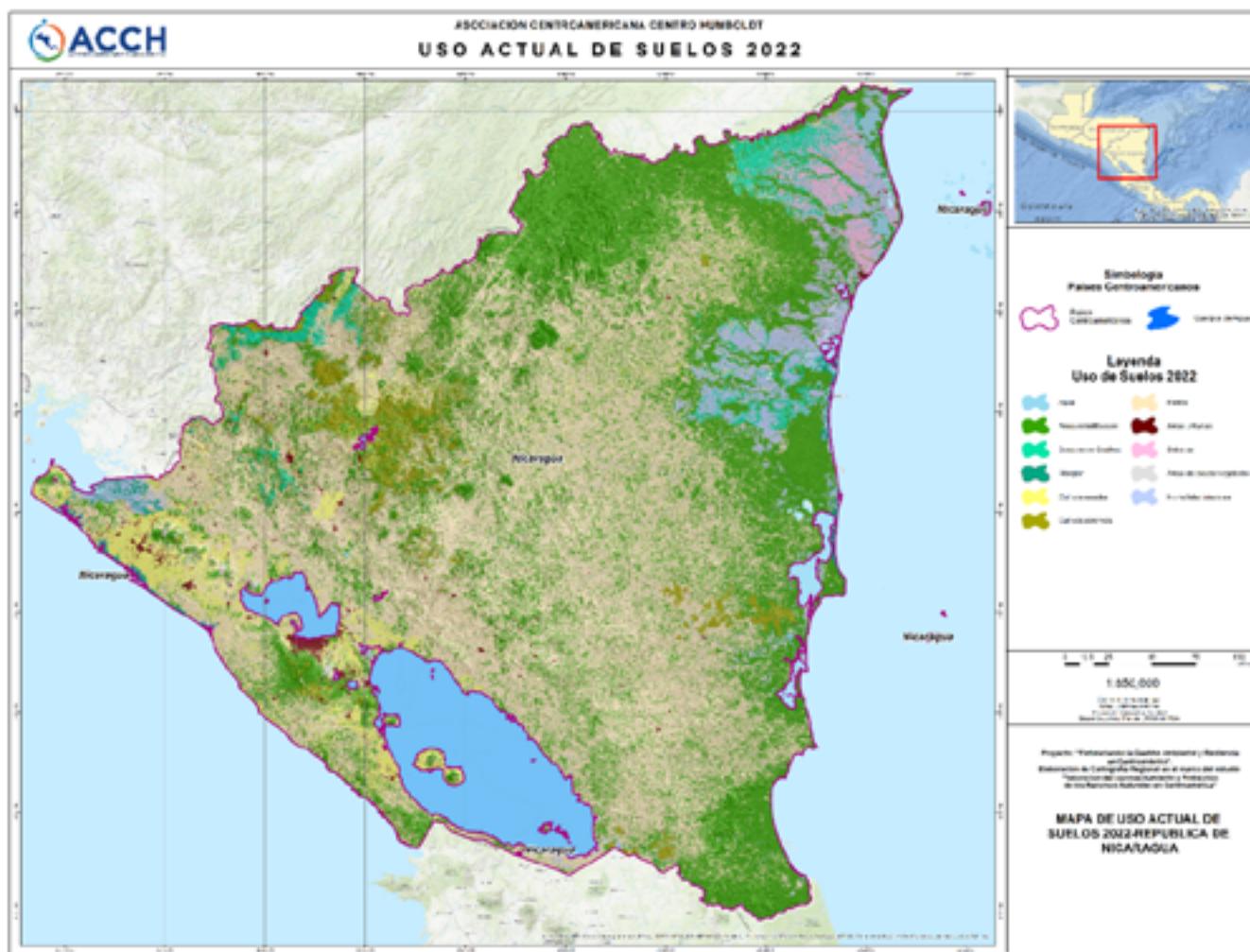


Figura 27. Mapa de Uso de suelos 2022, Republica de Nicaragua

Nicaragua cuenta con 11 de las 14 categorías de uso de suelos identificadas para la región centroamericana, de estos los bosques representan el 25 % de la superficie total del país lo que equivale a poco más de 3 millones de hectáreas (ver cuadro 8), por otra parte la categoría de Bosques de conífera representaría uno de los usos más afectados ya que estos apenas representan el 2 % de la superficie total nacional, siendo estos uno de los usos de suelos más afectados por la deforestación y el cambio de uso de suelos.

Cuadro 8. Resumen de Uso de suelos 2015 - 2022

Clases uso	Área 2015 (%)	Área 2015 (%)	Área 2022 (ha)	Área 2022 (%)
Agua	1,096,425.54	8.47%	1,116,596.43	8.62%
Bosques latifoliados	5,020,968.24	38.78%	3,304,191.68	25.52%
Bosque de Conífera	354,587.13	2.74%	284,462.37	2.20%
Manglar	79,940.16	0.62%	69,835.59	0.54%
Cultivos anuales	481,323.96	3.72%	590,220.72	4.56%
Cultivos perennes	193,922.82	1.50%	321,788.97	2.49%
Pastos	5,135,803.11	39.66%	6,521,611.96	50.37%
Áreas Urbanas	64,708.83	0.50%	99,566.64	0.77%
Sabanas	199,038.33	1.54%	164,916.54	1.27%
Suelos sin vegetación	12,257.19	0.09%	24,624.99	0.19%
Humedales	309,663.90	2.39%	450,823.32	3.48%

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a los Usos productivos el 50 % de la superficie nacional se encuentra dedicada para la siembra de pastos para ganadería, este valor nos muestra el nivel de importancia que la ganadería tiene actualmente para el país, por otra parte, los cultivos agroindustriales ocupan el 2.5 % de total del país estos se concentran principalmente en Maní, Caña de Azúcar y Palma aceitera.

4.5.4.1. Dinámica de cambio Nacional

Al realizar el comparativo con el año base (2015) podemos observar que la categoría de Bosques latifoliados se redujo considerablemente pasando de ocupar el 38 % del territorio nacional a tan solo el 25 % de la superficie nacional esto supone una disminución de más de 1 millón de hectáreas en un periodo de siete años; por otra parte, la categoría de pastos dio avances increíbles pasando de ocupar el 30 % del área nacional ha el 50 % actualmente. Los bosques mayormente conservados en todo el territorio nacional han sido los que históricamente han sufrido estas disminuciones específicamente las reservas de Biosfera y los bosques del norte y Atlántico del país (ver figura 28).

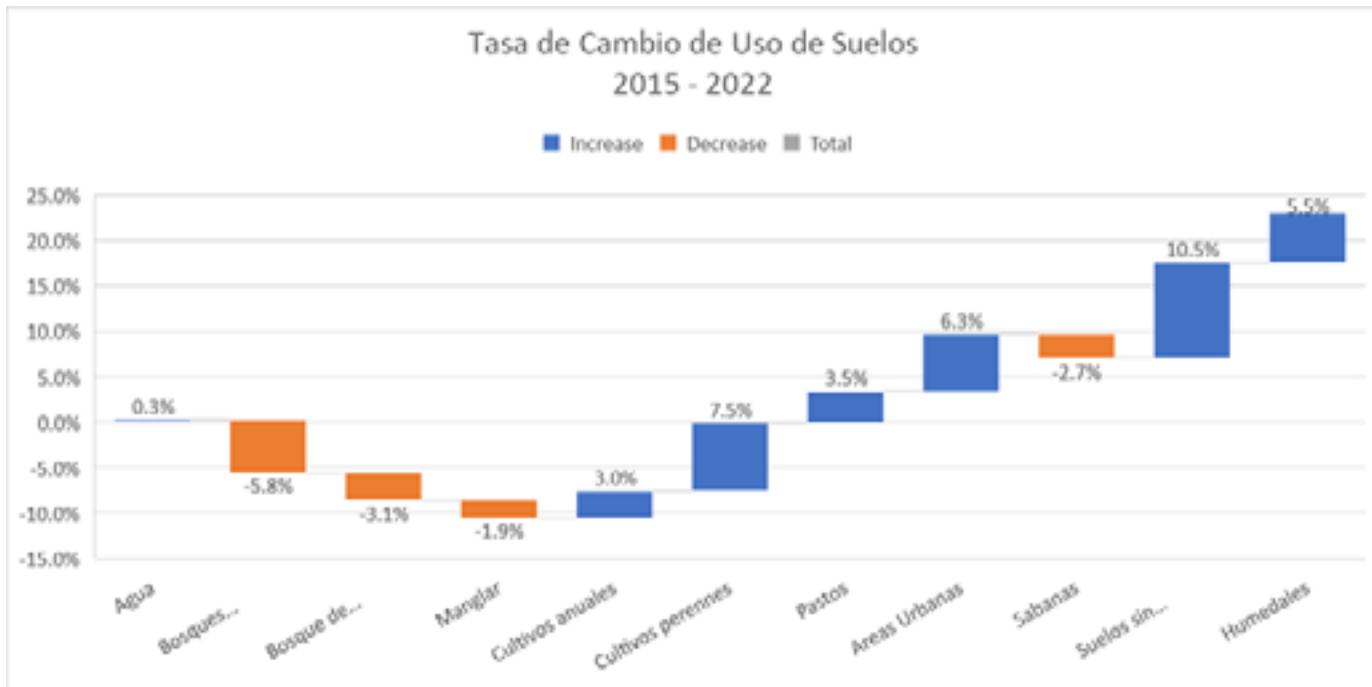


Figura 28. Dinámica de cambio de Uso de suelos 2015 - 2022

Cabe mencionar de igual manera la expansión de cultivos agroindustriales los cuales pasaron de ocupar casi el 3 % de la superficie anual; si analizamos los datos de tasa de deforestación históricos Nicaragua ha sido uno de los países con mayor índice de perdida de bosque ya que durante el año 2011 esta se encontraba en tercer lugar entre los países de la región con una tasa de deforestación promedio anual del 4 % (FAO, 2018).

Actualmente la tasa de deforestación para bosques en el país es -5.8 % lo que la sitúa en primer lugar como los países de mayor deforestación de toda la región centroamericana. Para poder entender de una mejor manera se presenta el siguiente cuadro con los agentes de la deforestación y sus potenciales causas:



Cuadro 9. Causa y Agentes de la deforestación en Nicaragua

Agentes de la deforestación	Vínculos o Impactos	Periodo de inicio
Agricultura de Subsistencia	Descombran el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y otros cultivos para la venta	Inicios de la década del 2000
Agricultura industrializada	La agroindustria concentra grandes tierras para la producción extendiendo así la deforestación en diversas zonas del país	A partir de la década del 2000
Pastoreo de ganado menor y mayor	Las intensas actividades de pastoreo de ganado conducen a la deforestación, en muchas ocasiones estos desplazan a la agricultura de subsistencia	Intensificado a partir del 2007
Industria Maderera	Cortan árboles maderables, comerciales; los caminos que abren los madereros permiten acceso a otros usuarios de la tierra.	A partir de la década del 2000
Industria minera y petroleros	Los caminos y líneas sísmicas proporcionan acceso al bosque y a otros usuarios de la tierra; sus operaciones incluyen la deforestación localizada	Intensificado a partir del año 2005

Fuente: Espinales et.al, 2011

4.5.5. Costa Rica

Finalmente, con alrededor **51,000 kilómetros cuadrados** Costa Rica es el segundo país más pequeño de la región centroamericana superado únicamente por El Salvador como el de menor extensión territorial; a pesar de tener poca extensión territorial este país es uno de los pocos que se ha caracterizado por tener una baja tasa de deforestación sostenida en el tiempo llegando a tener menos del 1 % de perdida de bosque anual según datos de la FAO (FAO, 2018).

Al igual que su homólogo del Norte en Costa Rica se identificaron once de las catorce categorías de usos de suelos preestablecidas para la región, de estas el 46.29 % del área total se encuentra ocupada por la categoría de bosques latifoliados lo que significa más de dos millones de hectáreas dedicadas a la recuperación de Bosques a nivel nacional, este porcentaje representa uno de los más altos dentro del área de estudio (ver cuadro 10).

Cuadro 10. Resumen de categorías de Uso de suelos, Republica de Costa Rica

Clases uso	Área 2015 (%)	Área 2015 (%)	Área 2022 (ha)	Área 2022 (%)
Agua	41,080.50	0.80%	30,824.28	0.60%
Bosques latifoliados	2,983,895.73	58.44%	2,363,431.95	46.29%
Manglar	18,845.01	0.37%	17,893.35	0.35%
Cultivos anuales	332,352.09	6.51%	283,648.86	5.56%
Cultivos perennes	667,657.98	13.08%	1,012,621.23	19.83%
Pastos	604,884.15	11.85%	1,149,562.26	22.51%
Áreas Urbanas	101,253.33	1.98%	51,257.61	1.00%
Páramos	24,712.20	0.48%	10,580.40	0.21%
Suelos sin vegetación	43,745.58	0.86%	10,475.01	0.21%
Humedales interiores	221,681.61	4.34%	83,697.66	1.64%
Humedales costeros	65,693.61	1.29%	91,809.18	1.80%

Fuente: Elaboración propia

Este comportamiento ha sido el resultado de una política de protección prolongada de los recursos naturales así como de la transformación de la matriz económica la cual paso de ser casi dependiente de la agricultura en la década de los 80 a estar compuesta por una matriz mixta en la que el turismo y la conservación de los espacios naturales juegan un papel fundamental; según datos del Banco mundial la economía radica básicamente en el turismo, la agricultura y la exportación de equipos electrónicos y los servicios (Banco Mundial, 2022).

A pesar de esto, la industria agropecuaria continúa siendo importante para los ingresos por exportaciones de Costa Rica, entre los principales rubros se encuentran: banano, el café, el azúcar, el cacao y la piña; destacando la producción de café costarricense de alta calidad y su exportación al mercado estadounidense en donde es muy apreciado (Banco Mundial, 2022).



Este comportamiento se puede ver reflejado en las cifras de uso de suelos ya que alrededor del 19.83 % del área total del país ha sido destinada a la producción de cultivos agroindustriales y un 22.51 % a la producción de pasto para ganadería; esto en su conjunto hace que el 42.3 % del total de la superficie de Costa Rica se encuentre dedicada a cultivos y pastoreo para la ganadería (ver figura 29).



Figura 29. Mapa de Uso de suelos de Costa Rica

4.5.4.1. Dinámica de cambio Nacional

A pesar de que Costa Rica tiene políticas sólidas para la protección y conservación de los ecosistemas este no está exento de la perdida de bosque, para el año 2015 los bosques cubrían el 58 % del área total del país sin embargo estos se redujeron casi un 15 % en un periodo de siete años lo que supone un área total de pérdida de más de 620,000 hectáreas.

La tasa de deforestación se mantiene entre las más bajas de Centroamérica (3 % de deforestación para el periodo evaluado) mientras que para este mismo periodo la categoría de pastos y cultivos agroindustriales duplicaron su extensión lo que a su vez redujo considerablemente la masa forestal nacional.

Al realizar un recorrido histórico por el país se observa que para el año 1980 aproximadamente el 83 % estaba cubierto con bosque, para el año 1990 disminuyó al 76 %, luego en el 2000 nuevamente disminuyó cubriendo el 70 %; actualmente la cobertura de bosques se mantiene en un 58 % del total del país (CEPAL & CAC-SICA, 2020).

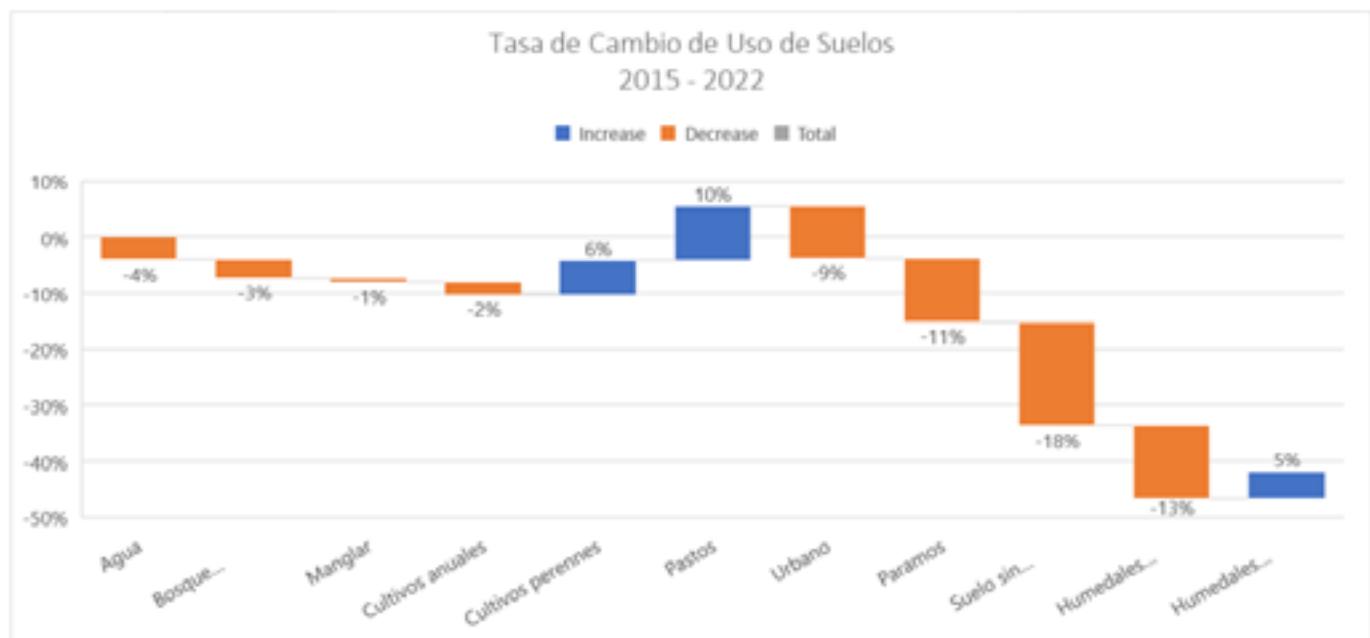


Figura 30. Dinámica de cambio de Uso 2015 - 2022

La industria de Piña ha ganado auge en los últimos años y ha representado uno de los principales productos de exportación para el país superando el 45 % de todas las exportaciones agropecuarias de este país; sin embargo, este auge en el cultivo ha traído consecuencias ambientales severas principalmente para los ecosistemas forestales.

De acuerdo con datos de imágenes satelitales de 2017 tomadas por la UCR, se evidencio que alrededor de 3,824 hectáreas de cultivo de piña fueron sembradas en áreas silvestres protegidas y 16, 385 hectáreas en zonas de humedal (M. Guevara, 2021). Otros estudios revelaron que más de 5,500 hectáreas de bosque se convirtieron ilegalmente a la producción de piña entre 2000 y 2015; estos análisis respaldan los análisis realizados sobre la deforestación y sus principales causas a nivel nacional.

Al calcular la tasa de deforestación por categoría encontramos que los bosques latifoliados han mantenido una tasa de deforestación del 3 %, siendo esta la más baja si se la compara con los otros países de la región. A pesar de que los bosques han sufrido pérdidas significativas durante el periodo evaluado existen dos categorías que han tenido disminuciones drásticas, la primera son los Páramos los cuales han mantenido una tasa de deforestación del 11 % y finalmente los humedales los cuales han perdido el 13 % de su superficie.

Cuadro 11. Definición de Páramos para Costa Rica

Los páramos se definen como ecosistemas de alta montaña ubicados en regiones tropicales y subtropicales, especialmente en América Latina, principalmente en países como Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Costa Rica. Estos ecosistemas se encuentran entre el límite superior del bosque y el límite de la nieve en altitudes que van desde aproximadamente 3,000 a 5,000 metros sobre el nivel del mar y son de vital importancia ya que juegan un papel fundamental en la regulación del ciclo hidrológico y el almacenamiento de carbono.

Fuente: Elaboración Propia



Por otra parte, los humedales tienen una amplia importancia debido a que estos almacenan carbono y son pieza clave en la regulación del ciclo hidrológico; además de poseer una amplia diversidad biológica la cual puede considerarse única. Tanto los humedales como los ecosistemas de páramos han perdido más de 130,000 hectáreas en un periodo de siete años.

5. IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Para poder realizar un análisis integral de los principales impactos procedentes de los cambios en el uso de suelos centraremos el enfoque principalmente en elementos claves, los impactos en los bosques, los ecosistemas y el conflicto de uso de suelos; bajo este enfoque se pondrá especial énfasis a los impactos conjuntos para toda la región destacando algunos datos relevantes según sea el caso.

5.1 Ecosistemas y áreas protegidas

Partiendo de la información obtenida por los mapas de "Word Wide Fund for Nature" (WWF por sus siglas en inglés) del año 2018 (año base), se calcularon las trasformaciones que han sufrido las ecorregiones de la zona de estudio, comparándola con las imágenes del 2022. El análisis se centró en las tres categorías de uso con mayor peso en las transformaciones: pastos, cultivos anuales y cultivos perennes.

Cuadro 12. Cambio de uso por ecorregiones 2018 - 2022

Ecorregiones de Centroamérica	KM ² 2018	Pastos	Cultivos Anuales	Cultivos Perennes	Remanentes Boscosos	% Transformado
Bosque de Pino-Encino centroamericano	95,039.80	20,953.67	15,200.31	16,002.63	34,505.95	54.87%
Bosque Húmedo del Atlántico Centroamericano	89,277.86	26,599.50	9,105.99	10,455.80	39,398.87	51.70%
Bosque Seco Centroamericano	62,967.89	23,727.82	14,044.38	8,506.02	12,474.72	73.49%
Bosque seco-depresión de Chiapas	890.87	148.81	142.41	178.63	251.19	52.74%
Bosques húmedos de Petén-Veracruz	47,876.45	15,080.58	5,814.33	7,848.88	11,148.79	60.03%
Bosques Húmedos del Istmo-Pacífico	9,016.46	2,334.47	6.31	2,126.05	4,292.85	49.54%
Bosques húmedos estacionales de CR/NIC	10,493.53	2,807.38	690.21	2,432.60	4,009.37	56.51%
Bosques Húmedos Ístmico-Atlánticos	34,847.35	14,928.79	1,747.06	2,794.47	14,252.78	55.87%
Bosques Montanos Centroamericanos	13,220.77	1,244.03	1,133.94	3,211.40	6,238.11	42.27%
Bosques Montanos de Talamanca	9,137.17	879.99	246.97	917.46	6,945.54	22.37%
Manglares del Pacífico sur de Mesoamérica	3,962.24	608.04	680.35	371.15	1,470.43	41.88%
Manglares Mesoamericanos del Caribe	5,569.08	307.53	356.05	420.02	1,312.19	19.44%
Matorral espinoso del Valle del Motagua	2,327.17	570.37	519.30	274.26	602.48	58.60%

Fuente: Elaboración Propia



Como muestran los datos, los porcentajes de transformación en la gran mayoría superan el 50 %. Un 30% es atribuible a la transformación en pastos y un 20% a cultivos anuales y perennes. El cambio más drástico se observa en el bosque seco centroamericano en donde la transformación es superior al 70 %, seguido de los bosques húmedos del Petén en Guatemala en donde el porcentaje ronda el 60 %.

En el rango de los 50 y 60 % están el Bosques Húmedo del Atlántico, el Bosque Húmedo estacional entre Costa Rica y Nicaragua y el Bosques Húmedo del Atlántico. Estas transformaciones están afectando seriamente áreas de gran importancia ecológica como son las Reservas de Biosfera. Los cuadros siguientes muestran las transformaciones más importantes basándose en los tres tipos de bosques de mayor relevancia para la región centroamericana:

Cuadro 13. Cambios significativos en Bosques de Pino

Ecorregión / Uso	Área Km ²	(%)
Bosque de Pino-Encino Centroamericano	94,598.15	100%
Bosques latifoliados	13,020.50	13.8%
Cultivos anuales	15,200.31	16.1%
Cultivos perennes	16,002.63	16.9%
Pastos	20,953.67	22.2%

El 33% del Bosque de Pino-Encino está actualmente ocupado por cultivos anuales y perennes y el 22.2 % por pastos.

Cuadro 14. Cambio Significativo en Bosque húmedo

Ecorregión / Uso	Área Km ²	(%)
Bosque húmedo del Atlántico centroamericano	88,021.80	100%
Bosque de Conífera	1,868.90	2.1%
Bosque latifoliado	34,914.27	39.7%
Bosque mixto	2,615.70	3.0%
Cultivos anuales	9,105.99	10.3%
Cultivos perennes	10,455.80	11.9%
Pastos	26,599.50	30.2%

El 30.2 % del área original del Bosque Húmedo ha sido transformado para el uso ganadero. El 22.2 % está actualmente ocupado por cultivos perennes y anuales.

Cuadro 15. Cambios significativos en Bosque húmedo estacional

Ecorregión / Uso	Área Km ²	(%)
Bosques húmedos estacionales de CR/NIC	10,438.43	100%
Bosques latifoliados	4,009.37	38.4%
Cultivos anuales	690.21	6.6%
Cultivos perennes	2,432.60	23.3%
Pastos	2,807.38	26.9%

Las grandes transformaciones en esta ecorregión han ocurrido por el establecimiento de pastos (26.9%) y cultivos perennes (23.3%). La pérdida de bosque rondaba el 50% de la en 2018.

La degradación y fragmentación de los ecosistemas ha causado la pérdida de fertilidad de los suelos, el aceleramiento de procesos erosivos, así como una pérdida de capacidad de recarga de los acuíferos y la reducción de los servicios ecosistémicos, aumentando la vulnerabilidad ecológica y social de los territorios analizados.

En lo que respecta a las áreas protegidas el mapa elaborado por UICN en el 2017 obtuvo resultados alarmantes y se puede concluir que las masas boscosas de estas áreas en la Región han disminuido drásticamente entre 2015 y 2022, calculándose una impresionante pérdida de 612,742.54 Ha. al igual que los Humedales y Manglares los cuales se vieron mayormente afectados por esta pérdida (ver anexo 10).

Cuadro 16. Cambio de Uso en áreas protegidas

Categoría de Uso	Área 2015 (ha)	Área 2022 (ha)	Cambio 2015 – 2022
Bosques	6,954,041.58	6,341,299.05	-612,742.54
Cultivos	1,684,715.67	1,864,524.60	179,808.93
Pastos	2,381,708.82	2,894,352.85	512,644.04
Humedales	786,528.91	769,632.58	-16,896.33
Manglar	185,882.13	161,664.06	-24,218.07
Total, Has.	11,992,877.11	12,031,473.14	





5.2 Conflicto de Uso de Suelos

5.2.1. Aspectos generales de la confrontación regional

Podemos definir el conflicto de uso de suelos como “**el desequilibrio entre las necesidades de producción de alimentos sostenibles y la conservación de estos, tomando en consideración el manejo de los ecosistemas naturales**”; esto a su vez involucra un enfoque mucho más dinámico lo que a su vez incluye la lucha contra la desertificación y el cambio climático (FAO, 2005). Dicho de otra manera, el conflicto de uso de suelos se da en una región específica cuando se excede el potencial natural de los suelos con prácticas agronómicas que no son adecuadas, así como las condiciones propias de la zona en desarrollo.

Partiendo de esta premisa y utilizando los datos recopilados tanto de uso potencial de suelos como de uso actual para la región centroamericana se generó el mapa regional de conflicto de uso de suelos (USDA, n.d.); para este análisis se definieron tres categorías de conflicto de uso de suelos las cuales se definen a continuación:

- **Categoría Adecuada:** Esta categoría se asigna cuando existe una correspondencia entre el uso potencial de suelos de una zona con su uso actual, por ejemplo, áreas cuyo potencial sea agrícola y que se encuentren utilizados con este mismo propósito ya sean estos “*cultivos anuales*” o “*perennes*”.
- **Categoría Subutilizada:** Esta categoría se asigna a una zona cuando su ocupación actual se encuentra por debajo de su potencial productivo o si por el contrario estas zonas se encuentran desaprovechadas o en descanso, por ejemplo, zonas clasificadas como “*suelo sin vegetación*” pero que tienen un potencial “*agroforestal*” o “*silvopastoril*”.
- **Categoría Sobre utilizada:** Finalmente esta categoría se asigna a zonas que están siendo aprovechadas más allá de su potencial productivo o zonas que se encuentran clasificadas con potencial de conservación, sin embargo, están siendo utilizadas excesivamente, por ejemplo, áreas clasificadas con potencial de “*Conservación*” pero que están siendo utilizadas para “*usos agrícolas intensivos*”

Adicionalmente y para mejorar la precisión del análisis elaborado se filtraron las zonas de cuerpos de agua que pudieran coincidir con alguna categoría cercana a estos cuerpos de agua y se codificaron con las iniciales “ND” (No Determinado), esto para poder disminuir el sesgo en los análisis realizados a nivel de la región centroamericana. Para efectos del análisis presentado esta categoría fue eliminada mostrando únicamente la clasificación previamente descrita.

5.2.2. Resultados del conflicto de Uso regional

De acuerdo con los datos analizados la región centroamericana presenta más del 50 % del total de su superficie con un correcto uso de suelos, compatibilizando los usos potenciales y actuales de la región (ver figura 31); estas zonas en su mayoría representan las zonas agrícolas del pacífico las cuales tienen un alto potencial productivo y que en su mayoría se están utilizando para este fin.

Por otra parte, los remanentes de bosque presentes especialmente en las áreas protegidas en su mayoría se encuentran compatibilizados con los potenciales de conservación estudiados para la región, específicamente las zonas que se encuentran en la costa caribe sur de la región, así como el área correspondiente a la cadena montañosa de la región.

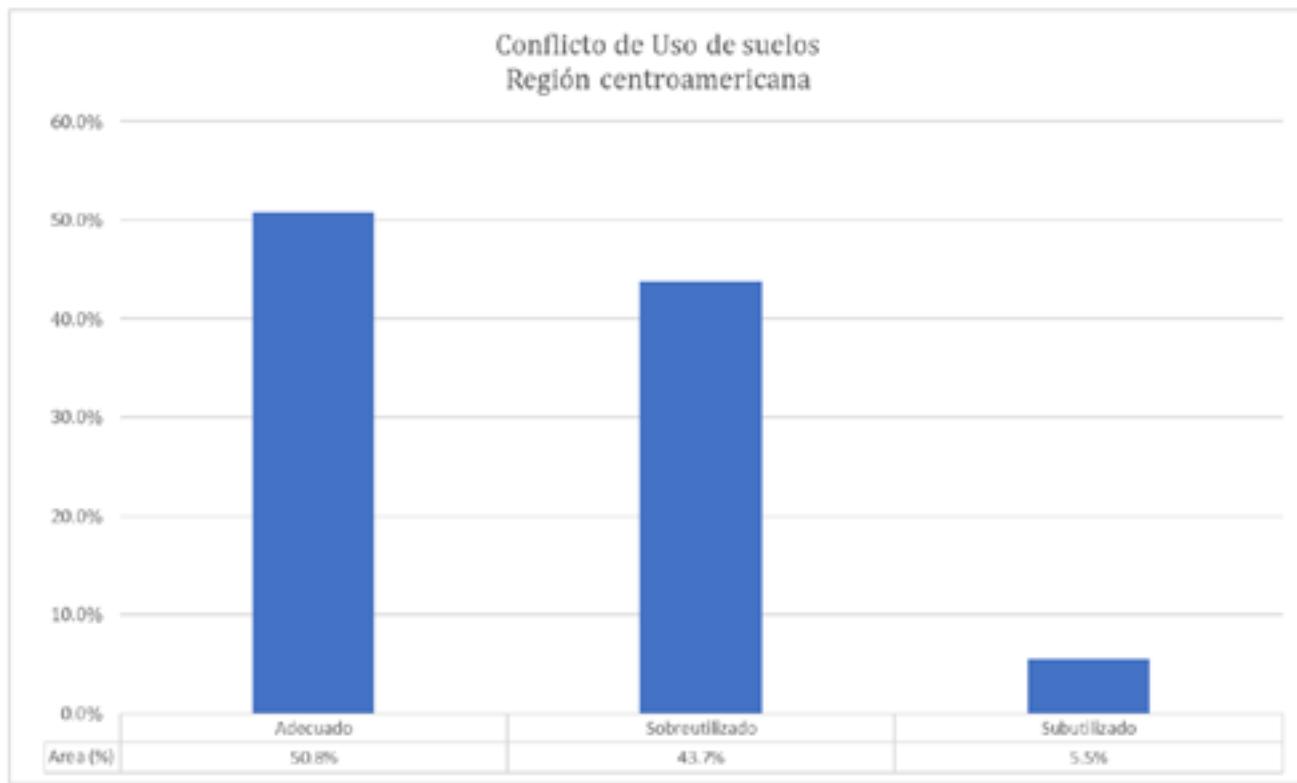


Figura 31. Distribución de Conflicto de Uso de suelos de la región



A pesar de que la mayor parte de la región centroamericana aún se encuentra bajo usos adecuados de suelos tanto productivos como de conservación, es alarmante la creciente sobre utilización de los suelos específicamente la expansión de áreas de cultivos agroindustriales en zonas con potencial forestal o para conservación, en este sentido más del 40 % de la región centroamericana se encuentra con una sobre utilización de uso de la tierra (ver anexo 11).

Al analizar particularmente cada uno de los países que conforman el área de estudio podemos notar que Nicaragua se encuentra en primer lugar entre los que mayor conflicto de uso reflejan en su superficie seguida de Honduras en segundo lugar y finalmente Guatemala en tercer lugar de las áreas que reflejan mayor conflicto (ver figura 32). Finalmente, Costa Rica y El Salvador presentan los menor índices de conflicto y sobre utilización de la tierra.



Figura 32. Comparación del conflicto de uso de suelos por país

En términos espaciales la sobre utilización de la tierra en las zonas previamente afectadas se concentra principalmente en el centro de cada país, siguiendo un patrón casi sincrónico con el avance de la frontera agrícola particular para cada país y el cual fue previamente descrito en el capítulo anterior, salvo el caso de Honduras cuyas zonas de sobreutilización se encuentran distribuidas más en la zona centro y caribe, abarcando gran parte de los ecosistemas de Pino del país. Por otra parte, Guatemala concentra sus áreas de conflicto más en la zona norte en dirección hacia la zona de la reserva de Biosfera Maya (anexo 11).

A pesar de que Costa Rica tiene muy pocas zonas de conflicto cabe la pena mencionar las zonas fronterizas al margen del Río San Juan, estas zonas han sido aprovechadas para zonas de cultivos agroindustriales lo que entra directamente en sobre explotación ya que esta zona tiene un potencial específicamente forestal o de conservación de los recursos naturales.



5.3 Incendios forestales

Tomando como referencia el monitoreo de incendios forestales y quemas agrícolas realizado por la plataforma FIRMS⁵ (**Fire information for resources management**) de NASA, esta indica que para la región se identificaron más de 60,000 incendios en toda la región, de los cuales más de 22,000 se registraron en Honduras lo que equivale al 35.6 % del total de los incendios en toda la región, Guatemala estuvo en segundo lugar con 19,000 incendios confirmados lo que equivale al 31 % del total de incendios registrados; finalmente Nicaragua se ubicó en tercer lugar con el 25 % de los incendios anuales para la región. En lo que respecta a Costa Rica y el Salvador estos fueron los que menos registros tuvieron con menos de 2000 incendios respectivamente (ver figura 33).

⁵ <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:today;@-0.0,0,0,3.3z>

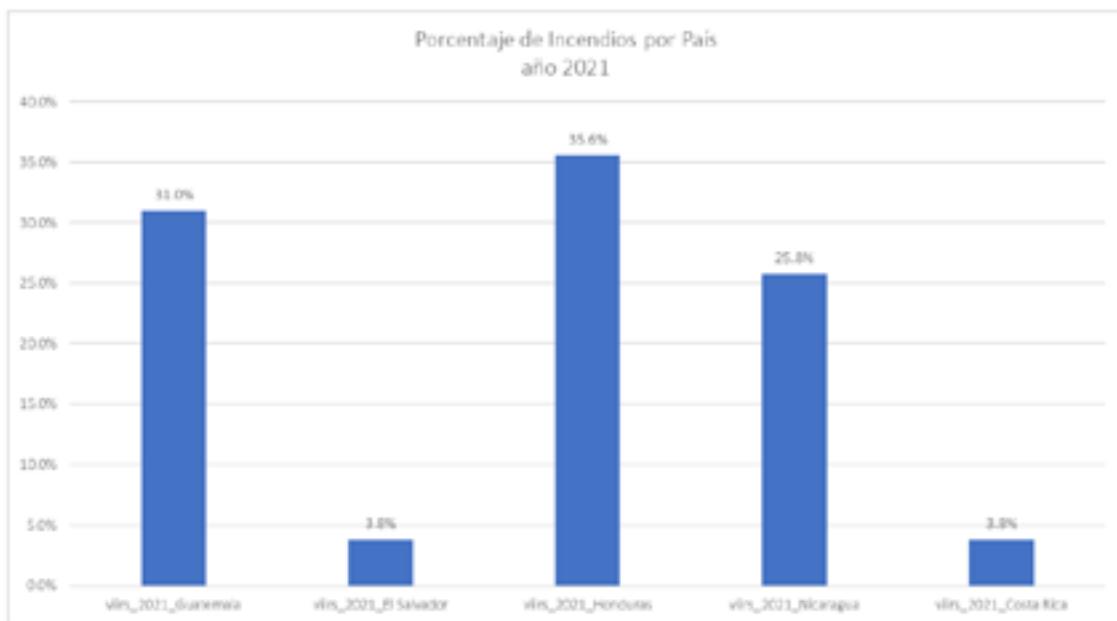


Figura 33. Porcentaje de incendios forestales por País

Del total de incendios registrados por la plataforma el 62.7 % se concentraron en los meses de abril y mayo, mientras que el 13 % restante se concentró en el mes de marzo. Julio y agosto fueron los meses que tuvieron menor incidencia de incendios (ver figura 34); cabe destacar que el mes de mayo tuvo una mayor incidencia de incendios situándose como el segundo de mayor impacto esto representa un dato anómalo ya que con la llegada de la estación lluviosa en mayo la cantidad de incendios debería de haber disminuido, sin embargo, se mantuvo casi al mismo nivel que el mes más caliente (abril).

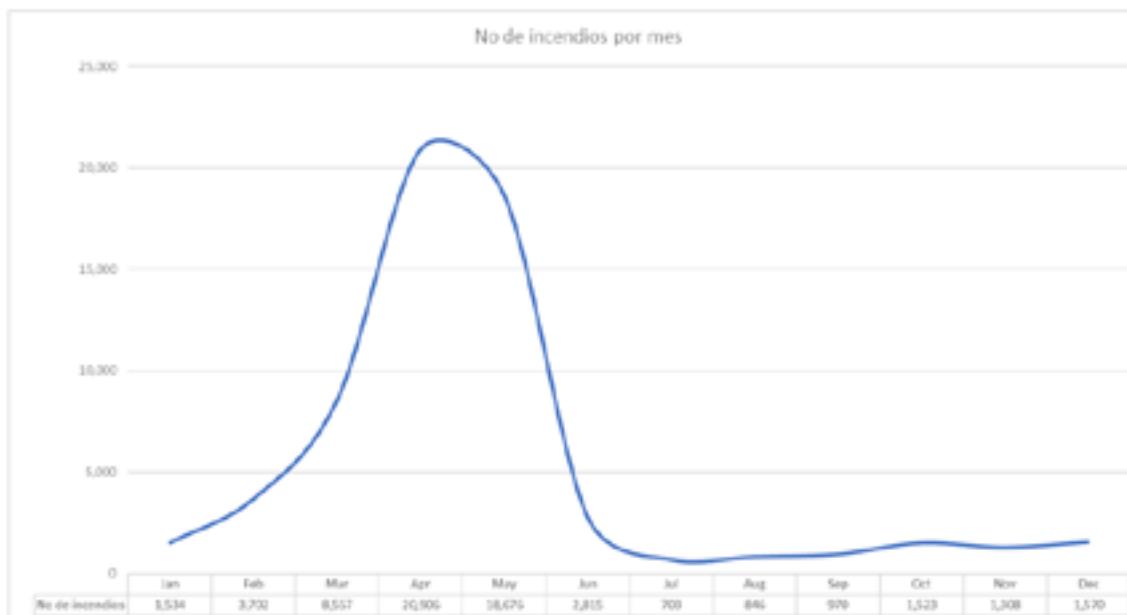


Figura 34. distribución de Incendios por Mes

Analizando la frecuencia, intensidad y distribución de los incendios registrados en toda la región para el año 2021 podemos encontrar un claro patrón de expansión hacia las áreas naturales protegidas (ver figura 35), más del 90 % de la concentración de los **Hotspot**⁶ o puntos de calor siguen la tendencia de expansión hacia la zona norte de Guatemala, afectando las áreas de humedales del norte del país.

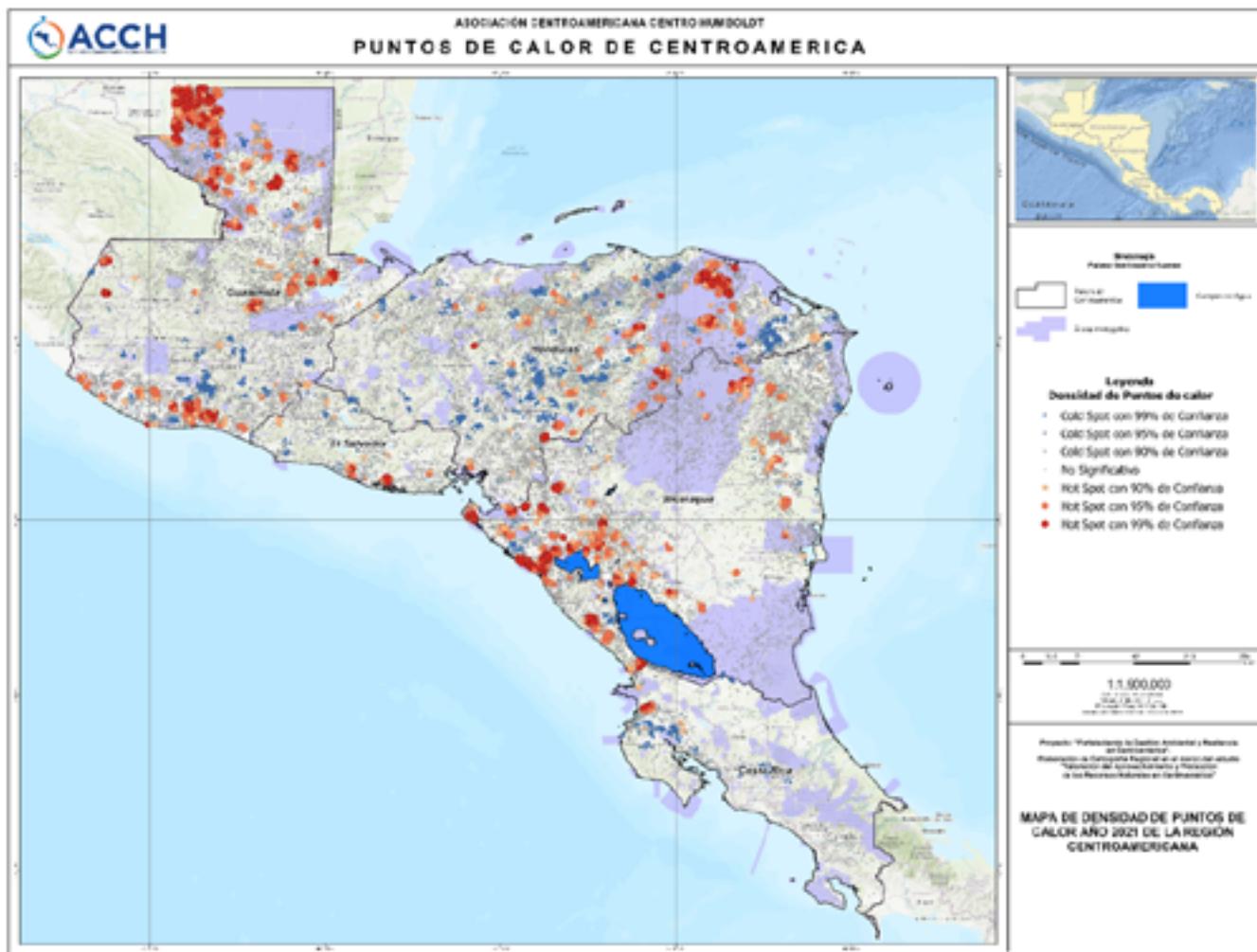


Figura 35. Densidad de Puntos de calor, año 2021

⁶ Hotspot: Análisis realizado para determinar la concentración de uno o varios valores dentro de una población o muestra.

Por otra parte, tenemos un segundo frente que se abre paso por la zona costera del pacífico y se extiende entre Guatemala y El Salvador, el tercer frente de avance de los incendios se concentra en la zona de la mosquita hondureña así como la zona de la reserva de Biosfera de BOSAWAS esta franja se extiende desde el atlántico norte hasta bajar hacia el sur en la reserva de Biosfera del Sur este; en el caso de Nicaragua toda la franja del pacífico se encuentra concentrada afectando principalmente las áreas protegidas de la franja de los volcanes.

A como se mencionó anteriormente tanto Costa Rica como el Salvador tienen la menor cantidad de incendios registrados en sus respectivos territorios, esto hace que la zona tenga una baja concentración de estos; en el caso de El Salvador estos se concentren puntualmente en la zona del pacífico extendiéndose hasta el Golfo de Fonseca mientras que en el caso de Costa Rica estos únicamente se concentran en la zona cercana a Guanacaste y Nicoya.

Finalmente, los datos de temperatura y brillo brindados por el satélite nos indican que la media de temperatura alcanzada en los incendios forestales fue de 60°C, concentrándose entre los valores de 37°C hasta los 93°C en el caso de las áreas más calurosas y por donde de mayor impacto provocado por estos fenómenos.

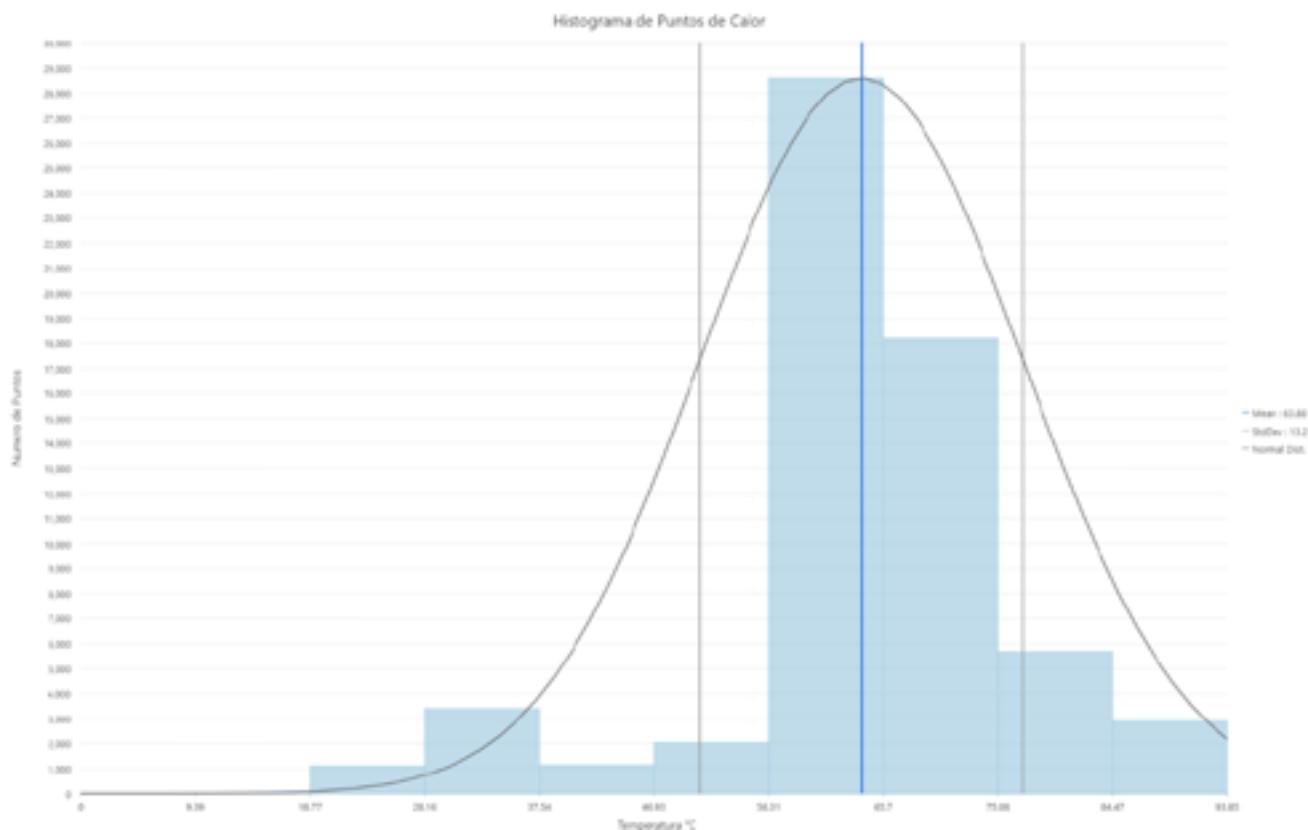


Figura 36. Distribución de los Puntos de calor



Adicionalmente el análisis nos permitió identificar que, de los 14 usos de suelos identificados, la mayor cantidad de incendios ocurren dentro de los bosques latifoliados (20.5 % de los incendios durante el periodo evaluado); aunque también los datos indican que una buena cantidad de los incendios se dan en áreas agrícolas (20.1 % de los incendios), mientras que el 19.2 % de los incendios afectan a los pastos y un 10.5% ocurren en los arbustales.

En general, los incendios agrícolas representan casi la mitad de los incendios detectados por satélites entre el periodo 2015 – 2022, mientras los incendios forestales representan un poco más que un tercio de los incendios. Los incendios en los arbustales representan casi el 20 % de los incendios de la última década, mientras incendios en áreas urbanas y en los humedales, combinados representan solo el 1 % de los incendios detectados (CEPAL & CAC-SICA, 2020).



6. CONSIDERACIONES FINALES

Una vez analizados los datos tanto de deforestación como de cambio de uso de suelos podemos analizar las siguientes consideraciones finales:

6.1 Conclusiones

- Existe una clara tendencia en la región hacia la deforestación la cual ha sido marcada por la expansión de las actividades extractivas como el desarrollo agroindustrial, la minería a gran escala y la extracción de madera.
- La categoría de bosques latifoliados ha sido una de las más afectadas en toda la región centroamericana, sin embargo, existen casos particulares en cada país, por ejemplo, en Honduras se vio mayormente afectada la categoría de Bosques de Pino y en Guatemala además de los Bosques las zonas de humedales.
- La expansión de monocultivos ha sido una de las principales causas de la deforestación en la región, entre los principales cultivos de expansión se encuentran: la Piña en Costa Rica, la palma aceitera, maní y caña de azúcar en Nicaragua, Honduras y Guatemala.
- La segunda causa de deforestación además del cambio de uso de suelos han sido los incendios forestales, de los cinco países tres de estos se encuentran altamente afectados por incendios forestales y quemas agrícolas.

- Más del 70% de la región tiene un alto potencial forestal, agroforestal y de conservación de los recursos naturales, esto contrasta directamente con el uso actual de la región.
- Guatemala, Honduras y Nicaragua se posicionan como los países con mayor conflicto de uso de la tierra, esto impulsado principalmente por los procesos de deforestación propios de cada país.
- Costa Rica resalta como uno de los menos afectados por la deforestación ya que mantiene la menor tasa de deforestación de la región; sin embargo, existen otros tipos de uso que fueron afectados como los páramos y las zonas de humedales.
- Tanto Costa Rica como El Salvador se mantienen como los países con menor cantidad de incendios forestales ya que ambos registran menos de 2000 durante el periodo evaluado.

6.2 Recomendaciones

- Se deben de implementar políticas y lineamientos que garanticen la estabilidad del sector forestal en toda la región.
- Se debe de dar especial énfasis a la pequeña agricultura y limitar el desarrollo de la agroindustria sobre todo en zonas protegidas y sitios de interés para la conservación de ecosistemas.
- Se debe de tomar acciones para disminuir la cantidad de incendios forestales y quemas agrícolas específicamente en los países mayormente afectados.
- Es importante fomentar el clima de cooperación entre países para atender el conflicto de usos de suelos como una prioridad regional.



7. LITERATURA CITADA

- AECID. (2020). *Análisis del Sector Agropecuario y Pesquero de El Salvador*.
- Ascención, R. B. (2019). *DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INUNDACIÓN EN CULTIVOS DE MAÍZ MEDIANTE TELEDETECCIÓN PARA ESTIMAR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN TABASCO* [Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias del Agua]. Universidad del Estado de México.
- Banco Mundial. (2022). Costa Rica: *Panorama general* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/country/costarica/overview>
- Banco Mundial. (2023). Honduras: *Panorama general* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/country/honduras/overview>
- Bolaños, K., Castillo, X., Torrez, R., Reyes, O., & Oviedo, C. (2015). *Guia Tecnica Sobre estado actual y maneno de la fertilidad de los Suelos agrícolas en el occidente del País*. file:///C:/Users/JGuevara/Desktop/Guia%20TECNICOS-FINAL.pdf
- Burga, M. (2016). *INCREMENTO DE LA DEFORESTACIÓN Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PÉRDIDA DE BIOMASA EN LOS BOSQUES DE LA PROVINCIA ALTO AMAZONAS DEL DEPARTAMENTO DELORETO, 2000-2014* [Tesis para optar el título de Licenciado en Ecología, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/107/BURGA-Incremento-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CEPAL, & CAC-SICA. (2020). *Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana*.
- FAO. (1996). Adaptacion de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO. In *Taller Regional sobre Aplicacion de la Metodología de Zonificación Agro-Ecologica y los Sistemas de Informacion de Recursos de la Tierra en America Latina y el Caribe*. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/zae/adapta.pdf
- FAO. (2001). Capítulo 4: Estimados de cobertura forestal y tasas de deforestación. In *CAUSAS Y TENDENCIAS DE LA DEFORESTACION EN AMERICA LATINA*. <http://www.fao.org/3/ad680s/ad680s05.htm>

FAO. (2005). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación.* http://www.fao.org/3/a0050s/a0050s_full.pdf

FAO. (2018). EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO 2018: Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. FOOD & AGRICULTURE ORG.

FAO. (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022.* FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>

Gibbs, H. K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M. K., Holmgren, P., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16732–16737. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910275107>

Guevara, J. A. (2022). Producto 1: Diagnóstico participativo con aportes de análisis de riesgo de desastres desde los sistemas de información geográfica. *In Asistencia Técnica de corto plazo para análisis de riesgo en base a Sistemas de Información Geográfico (SIG) para la prevención, preparación y reducción del riesgo de desastres – Nicaragua: Vol. I.*

Guevara, M. (2021, September 17). Environmental Impacts of Pineapple Plantations in Costa Rica. *Grow Jungles.* <https://growjungles.com/es/environmental-impacts-of-pineapple-plantations/>

Hengl, T., Mendes De Jesus, J., Heuvelink, G. B. M., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M. N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M. A., Vargas, R., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Leenaars, J. G. B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, 12(2), e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>

Hernandez, B., Garcia, B., Garrish, V., Cherrington, E., Picado, F., & Sempris, E. (2011). *Mapa Centroamericana de cobertura y uso de la tierra, cambios de cobertura y uso de la tierra 1980-1990-2000-2010.* CATHALAC / PREVDA. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.16349.82409>

ICEX. (2020). *Ficha técnica del Sector Agrícola en Guatemala*. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-exterior/america-central-caribe/2021fichaicexagricolaguatemala_tcm30-576578.pdf

MAG. (2018). *Política del Sector Ganadero, República de El Salvador*.

MIAMBIENTE. (2021). Impulsamos la reforestación y la restauración ecológica de manglares. *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. <https://marn.gob.sv/impulsamos-la-reforestacion-y-la-restauracion-ecologica-de-manglares/>

Molina, O. P., & Baldetti, R. (2020). *Política Ganadera Bovina Nacional*.

Reyes, H. O. P., Suazo, J. P., Mejía, D., Girón, I., Turcios, A., Reyes, C., Pagoada, C., Medina, I., Martínez, L., Marineros, L., Elvir, F., Vega, H., Hernández, J., Hernández, J., Vílchez, L., Rico, E., Mejía, M., & Inestroza, T. (2016). *DIVERSIDAD Y RIQUEZA PARA TRES SITIOS DEL BOSQUE DE PINO-ENCINO EN EL DEPARTAMENTO DE OLANCHO, HONDURAS*.

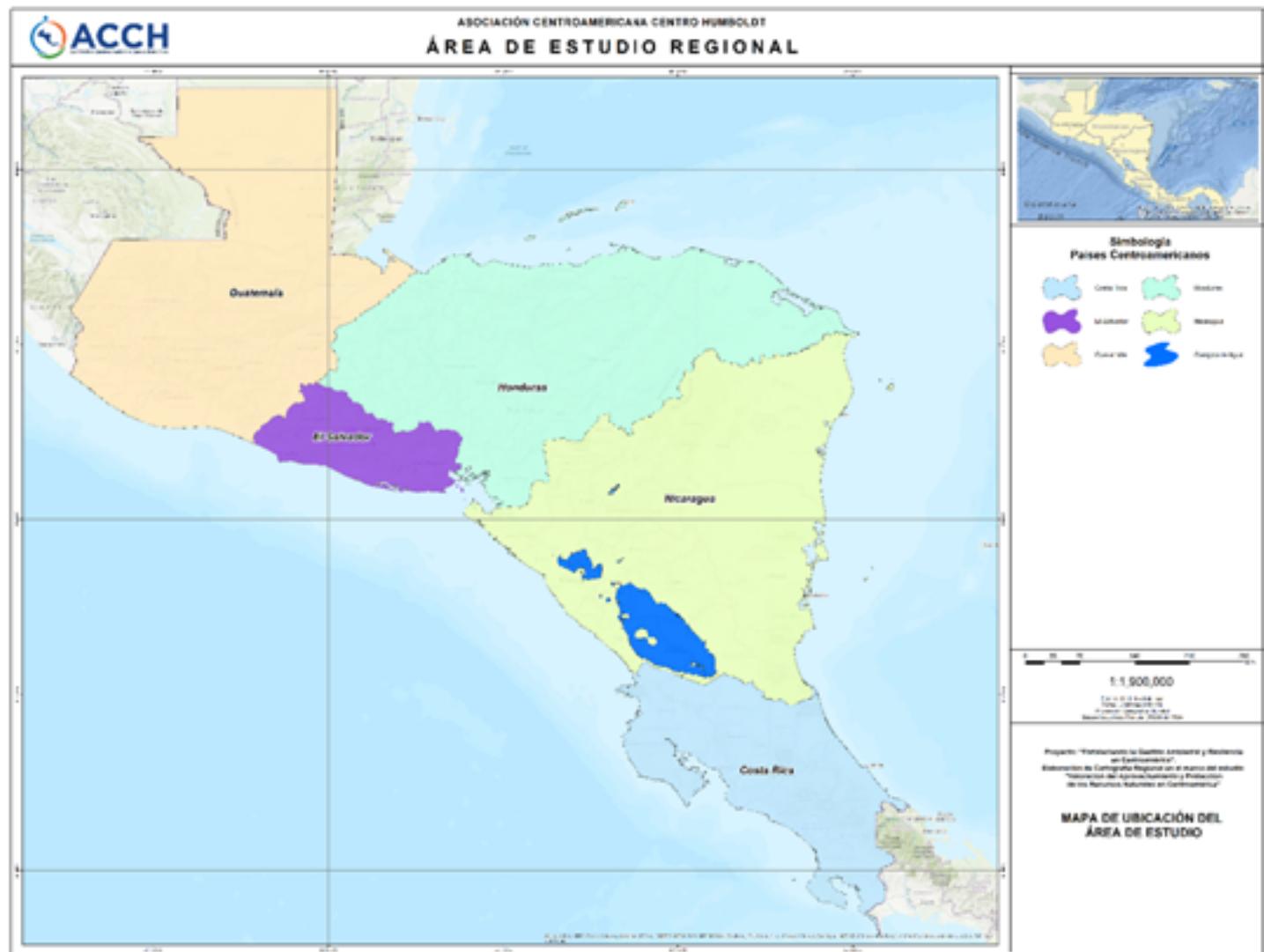
Suárez-Parra, K. V., Cély-Reyes, G. E., & Forero-Ulloa, F. E. (2016). Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espaciotemporal de coberturas: Caso microcuenca de la quebrada Mecha (Córbita, Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.21068/c2016v17r01a01>

Trejos, M. S. A. (2011). COBERTURA Y USO DE LA TIERRA EN EL ECOSISTEMA DE MANGLE Y ZONA ECOTONAL DEL CORREDOR DEL MANGLE, DESDE LA BAHÍA DE JIQUILISCO, EL SALVADOR, HASTA EL ESTERO PADRE RAMOS, JIQUILILLO, NICARAGUA. *El Salvador*.

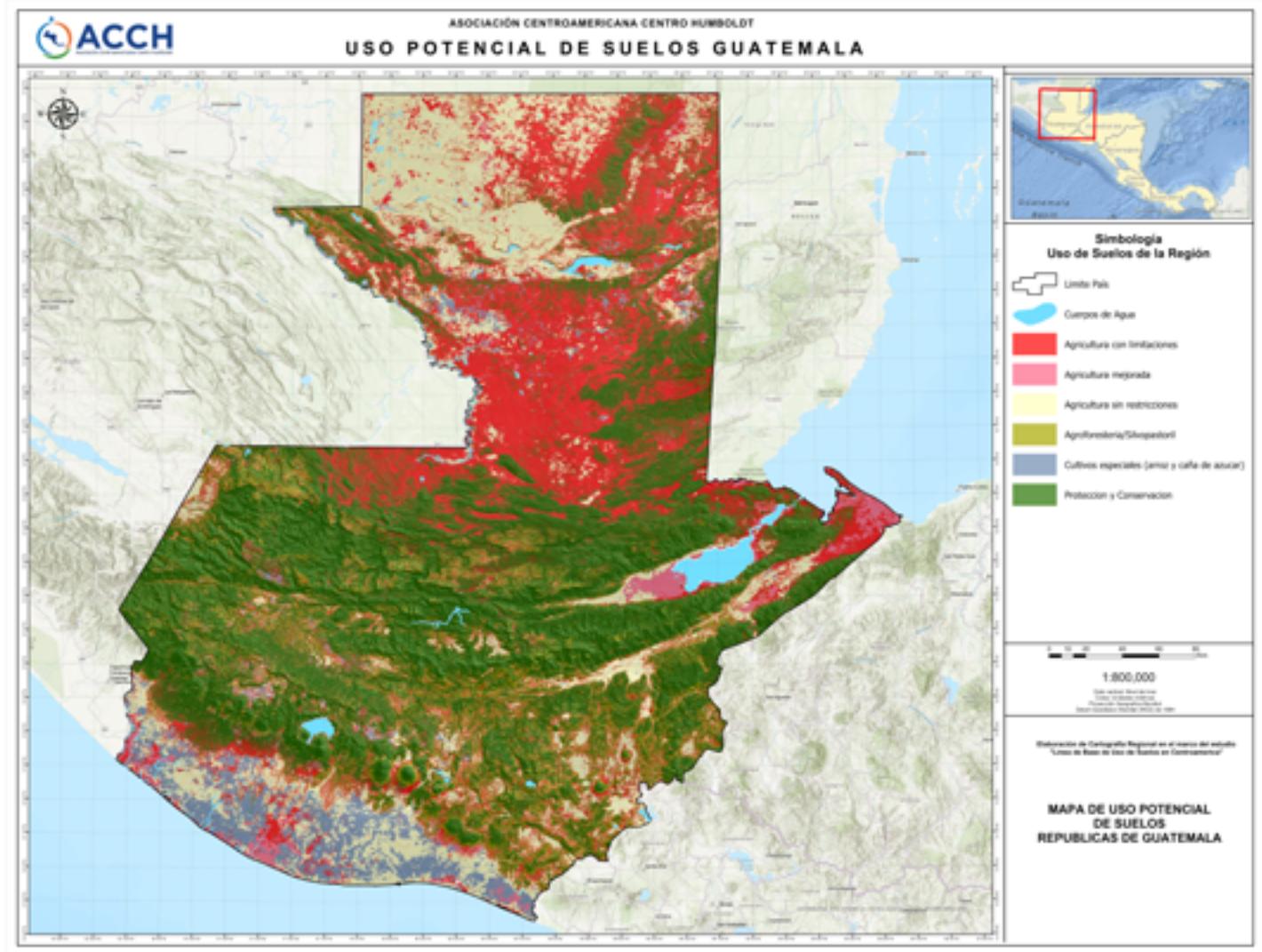
USDA. (n.d.). A.4 *Clasificación de los suelos según su capacidad de uso*. Retrieved March 16, 2022, from <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea30s/ch028.htm>.

8. ANEXOS

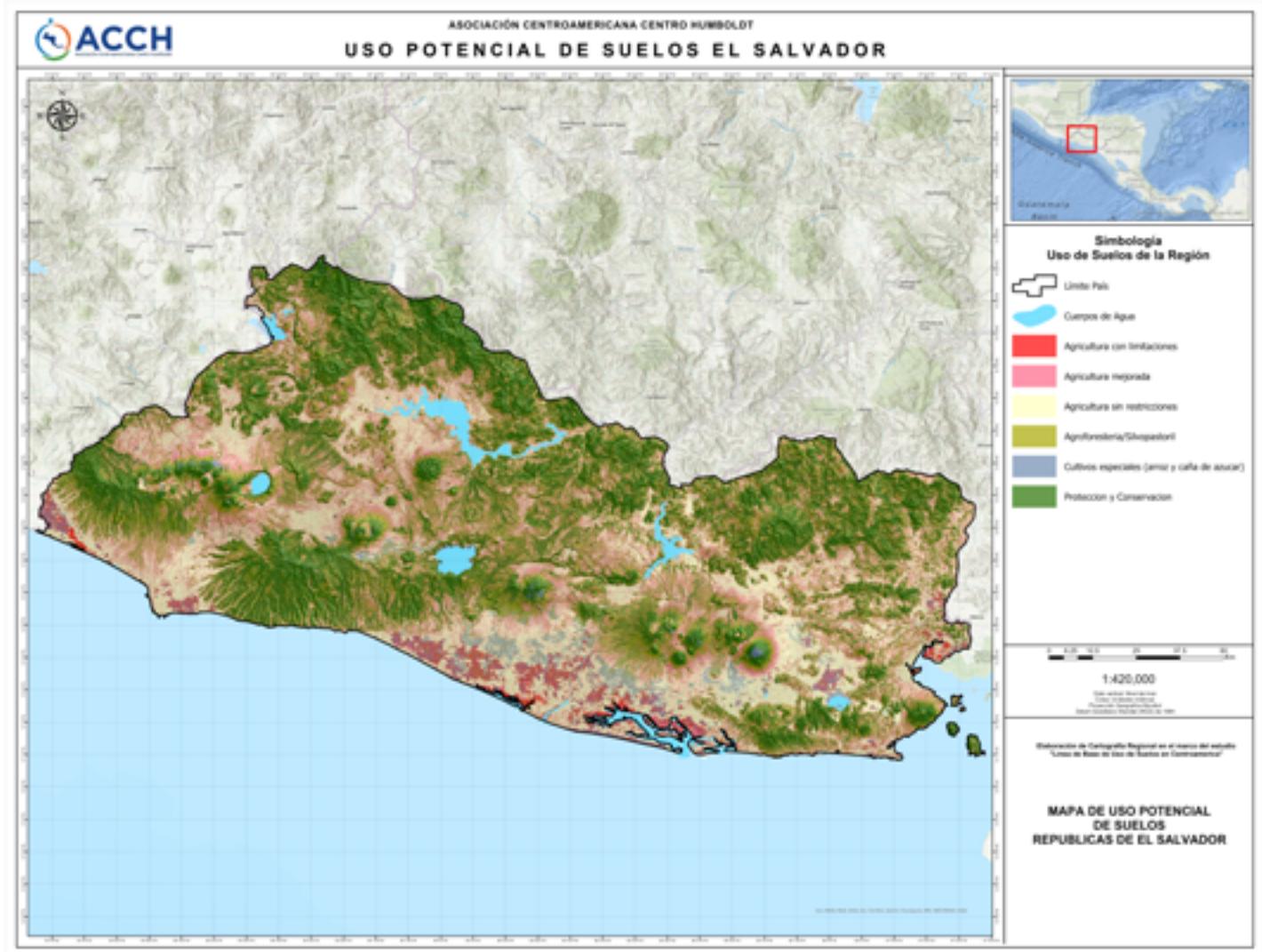
Anexo 1. Mapa del área de estudio



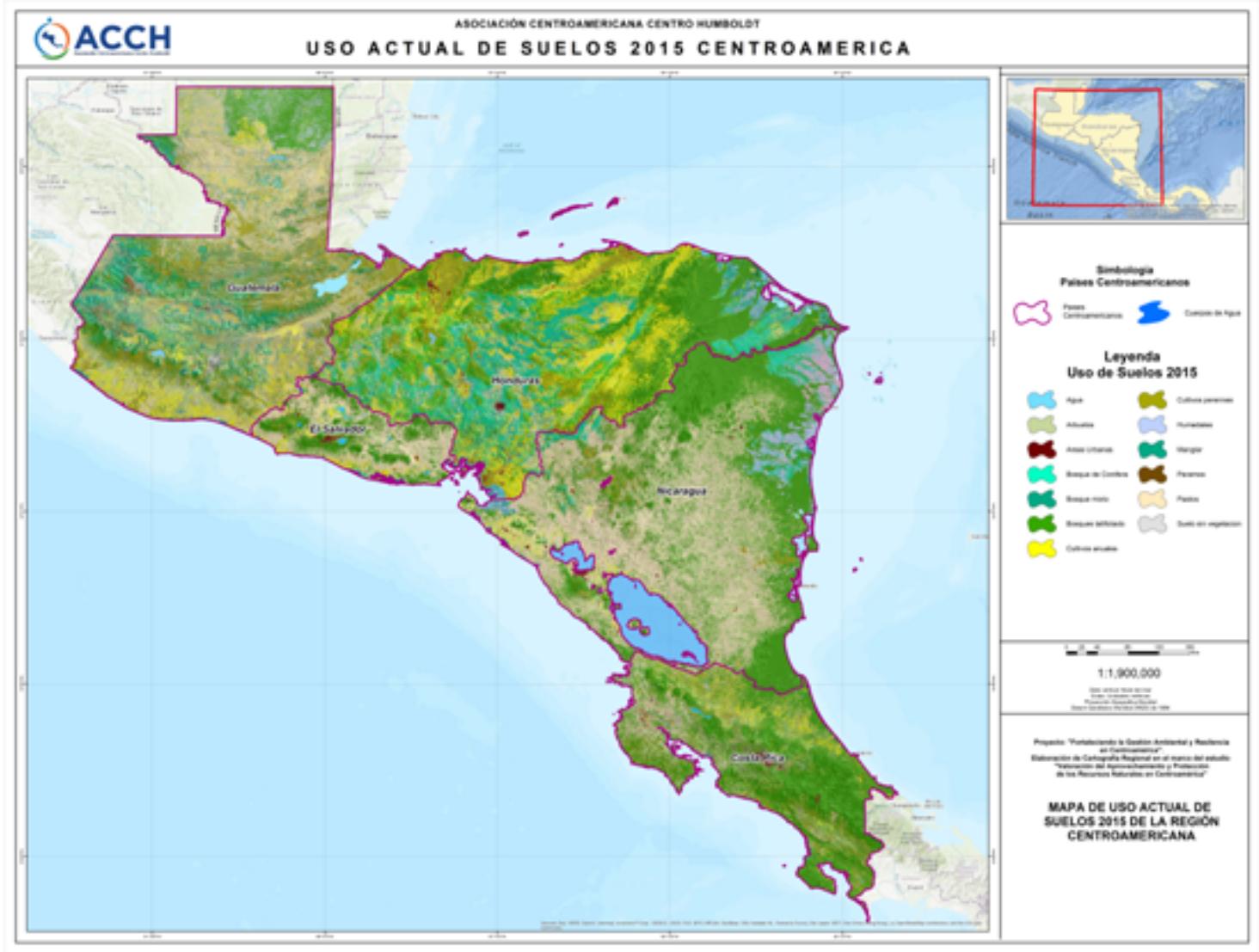
Anexo 2. Uso potencial de suelos Guatemala



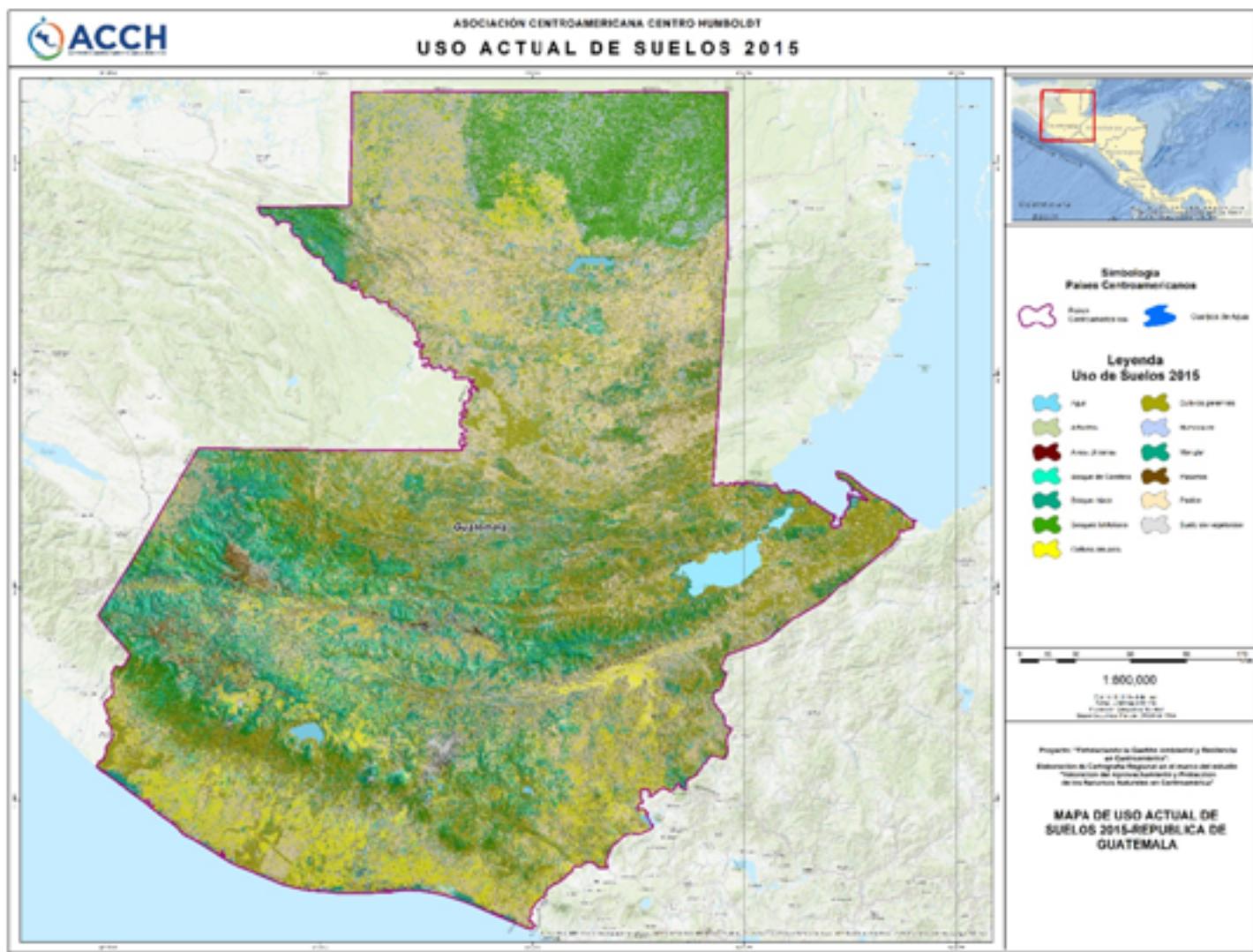
Anexo 3. Uso Potencial de suelos El Salvador



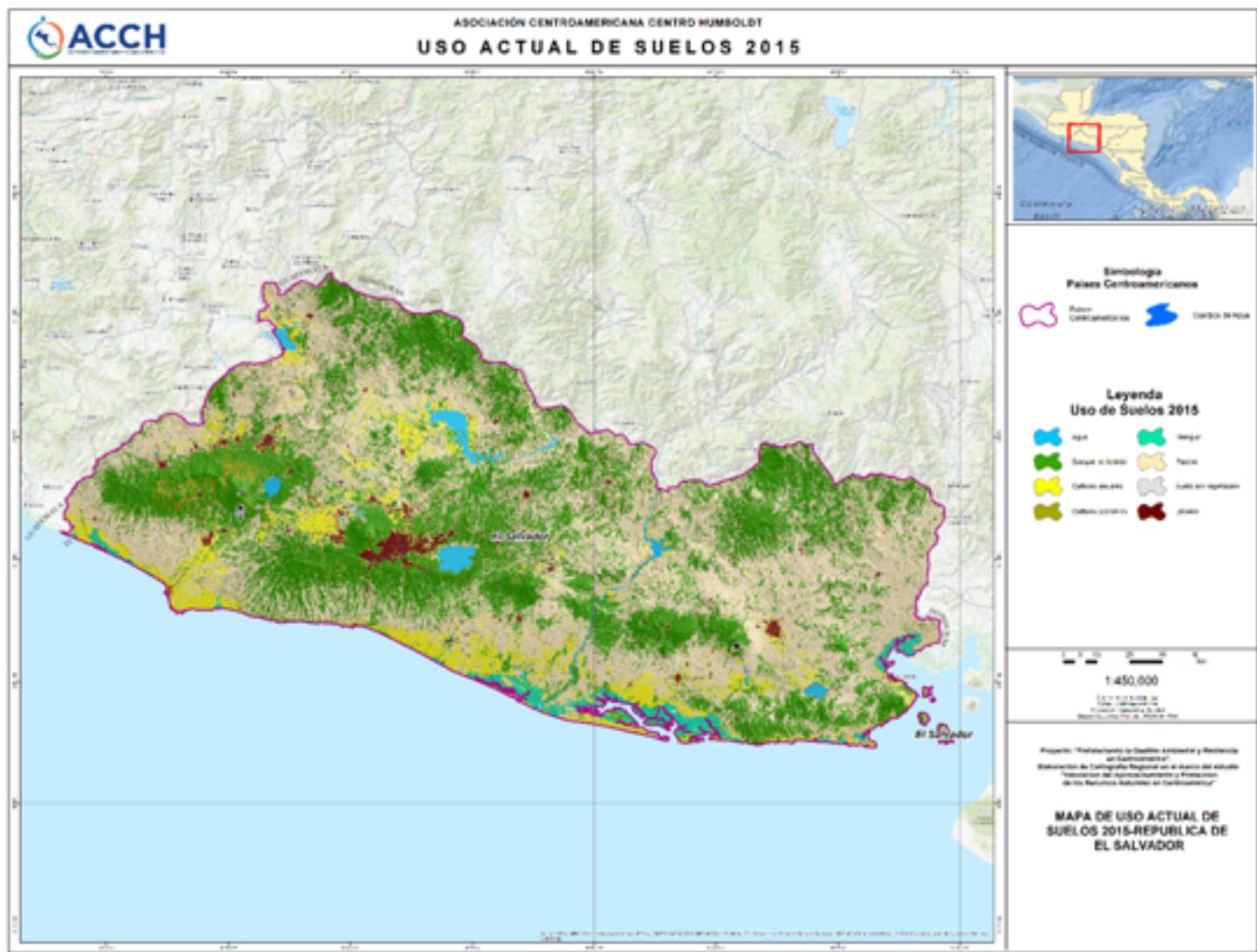
Anexo 4. Mapa de Uso de suelos 2015, Centroamérica



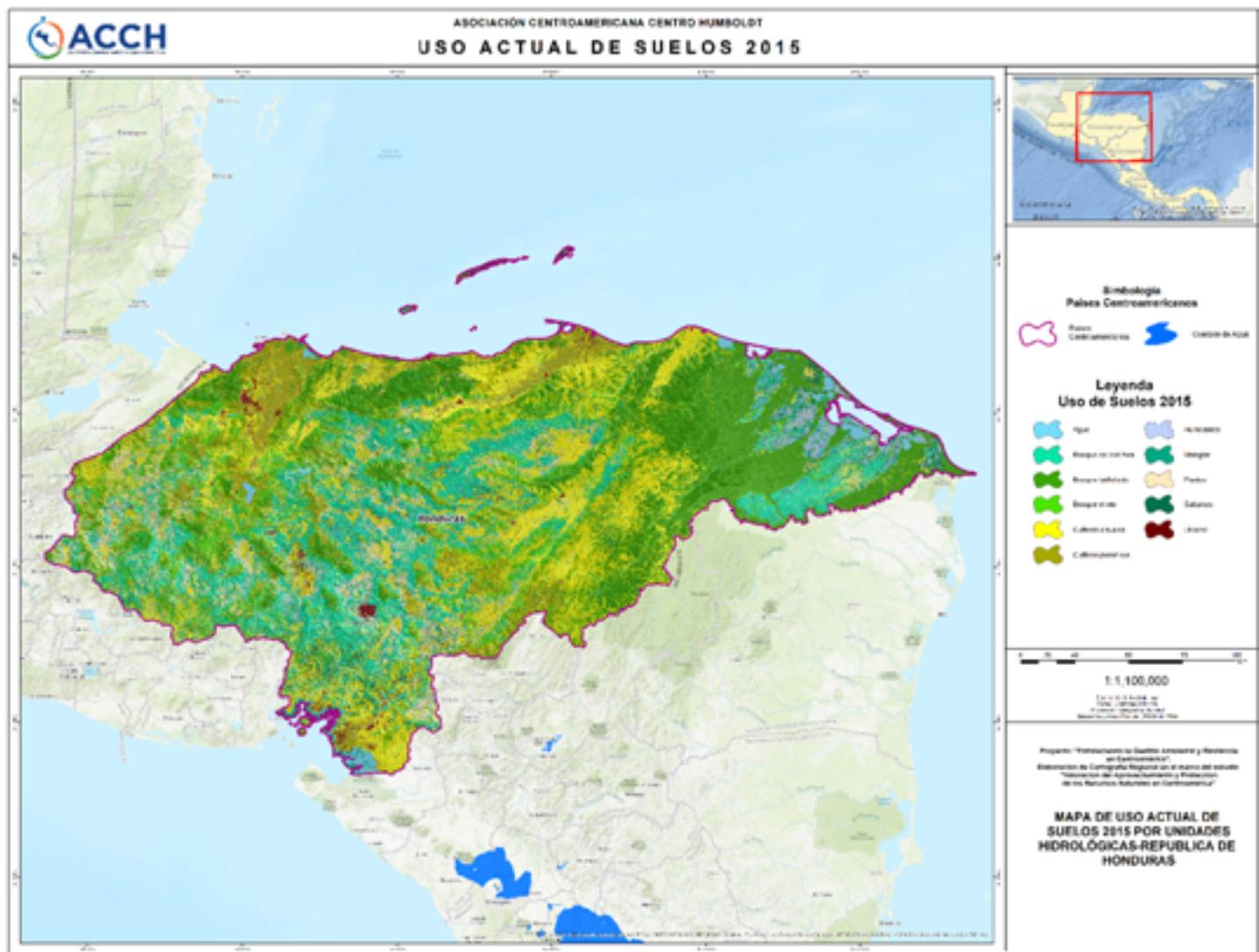
Anexo 5. Mapa de Uso de suelos 2015, Republica de Guatemala



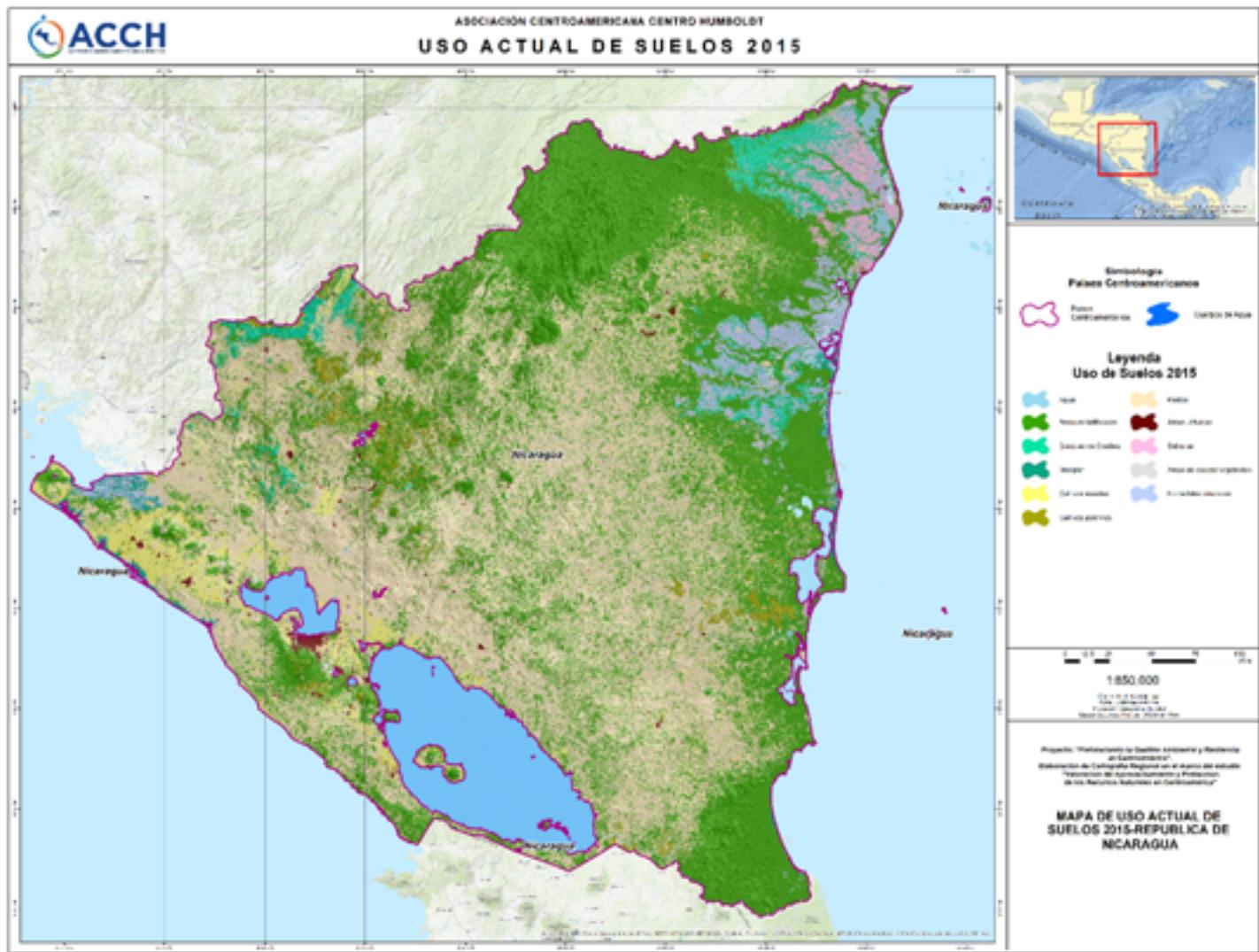
Anexo 6. Mapa de Uso de suelos 2015, Republica de El Salvador



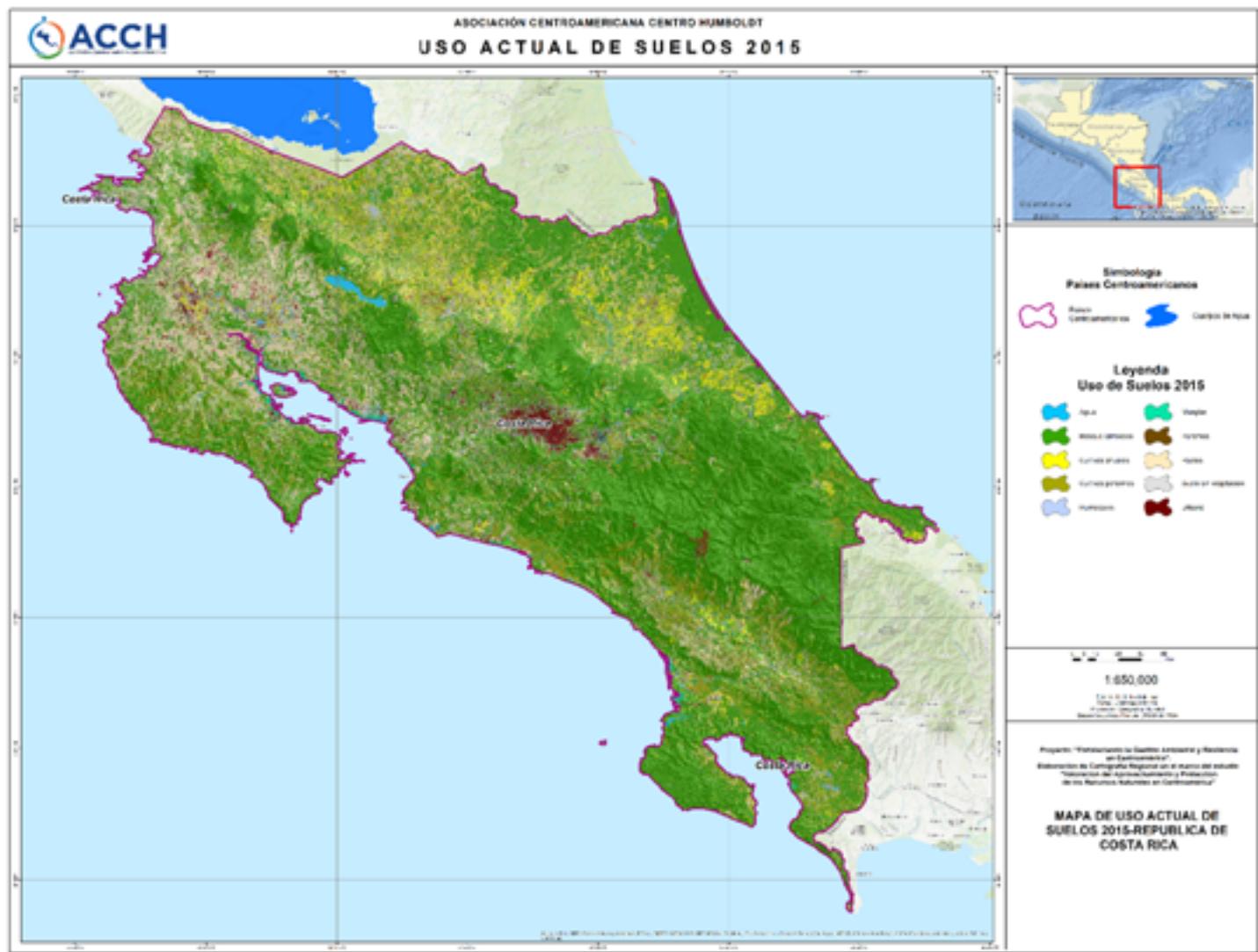
Anexo 7. Mapa de Uso de suelos 2015, Republica de Honduras



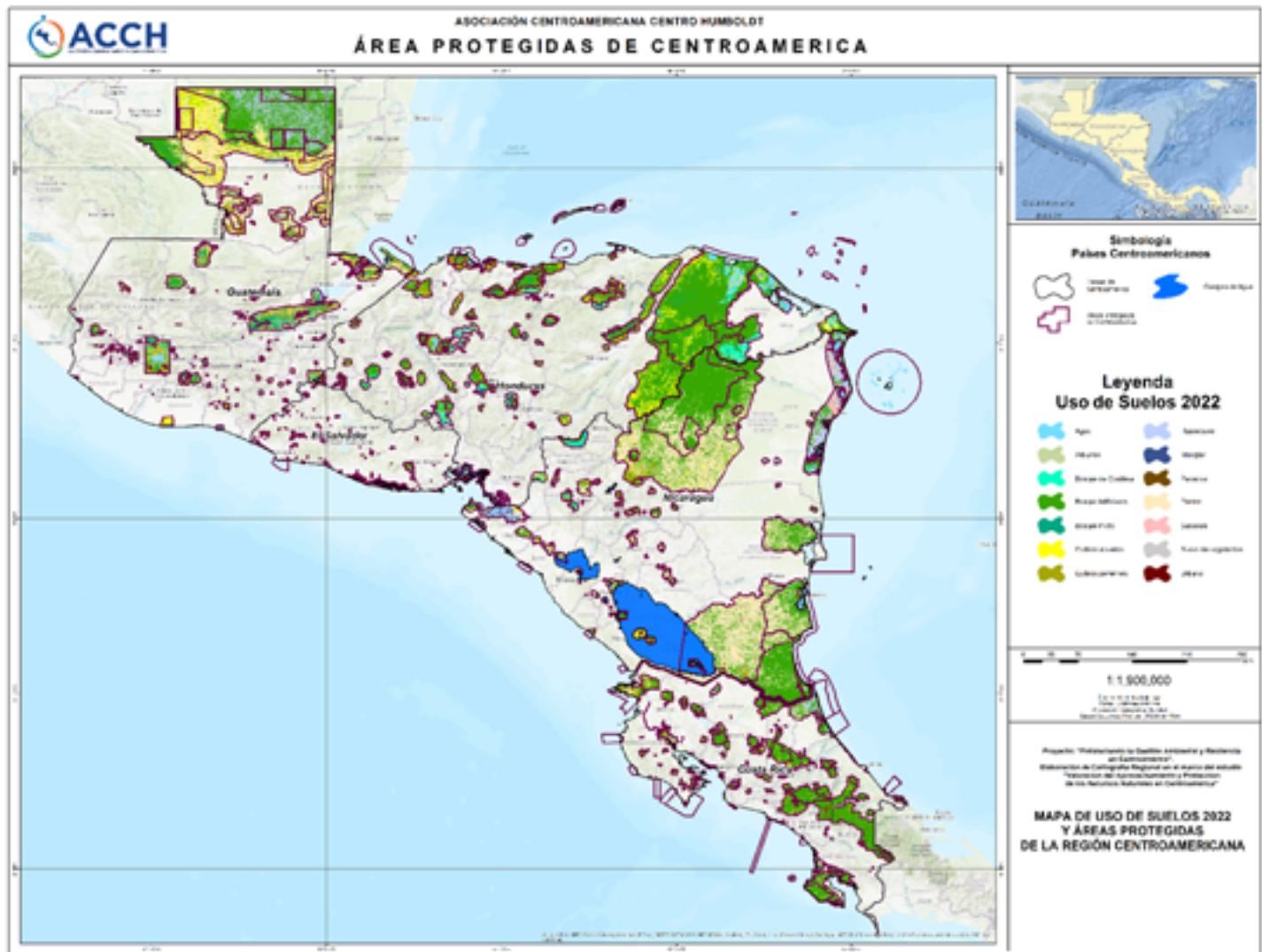
Anexo 8. Mapa de Uso de suelos 2015, Republica de Nicaragua



Anexo 9. Mapa de Uso de suelos 2015, Republica de Costa Rica



Anexo 10. Mapa de Uso de suelos y áreas protegidas, año 2022



Anexo 11. Mapa de Conflicto de Uso de suelos 2022

