

Protocolo Metodológico

MAPA DE COBERTURA FORESTAL Y USOS DE LA TIERRA 2018
FAO ONU-REDD



Coordinación técnica:

Omar Orellana
Ernesto Espiga
Fabio Casco



Equipo técnica:

Alexander Garay
Aurorita Espinal
Claudia Argueta
Daniel Flores
Gabriela Maldonado
Jazmín Posas
Jorge Calderón
Kevin Hernández
Lohany Álvarez
Madeline Lozano
Riccy Lemus

Equipo de apoyo:

Juan Barahona
Jairon Castellanos
Yolibeth López

Ministro Director ICF

Mario Martínez

Coordinación ICF:

Gerson Perdomo
Daryl Medina
Karol Lara

Coordinación FAO:

Amy Lazo
Iván Maradiaga
Rommel Sarmiento

Apoyo de MiAmbiente+

German Alvarado
José Cervantes



Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	2
3. Justificación	5
4. Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
5. Imágenes Satelitales	7
6. Recopilación de Información y Obtención de Imágenes Satelitales	10
7. Categorías de cobertura forestal y uso de la tierra	11
8. Descripción de tipos de cobertura.....	0
9. Pre Procesamiento.....	19
9.1 Análisis en Google Earth Engine (GEE).....	19
9.2 Proceso Automatizado	19
9.3 Parcelas de Control de Cobertura	20
9.4 División del área de estudio en escenas simétricas	21
10. Análisis.....	22
10.1 Evaluación de mapa base 2014	23
10.2 Clasificación parcial de una imagen satelital.....	23
10.3 Proceso de edición manual	24
10.4 Control de calidad	26
11. Post procesamiento.....	27
11.1 Análisis de resultados Avance del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2018	27
12. Bibliografía	30

1. Introducción

El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) a través de la Unidad Nacional de Monitoreo Forestal y con el apoyo técnico y financiero del Proyecto ONU-REDD+, y el proyecto REDD+/ MiAmbiente, ha desarrollado el “Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de la República de Honduras 2018”. El mapa ha demostrado ser una herramienta de alta utilidad para planificar y tomar decisiones sobre el territorio en el marco de desarrollo económico local, regional y nacional, para mejorar el ordenamiento forestal sostenible en el país.

En el marco de la discusión internacional sobre Reducción de Emisiones provocadas por la Deforestación y Degradación (conocido como REDD+), varios países a nivel mundial han mostrado su voluntad de prepararse estructuralmente para un régimen internacional. Honduras, con el apoyo de Proyecto REDD+ y bajo la iniciativa de la construcción del Nivel de Referencia el cual se presentará ante la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), da a conocer el marco metodológico para la elaboración del Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra de 2018. En los últimos años la representación gráfica de la cobertura y uso de la tierra a través de mapas se ha convertido en una herramienta de planificación y gestión para la toma de decisiones técnicas y políticas enmarcadas en el uso de la tierra a nivel nacional, regional y local para alcanzar el manejo forestal sostenible. El uso de imágenes y datos provenientes de sensores remotos brindan la posibilidad de obtener información de extensas superficies terrestres. Desde las primeras imágenes de sensores remotos hasta la actualidad se han incrementado notoriamente las aplicaciones para el seguimiento de las coberturas de la tierra en el que se incluye el bosque (Achard & Hansen, 2012).

El “Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de la República de Honduras 2018” se generó siguiendo la metodología de clasificación de usos del suelo del año 2014, que utiliza como referencia el sistema internacional de clasificación de Corine Land Cover, desarrollada dentro del programa CORINE (Coordination of Information on the Environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea. Esta clasificación fue adaptada a Honduras, y es utilizada para describir, caracterizar y clasificar la cobertura biofísica de la superficie terrestre en base a categorías jerárquicas definidas y conformes con las condiciones locales del territorio nacional donde se generaron los estudios.

La metodología de clasificación de usos del suelo sistematiza los tipos de cobertura del país que son identificables espectralmente en las imágenes satelitales y que pueden ser replicables en

posteriores estudios con el objetivo de realizar comparaciones de cobertura entre diferentes temporalidades y con criterios similares.

En el marco del Objetivo de la Fase I: Los actores relevantes a nivel regional y nacional desarrollan condiciones marco regulatorias e institucionales, métodos e instrumentos para la reducción de las emisiones de CO₂ de deforestación y degradación de bosques y el Objetivo Componente 3: Los tomadores de decisiones e instituciones que deben reportar al UNFCCC disponen del material de datos necesario para la vigilancia de las emisiones de CO₂ de la deforestación y degradación de bosques, además de su Indicador 2: Existe un banco de datos que pone a la disposición informaciones sobre modificaciones en el uso de la tierra en toda la región para el monitoreo de la tasa de deforestación y degradación de bosques (FCPF –ONUREDD, 2016).

El presente documento contiene una descripción breve, precisa y concisa de la metodología empleada del proceso de edición y diseño de mapa nacional de cobertura y uso forestal de Honduras para que sirva como una guía metodológica de posteriores estudios y elaboración de mapas con imágenes satelitales del sensor Sentinel-2/Copernicus ya sea en Honduras u otras regiones de Centroamérica y el Caribe.

2. Antecedentes

La información oficial histórica de Honduras sobre cobertura forestal y uso de la tierra inicia en 1965 cuando se elaboró el primer mapa de Uso de Suelo (escala 1:500,000) empleando fotos aéreas (fotointerpretación) por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), donde únicamente se registraron seis (6) categorías de uso, las cuales son: Cuerpos de Agua, Latifoliado, Mangle, Pinar, Pinar Joven y Otros usos. Luego, en el año de 1985 con la colaboración de la Organización de Estados Americanos (OEA), se elaboró el mapa de Cobertura Forestal (1:500,000) donde se situaron los lugares de bosque afectados por intervención humana empleando imágenes de los años 1983-85 del sensor Landsat 4. Las categorías de uso empleadas fueron Deforestación del Bosque Latifoliado, Bosque Latifoliado, Bosque Pinar, Deforestación del Bosque Pinar, Cuerpos de Agua y Otros usos. Una década después, en 1995, la clasificación de zonas deforestadas paso a ser catalogada como “Tierras sin bosque”, mostrando por primera vez áreas con presencia de bosque mixto, lagos y lagunas; las categorías de bosque latifoliado y mangle se mantuvieron mientras que las coníferas se diferenciaron entre denso y ralo. Este mapa fue elaborado por AFE-COHDEFOR con imágenes de los años 1992-94 del sensor Landsat 4 en una escala de 1:500,000.

El Consejo Hondureño de Empresa Privada (COHEP), mediante uso de imágenes del sensor Landsat 7 (1999-2001), elaboro en una escala de 1:500,000 el mapa de Cobertura de Uso 2001. Dos años después, en 2003, la PAAR desarrolla otro mapa de Cobertura Forestal (1:500,00) con 21 categorías, destacando las áreas con Sistemas Agroforestales (6), Acuicultura y Salinas (1), Zonas Urbanas (2) e Infraestructura Vial y Localizada (2). En el 2009 se actualiza el Mapa de Uso de Suelo, elaborado por la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) con imágenes del sensor MODIS Terra (EOS AM-1). Cinco años después fue elaborado El Mapa Forestal y Uso de la Tierra 2014 (1:25,000), producto del arduo esfuerzo del Instituto Nacional de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) en conjunto al programa REDD/CADD-GIZ; dicho mapa fue generado con imágenes del sensor RapidEye con una resolución de 5 m. Posee 26 categorías donde se distinguen claramente las diferencias entre tipologías de bosque como lo es el latifoliado (húmedo y decíduo), conífera (denso y ralo), mangle (alto y bajo), tique y mixto; de igual forma ocurre con la vegetación en recuperación por intervención humana (vegetación secundaria: húmeda y decídua), mejorando las categorías de zonas urbanas (continuas y discontinuas), cuerpos de agua (artificiales, lagos y lagunas naturales y otras superficies) y agricultura tecnificada según su uso (ICF, 2019).

Sin duda alguna, los procesos técnicos, metodologías y estándares de validación de la construcción de los mapas de cobertura y uso del suelo difieren entre ellos; razón que dificulta el análisis comparativo histórico de dinámica del recurso forestal. Actualmente, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) como ente responsable del sector forestal en Honduras y la Secretaria de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente) como Autoridad Nacional Designada ante la CMNUCC y con el objetivo de presentar el Nivel de Referencia y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), han tomado a bien generar información forestal oportuna y confiable para la gestión, toma de decisiones y el seguimiento al cumplimiento de objetivos y metas nacionales e internacionales. Bajo este contexto se priorizan acciones encaminadas al establecimiento de una estrategia nacional para la Reducción de las Emisiones causadas por la Deforestación y Degradación (REDD+). En el contexto antes descrito, surge la necesidad de construir un mapa nacional de cobertura y uso de la tierra que permita establecer referentes en términos del estado del recurso forestal, su oferta, uso y aprovechamiento, potencial de fijación de carbono y su gestión que a la vez permitirá realizar análisis a escala nacional de manera confiable.

El mapa más reciente de cobertura forestal construido en el país, ha sido el que más detalle de información ha proporcionado y cuenta con metodologías claras y protocolos bien definidos, sin

embargo, al ser realizado con imágenes satelitales que requieren de pagos de licencias, la sostenibilidad de estas herramientas para las instituciones de gobierno se ve afectada, pues los costos suelen ser elevados.

Recientemente en junio de 2015, La Agencia Espacial Europea (ESA) lanza su segunda constelación de satélites conocida como Sentinel 2A, y en marzo de 2017 Sentinel 2B; sensores multiespectrales que capturan información en diferentes longitudes de onda y por ende contienen una serie de bandas que permiten la discriminación de múltiples elementos sobre la superficie terrestre, entre ellos las características de la cobertura forestal. Lo más importante de esta información es que está disponible de forma gratuita para que investigadores y tomadores de decisiones puedan hacer uso de ella y construyan insumos que mejoren la gestión de los recursos naturales sobre sus territorios hasta escalas locales o de proyectos.

En tal sentido, el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) con el apoyo técnico y financiero de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a través del proyecto REDD+/FAO, hace uso de estas herramientas gratuitas y de alta calidad, para construir un nuevo Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra del año 2018, que sirva de inicio para una línea de base de mapas a futuro utilizando recursos que aseguran la sostenibilidad del monitoreo forestal del país.

3. Justificación

El cambio climático se está convirtiendo en el mayor desafío ambiental del siglo XXI. Por ellos Honduras junto a 196 países, es miembro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para llevar a cabo acciones que contrarresten esta problemática mundial.

Los bosques son ahora el único medio eficiente para poner un alto al cambio climático, sin embargo, estos actualmente contribuyen a casi un sexto de las emisiones de carbono mundial al ser destrozados, explotados en exceso o degradados; no obstante los bosques poseen el potencial de absorber un décimo de las emisiones mundiales de carbono previstas para la primera mitad de este siglo en sus biomásas, suelos y productos (FAO, 2012).

La representación gráfica y espacial de la cobertura forestal y uso de la tierra a través de mapas son una herramienta esencial para la planificación, gestión y la toma de decisiones en el marco del manejo forestal sostenible, este tipo de insumo representa un punto importante en diferentes ámbitos como medio para entender las características biofísicas y ecosistémicas que permiten impulsar las decisiones técnicas y políticas enmarcadas en el uso del suelo a nivel nacional, regional o local.

El mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra 2018, corresponde una actualización del mapa generado en 2014, y servirá como herramienta base para la planificación territorial y toma de decisiones en el ordenamiento forestal. Es pues, una herramienta básica para los tomadores de decisiones y para apoyar al manejo sostenible de bosques, control de plagas e incendios forestales, regularización forestal, planes de ordenamiento, gestión de cuencas hidrográficas, entre otras actividades ligadas a la gestión y estadísticas generadas por el Instituto de Conservación Forestal y las demás instituciones del sector forestal.

4. Objetivos

Objetivo General

Constituir un mapa de cobertura forestal y usos de la tierra para el año 2018 en base al procesamiento de imágenes Sentinel 2, elaboradas a partir de la experiencia sistemática de la República de Honduras, utilizando programas de computadora especializados en teledetección y manejo de información geográfica.

Objetivos Específicos

- Enumerar y describir las categorías utilizadas en la clasificación de las imágenes satelitales Sentinel 2.
- Sistematizar y generar metodologías del proceso de preclasificación de las imágenes satelitales Sentinel 2 utilizando el software ArcGIS.
- Editar y corregir de forma manual y semi automatizada la clasificación base de las imágenes satelitales Sentinel 2, con la herramienta ERDAS IMAGINE.
- Elaborar el mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras.

5. Imágenes Satelitales

Se realizó un análisis de distintos sensores de imágenes satelitales y las disponibles para tomar la decisión sobre que producto de imágenes utilizar en este y en futuros estudios, puesto que el mapa cobertura forestal y uso de la tierra debe actualizarse de forma periódica. Los resultados del análisis se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variables de comparación de imágenes satelitales RapidEye, Sentinel 2 y Landsat 8.

Componente	Variable	RapidEye	Sentinel 2	Landsat 8
Disponibilidad	<i>Mapas de cobertura</i>	Existe un mapa (2012) construido con 26 categorías de cobertura y uso que servirá de base	NO	Existe un mapa base (2012) resampleado que sirvió de base para el NREF. Y otros mapas históricos
	<i>Líneas bases de dinámica de cobertura</i>	NO	NO	Existe una línea base de pérdidas y ganancias del 2000 al 2016
Capacidad	<i>Resolución espacial</i>	Alta (5x5m)	Media-alta 10 m (4 bands) 20 m (6 bands) 60 m (3 bands)	Mediana resolución espacial (30x30)
	<i>Número de bandas espectrales</i>	5 bandas	13 bandas	11 bandas
	<i>Banda sensible a la clorofila</i>	La banda infrarrojo edge es propicia para determinar CAFÉ y Palma	Contiene 3 bandas red edge	NO
	<i>Almacenamiento</i>	Requiere de servidores para almacenar las imágenes	Bases de datos almacenados en la nube	Bases de datos almacenados en la nube
	<i>Resolución temporal</i>	5 días	5 días	16 días
Sostenibilidad	<i>Vida útil</i>	2009 a la fecha y hasta 2020	2014 a la fecha y continuará	1972 a la fecha y continuará

Económico	<i>Costos de adquisición</i>	Pagado (112,492 Euros)	Libre	Libre
Trabajabilidad	<i>Procesamiento</i>	Procesamiento (Programas especializados)	Procesamiento (En la nube y programas GIS)	Procesamiento (En la nube y programas GIS)
	<i>Construcción de mosaicos</i>	No se pueden hacer mosaicos uniformes	Mosaicos uniformes	Mosaicos uniformes
	<i>Enmascarar nubes (mosaicos libres de nube)</i>	No existen procesos automatizados para enmascarar nubes	Uso de procesos automatizados para enmascarar nubes en GEE	Algoritmos especializados para enmascarar nubes en GEE
	<i>Tiempo de pre-procesamiento</i>	Tiempos prolongados de pre-procesamiento	Tiempos reducidos de pre-procesamiento	Tiempos reducidos de pre-procesamiento
	<i>Aplicaciones</i>	Reducidos análisis vegetacionales y otras variables de RRNN	Múltiples análisis vegetacionales y otras variables de RRNN	Múltiples análisis vegetacionales y otras variables de RRNN
	<i>Idoneidad de escala de trabajo</i>	Escalas a nivel de aldea	Escala municipal	Escala departamental
	<i>Detalle de trabajo</i>	Alto	medio	bajo
	<i>Identificación cobertura de baja densidad</i>	Ideal	medio	bajo
Conocimiento	<i>Experiencia en el país</i>	Alta	baja	Alta

Aunque las imágenes satelitales de RapidEye, que tienen una resolución espacial de cinco metros, estas imágenes tienen un costo de adquisición alto, con altos costos de procesamiento y, en comparación a las imágenes de la constelación Sentinel 2, tienen un uso en aplicaciones y una idoneidad alta para el mapa forestal muy similar. Estos factores, sumados al tiempo de vida de estos satélites, la cual finaliza en el año 2020, no permiten que las imágenes sean utilizadas en el próximo proceso de actualización del mapa, programado para 2022, y dificulta los objetivos de este proceso el cual es el de establecer un protocolo de trabajo que permita una base metodológica replicable para la institución.

Por lo anterior, se definió como mejor alternativa el uso de imágenes satelitales Sentinel 2 para la realización del mapa forestal y uso de la tierra 2018.

Las distintas bandas de las imágenes Sentinel 2 Level 1C son las siguientes:

Tabla 2. Detalle de bandas del sensor Sentinel 2

Banda	Resolución Espacial	Longitud de Honda	Descripción
B1	60 metros	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	Aerosol
B2	10 metros	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	Blue
B3	10 metros	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	Green
B4	10 metros	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	Red
B5	20 metros	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	Red Edge 1
B6	20 metros	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	Red Edge 2
B7	20 metros	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	Red Edge 3
B8	10 metros	835.1nm (S2A) / 833nm (S2B)	NIR
B8A	20 metros	864.8nm (S2A) / 864nm (S2B)	Red Edge 4
B9	60 metros	945nm (S2A) / 943.2nm (S2B)	Water vapor
B10	60 metros	1373.5nm (S2A) / 1376.9nm (S2B)	Cirrus
B11	20 metros	1613.7nm (S2A) / 1610.4nm (S2B)	SWIR 1
B12	20 metros	2202.4nm (S2A) / 2185.7nm (S2B)	SWIR 2
QA60	60 metros		Cloud mask

Para el uso de las imágenes se pueden realizar distintas combinaciones de bandas orientadas a agricultura, cobertura forestal, salud vegetal, identificación de agua, suelo desnudo y zonas urbanas. Las principales combinaciones de bandas se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Combinaciones de bandas más comunes para sensor Sentinel 2

Lista de combinaciones	R	G	B
Color natural	4	3	2
Falso color infrarrojo	8	4	3
Falso color urbano	12	11	4
Agricultura	11	8	2
Penetración atmosférica	12	11	8a
Vegetación saludable	8	11	2
Tierra / Agua	8	11	4
Colores naturales con eliminación atmosférica	12	8	3
Infrarrojos de onda corta	12	8	4
Análisis de vegetación	11	8	4

6. Recopilación de Información y Obtención de Imágenes Satelitales

Se obtuvieron imágenes satelitales de alta resolución espacial del sensor Sentinel 2 con el propósito de obtener datos precisos y a una escala alta de detalle, para cubrir todo el territorio nacional. Además de la información de imágenes satelitales, fue necesario realizar una recopilación y generación de información base necesaria para el proceso de clasificación. Esta información se puede enlistar a continuación:

- Mapa de tipificación de tipos de bosque de Honduras
- Mapa de altitud y modelo de elevación del suelo

- Puntos de muestreo de inventario forestal de Honduras y puntos de control generados en el marco del desarrollo del mapa forestal y cobertura de la tierra 2018 y 2014
- Mapa de bosque seco de Honduras
- Mapa de pérdidas de bosque multitemporales 2012-2014-2016
- Límites de administrativos y políticos de Honduras
- Mapa de áreas plagadas

7. Categorías de cobertura forestal y uso de la tierra

Cada categoría o subcategoría son masas o superficies boscosas o no boscosas que comparten características similares tanto en el campo o realidad como en la respuesta espectral en las imágenes satelitales. Para la elaboración del mapa de cobertura forestal y uso de suelo de Honduras se utilizaron 37 tipos de cobertura dividido en categorías y sub categorías siguiendo el sistema de clasificación Corin Land Cover (CLC).

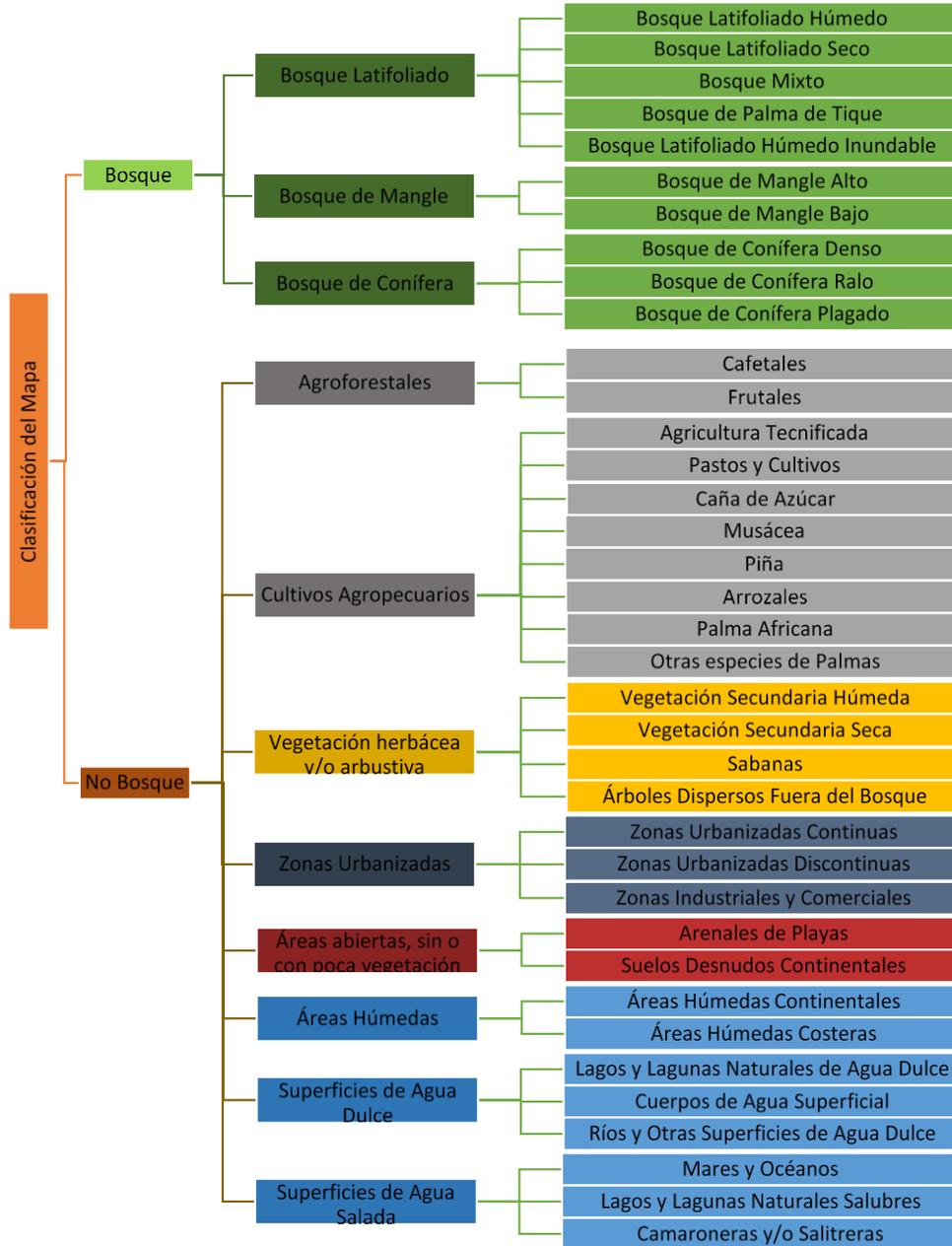
La metodología Corine Land Cover (CLC) nació en Europa el 27 de junio de 1985, con el inicio del programa CORINE, “Coordinación de información de medio ambiente”, que es un proyecto de tipo experimental para recopilar, coordinar y homogeneizar la información del estado del medioambiente y los recursos naturales (Valencia & Anaya, 2009). El requisito básico para implementar el programa es la existencia de cambios espectrales, que son detectados mediante el uso de sensores remotos; estos cambios son visiblemente percibidos en la comparación de dos imágenes tomadas en diferentes periodos de tiempo, y los resultados se presentan en forma de polígonos, líneas o puntos (Feranec, Hazeu, Christensen, & Jaran, 2007).

Este sistema de clasificación permite distinguir entre superficies artificiales, superficies agrarias, zonas forestales y boscosas, humedales y masas de agua. Las superficies artificiales engloban las zonas urbanas, las zonas industriales y comerciales, las redes viarias y ferroviarias junto con los terrenos a ellas asociados y las zonas portuarias y aeropuertos, las zonas de extracción mineras, escombreras y vertederos y zonas en construcción y, por último, las zonas verdes urbanas y las instalaciones deportivas y recreativas (Romano Grullón, 2010).

Tabla 4. Unidades de Cobertura de la tierra del mapa forestal 2018

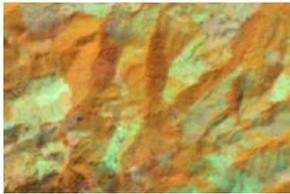
LEYENDA DEL MAPA FORESTAL 2018 - HONDURAS	
1. BOSQUE	2. NO BOSQUE
1.1. Bosque Latifoliado	2.2. Cultivos Agropecuarios
1.1.1. Bosque Latifoliado Húmedo	2.2.8. Otras especies de Palmas
1.1.2. Bosque Latifoliado Seco	2.3. Vegetación herbácea y/o arbustiva
1.1.3. Bosque Mixto	2.3.1. Vegetación Secundaria Húmeda
1.1.4. Bosque de Palma de Tique	2.3.2. Vegetación Secundaria Seca
1.1.5. Bosque Latifoliado Húmedo Inundable	2.3.3. Sabanas
1.2. Bosque de Mangle	2.3.4. Árboles Dispersos Fuera del Bosque
1.2.1. Bosque de Mangle Alto	2.4. Zonas Urbanizadas
1.2.2. Bosque de Mangle Bajo	2.4.1. Zonas Urbanizadas Continuas
1.3. Bosque de Conífera	2.4.2. Zonas Urbanizadas Discontinuas
1.3.1. Bosque de Conífera Denso	2.4.3. Zonas industriales y comerciales
1.3.2. Bosque de Conífera Ralo	2.5. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
1.3.3. Bosque de Conífera Plagado	2.5.1. Arenales de Playas
2. NO BOSQUE	2.5.2. Suelos Desnudos Continentales
2.1. Cultivos Agroforestales	2.6. Áreas Húmedas
2.1.1. Cafetales	2.6.1. Áreas Húmedas Continentales
2.1.2. Frutales	2.6.2. Áreas Húmedas Costeras
2.2. Cultivos Agropecuarios	2.7. Superficies de Agua Dulce
2.2.1. Agricultura Tecnificada	2.7.1. Lagos y Lagunas Naturales de Agua Dulce
2.2.2. Pastos y Cultivos	2.7.2. Cuerpos de Agua Artificial
2.2.3. Caña de Azúcar	2.7.3. Ríos y Otras Superficies de Agua Dulce
2.2.4. Musácea	2.8. Superficies de Agua Salada
2.2.5. Piña	2.8.1. Mares y Océanos
2.2.6. Arrozales	2.8.2. Lagos y Lagunas Naturales Salubres
2.2.7. Palma Africana	2.8.3. Camaroneras y/o salitreras

Figura 1. Niveles de Clasificación del Mapa Forestal 2018

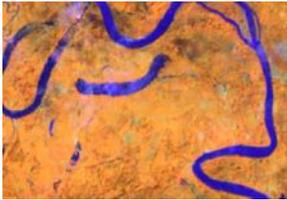


8. Descripción de tipos de cobertura

Bosque Latifoliado Húmedo	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Comunidades de árboles propios de los climas tropicales; estos bosques se caracterizan por la presencia de especies de hoja ancha siempre verdes, con alta densidad de especies.	
	Imagen Fotográfica
	

Bosque Latifoliado Seco	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Son bosques de hoja ancha en los que sus árboles pierden las hojas de manera parcial o total en la época seca de cada año. Este fenómeno también se le conoce como estrés hídrico.	
	Imagen Fotográfica
	

Bosque Mixto	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Asociación entre especies del bosque latifoliado y bosque de conífera, identificables en zonas de transición entre ambos bosques. En este tipo pueden predominar las coníferas o especies de hoja ancha dependiendo de factores edáficos climáticos, geográficos, etc. Las especies predominantes son <i>Pinus oocarpa</i>/<i>Pinus maximinoi</i> en conjunto a varias especies del género <i>Quercus</i>, <i>Liquidambar styraciflua</i> y <i>Carpinus carolinensis</i> entre otros.</p>	
	Imagen Fotográfica
	

Bosque Latifoliado Húmedo Inundable	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por especies latifoliadas con alturas mayores a cinco (5) metro y un dosel inferior diverso; se localiza en la Mosquitia hondureña y en la Reserva del hombre y Biosfera del Rio Plátano.</p>	
	Imagen Fotográfica
	

Bosque de Conífera Denso	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Este tipo de bosque está compuesto por las siete especies de genero Pinus presentes en Honduras. Las más frecuentes son el <i>Pinus oocarpa</i>, <i>Pinus maximinoii</i> y <i>Pinus caribaea</i>. Se puede encontrar en zonas con una precipitación promedio menor a los 2,500 mm por año con una estación seca desde febrero a mayo, localizándose entre el rango altitudinal de 0 – 2,489 msnm.</p>	Imagen Fotográfica
	

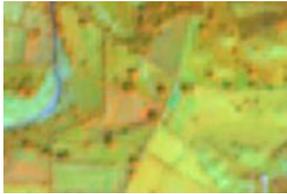
Bosque de Conífera Ralo	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Este tipo de bosque está compuesto por las mismas especies del pino denso, pero con menor densidad. Los principales factores que lo vuelven menos denso son: características edáficas, pendiente, clima y aprovechamiento selectivo. Los porcentajes de cobertura pueden estar entre 15 a 50 % de cobertura arbórea 3-8(-10) m de altura y 6-10 cm de diámetro.</p>	Imagen Fotográfica
	

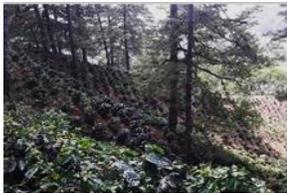
Bosque de Conífera Plagado	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Superficie de cobertura forestal compuesta por las siete especies del género <i>Pinus</i> que han sido afectadas por el gorgojo descortezador del pino (<i>Dendroctonus frontalis</i>), presentando menor densidad comparado al bosque de pino denso y/o con presencia de regeneración natural.</p>	Imagen Fotográfica
	

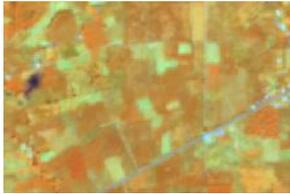
Bosque de Mangle Alto	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Se caracteriza por limitar con mares u otros cuerpos de agua salada. Está formado por árboles y arbustos siempre verdes de raíces fúlcreas o zancos, con neumatóforos. La presencia de algas es evidente en las partes bajas de los árboles. La altura de la cobertura puede variar entre 5-30 m. Las especies más frecuentes en Honduras en su tipo son <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>.</p>	Imagen Fotográfica
	

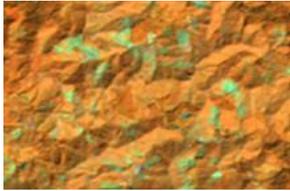
Bosque de Mangle Bajo	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Superficies cubiertas por mangle que se ubican inmediatamente después de las especies de mangle alto, es decir más cercanas a tierra, donde las condiciones de humedad y salinidad difieren. Su altura promedio es inferior al mangle alto y está representada mayormente por especies como <i>Avicennia bicolor</i> y <i>Conocarpus erectus</i>.</p>	Imagen Fotográfica
	

Bosque de Palma de Tique	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Palma natural encontrada principalmente en la Mosquitia hondureña, Biosfera del Rio Plátano e Islas de La Bahía. Se establece en suelos húmedos con altitudes cercanas al nivel del mar, formando grupos de diversas alturas, de 3-8 (-10) m de altura y 6-10 cm de diámetro.</p>	Imagen Google Earth
	

Arboles Dispersos Fuera de Bosque	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son los árboles que están fuera de superficies boscosas mayores a 0.5 ha y se encuentran distribuidos de forma aislada o parcialmente en lotes entre 0.1 ha u 0.5 ha.</p>	
	<p>Imagen Google Earth</p> 

Cafetales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son plantaciones de diferentes especies de café ya sea tecnificado, semi tecnificado o tradicional, el cual, puede o no estar cubierto por especies que funcionan como sombra; ingas, musáceas y algunas maderables.</p>	
	<p>Imagen Fotográfica</p> 

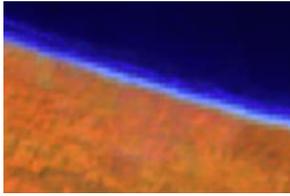
Frutales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Plantaciones de distintas especies de árboles de producción de fruta bajo un manejo tecnificado, semitecnificado o tradicional.	
	Imagen Fotográfica 

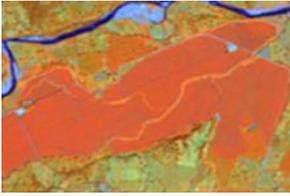
Vegetación Secundaria Húmeda	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Comprende aquella cobertura vegetal originada luego de la intervención o por la destrucción de los bosques húmedos, conocida también como sucesión vegetal o vegetación en estado de desarrollo de latizales.	
	Imagen Fotográfica 

Vegetación Secundaria Seca	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Esta cobertura se presenta en aquellas zonas donde el bosque latifoliado deciduo ha sido removido por actividades como agricultura y ganadería, que luego de ser abandonadas originan una vegetación secundaria con alturas promedio inferiores a 4 m.	Imagen Fotográfica
	

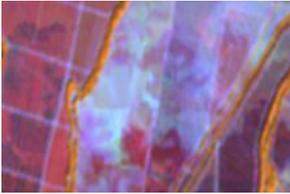
Sabanas	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Extensiones de suelo cubiertas por gramíneas y ciperáceas. En Honduras, las sabanas están asociadas a humedales costeros e interiores, inundándose temporalmente durante la época de lluvia, exclusivas de la Mosquitia hondureña y la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.</p>	Imagen Fotográfica
	

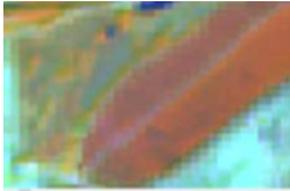
Palma Africana	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Familia Arecaceae, Especie: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos, se desarrolla hasta los 500 metros sobre el nivel del mar. En Honduras ha sido adaptada a las zonas cálidas de la costa norte, cultivándose en temperaturas promedio anual que oscilan entre 26 °C y 28 °C.</p>	Imagen Fotográfica
	

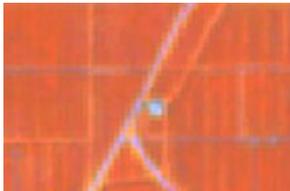
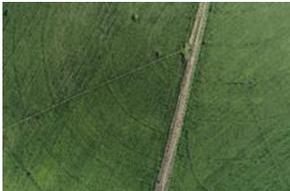
Otras especies de Palma	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Áreas de cultivo de distintas especies de palma, para su producción y aprovechamiento comercial mediante la implementación de prácticas mecanizadas o tradicionales de preparación, siembra y riego.	
	Imagen Fotográfica
	

Musácea	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Zonas que contienen, una o más especies Musáceas mediante la implementación de prácticas mecanizadas o tradicionales de preparación, siembra y riego.	
	Imagen Fotográfica
	

Caña de Azúcar	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son áreas destinadas al cultivo de la caña de azúcar mediante la implementación de prácticas mecanizadas de preparación, siembra, riego y control en zonas relativamente planas del país.</p>	
	Imagen Fotográfica
	

Piña	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Áreas de cultivo de piña mediante la implementación de prácticas mecanizadas o tradicionales de preparación, siembra y riego.</p>	
	Imagen Google Earth
	

Arrozales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Son áreas utilizadas para el cultivo de arroz.	
	Imagen Google Earth
	

Agricultura Tecnificada	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Son áreas destinadas al cultivo de hortalizas, frutas, granos básicos y otros mediante la implementación de prácticas mecanizadas de preparación, siembra, riego y control en zonas relativamente planas del país.	
	Imagen Fotográfica
	

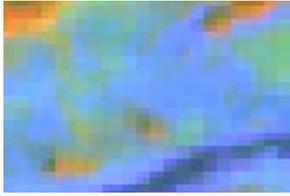
Pastos y Cultivos	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son áreas utilizadas para prácticas agrícolas y pecuarias tradicionales en Honduras, frecuentemente entremezcladas con áreas de vegetación secundaria y caseríos.</p>	Imagen Fotográfica
	

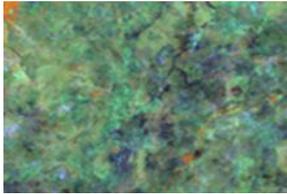
Zonas Urbanizadas Continuas	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. La vegetación representa una baja proporción del área del tejido urbano.</p>	Imagen Fotográfica
	

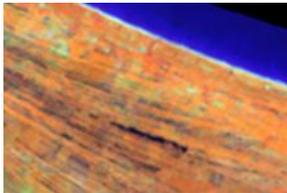
Zonas Urbanizadas Discontinuas	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.</p>	Imagen Fotográfica
	

Zonas Industriales y Comerciales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Zonas cubiertas por infraestructura artificial, sin presencia de áreas verdes de forma predominante, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales.</p>	Imagen Google Earth
	

Arenales de Playa	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son acumulaciones de arena y otros materiales aluviales, generalmente encontrados a la orilla de los mares.</p>	
	Imagen Google Earth
	

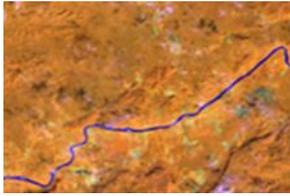
Suelos Desnudos Continentales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Todas aquellas superficies de suelo desprovistas de vegetación, ya sea por causas naturales o antropogénicas constituidos especialmente por arenas y sedimentos de las riveras de los ríos, deslizamientos de tierra, aluviones, minas a cielo abierto, calles con o sin revestimiento.</p>	
	Imagen Fotográfica
	

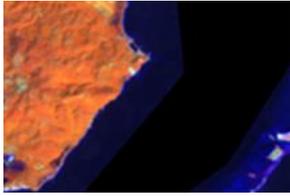
Áreas Húmedas Continentales	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Extensiones de la superficie terrestre que están temporal o permanentemente inundadas; reguladas por factores climáticos.</p>	
	<p>Imagen Fotográfica</p> 

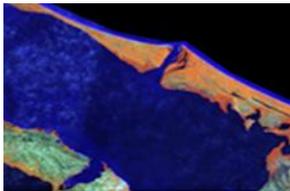
Áreas Húmedas Costeras	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Zonas costeras que se encuentran temporal o permanentemente inundadas; incluye las zonas de pantanos litorales y las áreas que presentan procesos de inundación relacionados con la marea.</p>	
	<p>Imagen Fotográfica</p> 

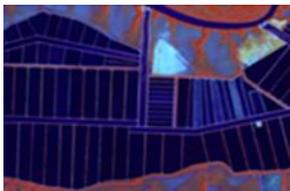
Lagos y Lagunas Naturales de Agua Dulce	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son aquellos cuerpos o espejos de agua que se encuentran en el área continental del país, también consideradas como depósitos de agua en una depresión del terreno que allega aguas pluviales, aguas subterráneas o aguas de uno o varios ríos y no interviene la mano del hombre para su formación.</p>	Imagen Fotográfica
	

Cuerpos de Agua Artificial	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son aquellos cuerpos de agua creados por el hombre, tales como represas o estanques, piscinas, lagunas de oxidación entre otros; en Honduras el cuerpo artificial de agua más grande es la represa hidroeléctrica Francisco Morazán (El Cajón).</p>	Imagen Fotográfica
	

Ríos y Otras Superficies	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Son todos los cuerpos de agua, tales como ríos, quebradas, riachuelos que cubren parte de la tierra de forma natural.	 A satellite image showing a river winding through a landscape with various colors representing different land cover types. The river is highlighted in a dark blue/purple color.
	Imagen Fotográfica
	 A ground-level photograph of a river flowing through a lush, green forested area. The river is surrounded by trees and vegetation.

Mares y Océanos	
Descripción	Imagen Sentinel-2
Son aquellos cuerpos de agua salada que bordean la zona costera continental y que se extienden a partir de la línea de la costa en período de bajamar.	 A satellite image showing a coastline with a dark blue area representing the ocean and a lighter blue area representing the coastal zone. The land is shown in various colors.
	Imagen Fotográfica
	 A ground-level photograph of a wide expanse of blue ocean water under a clear sky. The horizon line is visible in the distance.

Lagos y Lagunas Naturales Salubres	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Son aquellos cuerpos o espejos de agua salada o salobre, separadas del mar por tierras sobresalientes u otras topografías similares. Pueden tener con el mar de manera permanente o temporal a través de canales, barras de arena y zonas de pantanos.</p>	Imagen Sentinel-2
	
	Imagen Google Earth
	

Camaroneras y/o Salitreras	
Descripción	Imagen Sentinel-2
<p>Las camaroneras son sitios dedicados a la cría camarones de la especie <i>Penaeus vannamei</i> en estanques de agua salada, ya sean estos naturales o artificiales. Una salinera es un lugar en donde se extrae la sal del agua salada para consumo humano o industrial.</p>	Imagen Sentinel-2
	
	Imagen Fotográfica
	

9. Pre Procesamiento

9.1 Análisis en Google Earth Engine (GEE)

Las imágenes satelitales fueron obtenidas mediante la modelación de Script en la herramienta Google Earth Engine, generando filtros de información para obtener imágenes sin presencia de nubes y de temporalidades significativas a todo el año.

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma que permite a los usuarios visualizar y analizar imágenes de satélite de nuestro planeta. Combina un catálogo de múltiples imágenes satelitales y conjuntos de datos geospaciales con capacidades de análisis a escala planetaria y lo pone a disposición pública. El equipo de GEE ha trabajado en estrecha colaboración con Google Cloud para llevar las colecciones Landsat ETM y Sentinel-2 a Google Cloud Storage como parte del programa de datos públicos de Google Cloud.

Por medio del uso de la herramienta GEE se generó un mosaico de imágenes satelitales Sentinel 2 Level 1C, con correcciones radiométricas y atmosféricas, además, se realizó una revisión de las mismas, generando y ajustando dicha información al sistema de referencia nacional WGS 84 UTM/ 16N.

9.2 Proceso Automatizado

Se generó un modelo utilizando la plataforma ArcGIS con el propósito de generar una capa base de clasificación preliminar con categorías diferenciadas espectralmente entre sí por su grado de separabilidad estadística de los valores en cada una de las bandas de las imágenes del Sentinel 2.

A esta capa base se le agregaron todas las pérdidas de bosque identificadas en el producto de nivel de referencia para generar una categorización preliminar como insumo a la interpretación y clasificación manual generada por los técnicos de teledetección.

9.3 Parcelas de Control de Cobertura

Durante el proceso de desarrollo del mapa forestal, se realizaron giras de campo para la verificación de puntos de control en el país. En oficina, previo a la gira, se seleccionaron las coordenadas de los parches de cobertura y uso del suelo que se visitarían en campo, tomando en cuenta factores de dificultad de identificación de las firmas espectrales de los mismos, así como distribución en los municipios meta a visitar. Seguido se elaboró una herramienta de toma de puntos en Excel, con el número de punto, municipio, tipo de cobertura, coordenada “X” y “Y”, para la planificación de los puntos a tomar. Con estas herramientas, se utilizó un dron DJI Phantom 4 pro, para realizar los vuelos y así capturar por medio de imágenes georreferenciadas el tipo de cobertura existente.

Durante el vuelo, la metodología de trabajo implica la toma de al menos 5 imágenes desde el punto designado. La primera fotografía, se realiza de forma perpendicular al suelo para obtener una imagen plana de la tierra y cobertura de interés. Las siguientes 4 imágenes tomadas, se realizan con un ángulo aproximado de 45 grados, con orientación Norte, Sur, Este y Oeste del punto estudiado, para obtener mayor información sobre las coberturas que limitan con el parche de análisis.

La información recolectada contribuye a la mejora en la clasificación del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras 2018 aumentando exactitud y precisión en asignación de cada tipo de cobertura, dando como resultado un producto final con condiciones de calidad óptimas.

9.4 División del área de estudio en escenas simétricas

Se generó un mapa cuadrícula que divide el país en 69 partes para dividir y organizar el trabajo entre los colaboradores.

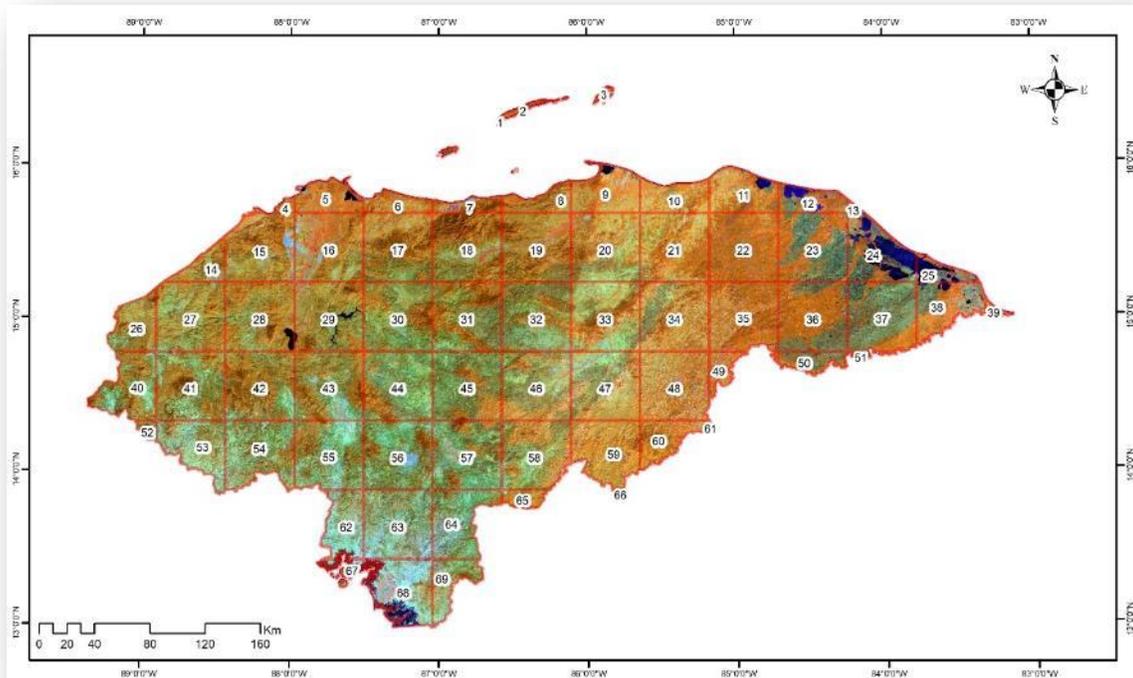


Figura 2. Mapa de cuadrículas de asignación de actividades de interpretación y edición manual de imágenes satelitales Sentinel 2.

10. Análisis

En el proceso de elaboración de MFH 2018 participaron un total de 13 técnicos especialistas en sistemas de información geográfica, dicho proceso tuvo una duración de ocho (8) meses clasificando un total de 69 escenas Sentinel-2 Nivel 1C.

Con el uso de herramientas de sistemas de información geográfica como la herramienta ERDAS IMAGINE, se generan procesos de edición semiautomáticas y manuales en la capa base, y tomando como insumos el mosaico de imágenes del Sentinel 2.

Estos procesos se realizaron en las categorías que presentan confusión en su capa base, y consiste en realizar una nueva clasificación digital de la imagen por medio de la clasificación Supervisada y No Supervisada en las imágenes de las cuales se han generado máscaras de las categorías que presentan confusión.

Se realizan además procesos de recodificación de la imagen después de las clasificaciones, y posteriormente unir las imágenes y máscaras generadas con la capa base por medio de la generación de mosaicos.

Otros procesos más manuales incluyen la generación de áreas de interés, selección por medio de semilla de tipos de cobertura con errores de clasificación, y mejora del mapa base generando rellenos y recodificaciones temáticas.

ERDAS IMAGINE, nos permite una verificación de las zonas de confusión, a través de la vinculación y sincronización realizada con Google Earth, lo que nos permite consultar imágenes de otras fuentes y fechas con mejor resolución espacial, además de la consulta del modelo de elevación en las áreas estudiadas. Se debe agregar la consulta que se realizan a otros proveedores de imágenes como las de Bing Maps, o las propias imágenes de ArcGIS Map, que se incluyen en las propias aplicaciones de ERDAS IMAGINE y ArcGIS.

Todos estos recursos, sumado a las capas insumos como los mapas de tipificación de bosque, puntos de control de coberturas, áreas plagadas, mapa de zona seca, modelos de elevación del terreno, entre otras capas de interés, apoyan el proceso de edición de la clasificación.

10.1 Evaluación de mapa base 2014

En primera instancia, cada técnico clasificador realizó una evaluación de cada uno de los cuadrantes utilizando como base el mapa de cobertura forestal base del año 2014; para identificar los cambios y necesidades de actualización.

- Para realizar la clasificación, se ingresaba la imagen satelital Sentinel-2, utilizando la herramienta de “*Unsupervised Classification*”, dentro de la ventana se asignaba la cantidad de clases a realizar y el nombre del archivo de salida.
- Generado el archivo, se procedía a cambiar el color de cada una de las clases, aplicando a todo el mismo color de la categoría de interés.
- Una vez teniendo el archivo de clasificación no supervisada y la imagen satelital, se procedía a vincular ambos archivos con la herramienta “*Flicker*”, de esta forma se seleccionaban los pixeles o clases y se cambiaba su color según la categoría a la que pertenecían.
- Concluido el proceso de identificación de categorías y modificado su color dentro del archivo, se precedía a realizar una recodificación. Dado que cada una de las clases adquirió un valor correlativo a la cantidad de clases generadas, era necesario asignarle el valor de la categoría correspondiente. Para ello, se utilizó la herramienta “*Recode*” con la cual se seleccionaban todas las clases de una misma categoría y se le asignaba el valor de dicha categoría.

10.2 Clasificación parcial de una imagen satelital

En algunos casos, tomando de referencia el mapa base del año 2014, solamente se requerían pequeños cambios en algunas de sus categorías. Es por ello que no se realizaba una modificación de las categorías que lo requirieran.

- Este proceso consiste en cortar la imagen satelital en función de alguna categoría del mapa base, el resultado es una imagen Sentinel-2 fragmentada a la cual posteriormente se aplica una clasificación no supervisada; en este caso se utiliza el algoritmo ISODATA de *Erdas Imagine*.
- Con la clasificación forestal base y la imagen satelital, se utilizaba la

herramienta “*Mask*”, para realizar el enmascaramiento por categoría de interés. El enmascaramiento consiste en realizar cortes de capas en función de alguna categoría. La condición de la máscara obedece el límite de alguna categoría para realizar un corte de la imagen satelital.

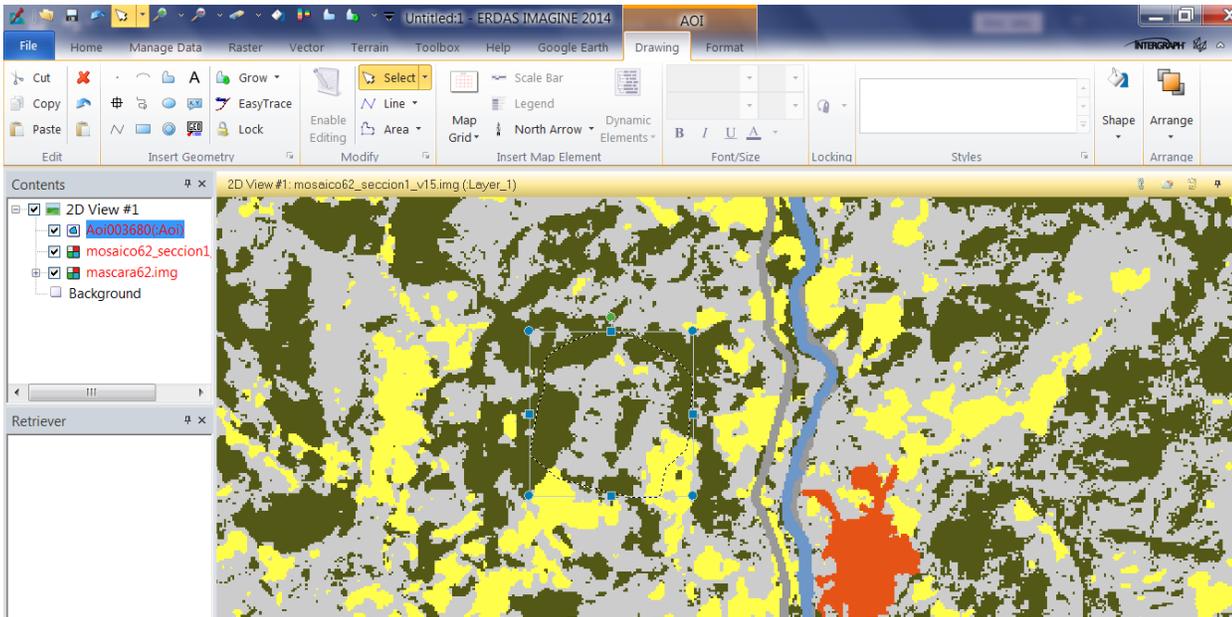
- Para realizar una clasificación no supervisada de la máscara de alguna categoría, se ingresaba el corte de la imagen satelital Sentinel-2, se asignaba la cantidad de clases a realizar y el nombre del archivo de salida.
- Generado el archivo, se procedía a cambiar el color de cada una de las clases, aplicando a todo el mismo color de la categoría de interés.
- Una vez teniendo el archivo de clasificación no supervisada y la imagen satelital, se procedía a vincular ambos archivos con la herramienta “*Flicker*”, de esta forma se seleccionaban los píxeles o clases y se cambiaba su color según la categoría a la que pertenecían.
- Concluido el proceso de identificación de categorías y modificado su color dentro del archivo, se precedía a realizar una recodificación. Dado que cada una de las clases adquirió un valor correlativo a la cantidad de clases generadas, era necesario asignarle el valor de la categoría correspondiente. Para ello, se utilizó la herramienta “*Recode*” con la cual se seleccionaban todas las clases de una misma categoría y se le asignaba el valor de dicha categoría.
- Por último, se creaba un mosaico donde se incluía la clasificación base 2014 y la nueva capa con la categoría corregida.

10.3 Proceso de edición manual

Posterior al proceso de control de calidad, se identifican errores los cuales deben ser corregidos con procesos manuales de edición por medio de la generación de Áreas de Interés (AOI), y otras funciones de edición en la herramienta ERDAS IMAGINE.

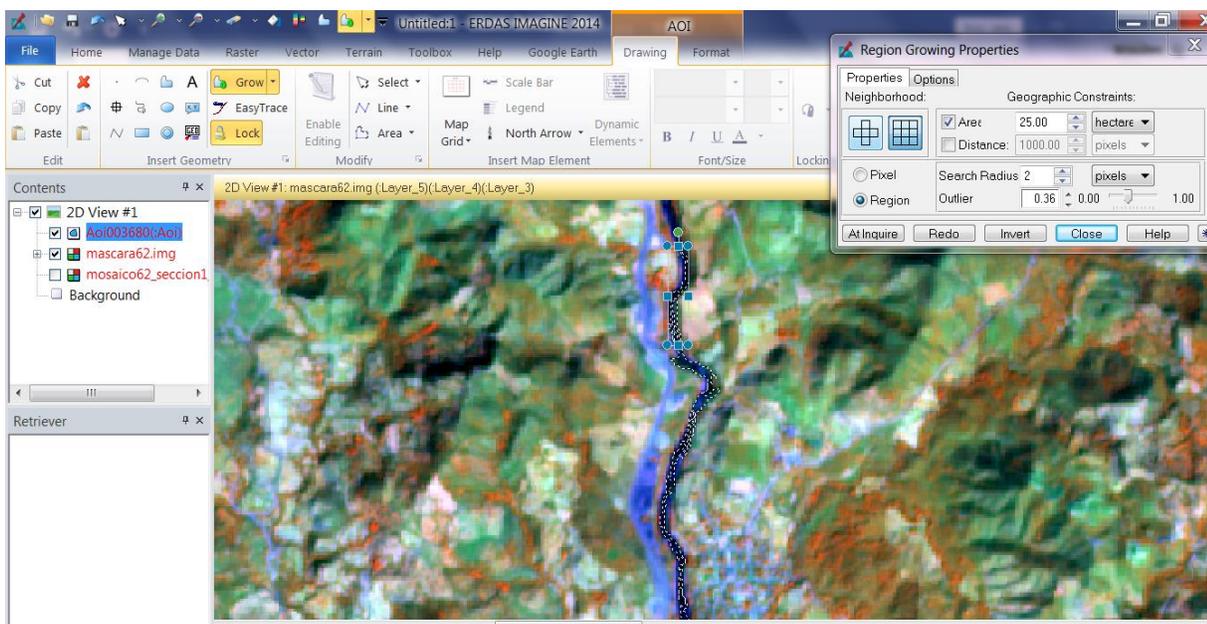
En la edición manual el software ERDAS IMAGINE, al igual o similar que otros softwares especializados cuenta con un formato de edición llamado AOI (*Area of Interest*). Las áreas de interés (AOI) permite hacer polígonos tanto regulares (rectángulos, cuadrados y círculos) como irregulares. La herramienta permite dibujar segmentos que presenten características espectrales o de textura similar.

- **AOI (edición manual):** Es una herramienta de dibujo que permite realizar polígonos en áreas específicas para recodificar categorías.



- **AOI (Grow):**

Es una herramienta de dibujo que realiza poligonales de forma automatizada obedeciendo las características espectrales similares.



10.4 Control de calidad

Para el control de calidad del mapa forestal se realizaron dos etapas distintas y complementarias entre sí, una realizada de forma interna en el equipo de trabajo y posteriormente un control de calidad externo para validar los resultados del mapa.

Durante el proceso de construcción del mapa, se realizaron de forma constante revisiones y correcciones sistemáticas de errores mediante el control de calidad interno entre los técnicos de la Unidad de Monitoreo Forestal. Este proceso implica que otro técnico debe revisar las escenas de clasificación asignadas a cada técnico antes de incluir su escena clasificada en el mapa base para encontrar y corregir los errores producto de una mala interpretación de los mosaicos de imágenes satelitales, así como errores en los códigos ingresados durante la edición, estos fueron editados y corregidos. Posteriormente, el supervisor directo antes de incluir la escena al mapa actualizado debe repetir y aprobar la escena final.

Durante ese proceso interno se realizó una corrección y edición de los bordes entre imágenes para asegurar que no existen errores de traslape de escenas en el mosaico final, puesto que en muchas ocasiones, las escenas continuas a la escena son generadas por técnicos distintos y se debe asegurar la concordancia de todas las imágenes.

Para el proceso externo de validación de la calidad, se realiza un diseño de muestreo para la selección del subconjunto de las unidades espaciales (píxeles o segmentos) que serán la base para la medición de exactitud en el Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra 2018. La recomendación más crítica es que el diseño de muestreo debe ser probabilístico (Olofsson et. al 2014). Este es definido en función de probabilidades, la cual se refiere a la probabilidad en la que cada unidad espacial es incluida en la selección aleatoria (Stehman, 2000, citado por Olofsson et. al 2014).

11. Post procesamiento

11.1 Análisis de resultados Avance del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2018

Con el liderazgo del ICF y el apoyo técnico-financiero de la FAO y MiAmbiente+, Honduras se posiciona a nivel regional como el primer país en presentar su segundo mapa nacional de alta resolución sobre la evaluación del estado de los recursos naturales del país, denominado Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra 2018.



Figura 3. Mapa de resultados de Clasificación del Mapa Forestal 2018

El 56% del territorio está cubierto de bosque lo que representa en extensión territorial un total de 63,154 km². El 79 % (10,998 km²) de las superficies bajo manejo forestal están cubiertas de bosque (Esto representan el 17% del bosque del país). El 74 % (3,311 km²) de las superficies bajo declaratoria de microcuenca están cubiertas de bosque (Esto representan el 5% del bosque del país).

El 74 % (3,311 km²) de las superficies bajo declaratoria de microcuenca están cubiertas de bosque (Esto representan el 5% del bosque del país). El 3 % (3,330 km²) del territorio está

ocupado por sistema agrícolas tecnificados. El 71 % (22,254 km²) de las superficies de las áreas protegidas están cubiertas de bosque) (Esto representan el 35% del bosque del país). Las zonas urbanas a nivel nacional representan el 1% del territorio con una extensión de 963 km²

Los cuerpos de agua representan el 2% del territorio con una extensión de 2,141 km²

Tabla 5. Resultados de área de cobertura por Clasificación del Mapa Forestal 2018

Macro-Categoría	Categoría	Sub-Categoría	Área (Km ²)	%	Color
Bosque	Bosque Latifoliado	Bosque Latifoliado Húmedo	27,888.11	24.79%	
		Bosque Latifoliado Deciduo	11,592.02	10.30%	
		Bosque Mixto	2,388.30	2.12%	
		Bosque Latifoliado Húmedo Inundable	668.18	0.59%	
		Bosque de Palma de Tique	497.13	0.44%	
	Bosque de Mangle	Bosque de Mangle Alto	365.92	0.33%	
		Bosque de Mangle Bajo	135.73	0.12%	
	Bosque de Conífera	Bosque de Conífera Denso	11,234.81	9.99%	
		Bosque de Conífera Ralo	6,071.71	5.40%	
		Bosque de Conífera Plagado	2,169.06	1.93%	
No Bosque	Agroforestales	Cafetales	4,130.71	3.67%	
		Frutales	58.83	0.05%	
	Vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación Secundaria Húmeda	2,406.39	2.14%	
		Vegetación Secundaria Decidua	4,031.67	3.58%	
		Sabanas	2,930.43	2.61%	
		Árboles Dispersos	744.52	0.66%	
	Cultivos Agropecuarios	Palma Africana	2,021.29	1.80%	
		Otras especies de Palma	4.08	0.00%	
		Musácea	66.96	0.06%	
		Caña de Azúcar	394.61	0.35%	
Piña		36.89	0.03%		

Protocolo Metodológico: Mapa de cobertura forestal y usos de la tierra 2018

Unidad de Monitoreo Forestal/CIPF

		Arrozales	4.80	0.00%	
		Agricultura Tecnificada	805.72	0.72%	
		Pastos/Cultivos	26,761.92	23.79%	
	Zonas Urbanizadas	Zona Urbana Continua	720.89	0.64%	
		Zona Urbana Discontinua	227.57	0.20%	
		Zonas Industriales y Comerciales	14.13	0.01%	
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Arenal de Playa	27.93	0.02%	
		Suelo Desnudo Continental	396.77	0.35%	
	Áreas Húmedas	Área Húmeda Continental	1,135.95	1.01%	
		Área Húmeda Costero	188.40	0.17%	
	Superficies de Agua Dulce	Lagos y Lagunas Naturales de Agua Dulce	638.89	0.57%	
		Cuerpos de Agua Artificial	101.99	0.09%	
		Ríos y Otras Superficies de Agua Dulce	590.32	0.52%	
	Superficies de Agua Salada	Mares y Océanos	21.15	0.02%	
		Lagos y Lagunas Salitres	809.75	0.72%	
Camaroneras/salineras		208.48	0.19%		
Total			112,492.00	100.00%	

12. Bibliografía

Achard, F., & Hansen, M. C. (2012). *Global Forest Monitoring from Earth Observations*. CRC Press Taylor & Francis.

European Space Agency (ESA). (s.f.). Sentinel-2. Obtenido de Applications: http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

FCPF –ONUREDD. (2016). Protocolo para la Clasificación digital de Imágenes RapidEye en marco de la elaboración del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de de la elaboración del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de. Tegucigalpa M.D.C.

Feranec, L., Hazeu, G., Christensen, S., & Jaran, G. (2007). Corine Land Cover change detection in Europe (Case studies of Netherlands and Slovakia). *Science Direct* 24, 234-247.

ICF. (28 de 11 de 2019). Lanzamiento del SIGMOF y Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra de Honduras. Mapa de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra. Tegucigalpa M.D.C., Francisco Morazan, Honduras.

INSTITUTO NACIONAL DE CONSERVACIÓN FORESTAL (ICF); MIAMBIENTE. 2016. Protocolo de validación y exactitud temática del Mapa de Cambios por Deforestación de Honduras en las temporalidades 2000-2006, 2006-2012 y 2012-2016. Tegucigalpa, Honduras, C.A.

INSTITUTO NACIONAL DE CONSERVACIÓN FORESTAL (ICF); MIAMBIENTE. 2016. Protocolo para la clasificación digital de Imágenes RapidEye en marco de la elaboración del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras. Tegucigalpa, Honduras, C.A.

PROGRAMA REGIONAL REDD/CCAD-GIZ. 2014. Sistema de Clasificación del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras. Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.

REDD/CADD-GIZ. (s.f.). Programa Regional REDD/CADD-GIZ. Recuperado el 06 de Diciembre de 2019, de DIÁLOGO INTERSECTORIAL Y MULTINIVEL: <http://www.reddccadgiz.org/showComponente.php?id=46>

Romano Grullón, Y. (2010). La evolución del consumo de suelo en la región metropolitana de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña - Centro de Política de Suelo y Valoraciones. Cataluña: UPC.

Valencia, G., & Anaya, J. (2009). Implementacion de la metodología Corine Land Cover con imagenes Ikonos. (8 (15) ed.). Medellín: Revista de Ingenieria Universidad de Medellín.