



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA
Servicio Estatal Forestal

**“PROTOCOLO DE CLASIFICACIÓN DE USOS DE
LA TIERRA Y ANÁLISIS DE SUS CAMBIOS EN
COLLECT EARTH ONLINE PARA LOS NIVELES DE
REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES DE
CUBA”.**



Autores:
Ing. Antonio Guzmán Torres
Ing. Manuel Faradas Campos

La Habana, 2024

Contenido

1. INTRODUCCION2
2. IMÁGENES SELECCIONADAS3
3. BASES CONCEPTUALES PARA LA INTERPRETACIÓN.....	.4
3.1 Clasificación de los usos de la tierra4
3.2 La categoría “Bosques”.....	.5
3.2.1 Definición nacional de bosque.....	.5
3.2.2 Clasificación por tipo bosque.....	.6
3.3 Cambios en el uso del uso de la tierra7
3.3.1 Ganancia de bosque (expansión y forestación)8
3.3.2 Pérdida de bosques (Deforestación).....	.8
3.3.3 Cambios internos en la categoría “Bosque estable”9
3.3.4 Cambios en la categoría “No bosque estable”9
3.4 La fotointerpretación.....	.10
3.4.1 Teoría de la interpretación de imágenes10
3.4.2 Claves fotográficas para la interpretación12
3.4.3 Ejemplos de cambios en la cobertura de la tierra.....	.21
3.4.4 Reglas para la interpretación24
4. INTERPRETACION PARA LOS NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES EN CUBA26
4.1 Diseño del proyecto en Collect Earth On line26
4.1.1 Diseño de muestreo y tamaño de la muestra26
4.1.2 Diseño de la encuesta27

BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

En la búsqueda constante por lograr la representación coherente de las tierras, los países transitan hacia mejores formas de uso de los datos disponibles, reduciendo con ello las sobreestimaciones y subestimaciones en la generación de informes. El marco de transparencia reforzado que se establece en el Acuerdo de París define los mecanismos para lograrlo. Como los países que avanzan en esta dirección, Cuba también realiza esfuerzos por obtener en lo posible datos propios, ajustados a sus circunstancias nacionales y con un nivel de incertidumbre cada vez menor.

Para lograr los propósitos planteados es necesario conceptualizar de forma clara y precisa, comprensible para todos, los diferentes términos y definiciones, categorías, subcategorías, que al respecto de la clasificación de uso de la tierra y sus tipos de cobertura se establecen nacionalmente, pero en coherencia con los conceptos y definiciones internacionales. De igual manera los diferentes cambios que se producen también deben ser comprendidos y asimilados por quienes participan en los procesos de obtención y análisis de información.

El presente documento ha sido elaborado con el objetivo de facilitar esa comprensión en función de captar la información necesaria para la construcción de los niveles de referencia de emisiones forestales (NREF) en Cuba utilizando la herramienta Collect Earth On line (CEO), método que difiere de la forma en que tradicionalmente se ha obtenido la información de los datos de actividad que se utiliza en el inventario de gases de efecto invernadero (INGEI); el cual se realiza a partir de las estadísticas nacionales que se generan mediante declaraciones de los que gestionan el patrimonio forestal de la nación.

El uso de la herramienta CEO constituye un método de probada transparencia, cuyos datos se obtienen mediante la interpretación de imágenes tomadas en diferentes momentos, generando datos que se archivan en una base de datos. Todo ello facilita el proceso de verificación y evaluación, necesarios para garantizar la transparencia.

El documento deviene en una guía importante que no solo puede ser utilizada por los intérpretes que captan la información para los NREF, sino también por todos los interesados que en la utilización de las nuevas técnicas de la fotointerpretación pretendan mejorar sus informaciones. El protocolo, además sienta bases teóricas y prácticas para el establecimiento del sistema nacional de monitoreo forestal en el país y forma parte de la mejora continua de la información para el INGEI.

2. IMÁGENES SELECCIONADAS

Se usaron varias imágenes satelitales, las que por defecto tiene CEO: Satélite Mapbox; Sentinel-2 Compuesto 2023; Planet NICFI (Público); Sentinel-1 Compuesto 2023 y para el Geo-Dash del proyecto se utilizaron: Landsat 8 2014, Sentinel 2 2016, Sentinel 2 2018, Planet Dec 2020, Planet Dec 2022 y Planet Oct 2024. Sus características fundamentales son:

Landsat 8 2014

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_L8_2014

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Sentinel 2 2016

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_S2_2016

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Sentinel 2 2018

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_S2_2018

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Planet Dec 2020

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2020-12_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

Planet Dec 2022

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2022-12_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

Planet Oct 2024

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2024-10_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

3. BASES CONCEPTUALES PARA LA INTERPRETACIÓN

3.1 Clasificación de los usos de la tierra

En el Volumen 3 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero se establecen las categorías del uso de la tierra siguientes:

Tierras forestales: esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar *in situ* los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de tierras forestales.

Tierras de cultivo: esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agrosilvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales.

Pastizales: esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no arbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.

Humedales: esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.

Asentamientos: esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con las definiciones nacionales.

Otras tierras: esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos. Si hay datos disponibles, se aconseja que los países clasifiquen las tierras no gestionadas dentro de las categorías de uso de la tierra descritas anteriormente (por ejemplo, dentro de las Tierras forestales no gestionadas, los pastizales no gestionados, y los humedales no gestionados). Esto mejora tanto la transparencia como la capacidad para realizar el seguimiento de las conversiones del uso de la tierra de determinados tipos específicos de tierras no gestionadas en otros tipos que se encuentren dentro de las categorías anteriores.

Las definiciones anteriores sirvieron de base para la clasificación utilizada en la determinación de los NREF de Cuba. Se tuvieron en cuenta, además las definiciones del FRA y la propia definición nacional de bosques. Las diferentes categorías fueron agrupadas en dos categorías generales: Tierras forestales y Otras tierras. Esta

segunda agrupando a todas las categorías definidas por el IPCC que no son tierras forestales y que por supuesto incluye la categoría otras tierras; en este caso identificada como suelos desnudos.

A partir de que el objetivo fundamental de este trabajo es evaluar los cambios en la cobertura boscosa del país, para una comprensión práctica de las categorías generales a utilizar se decidió diferenciar las tierras forestales, en coincidencia con la definición de FRA en “bosques” y “otras tierras forestales”, cuyas definiciones se explican en lo adelante. A su vez, la categoría “otras tierras forestales” y todas las categorías incluidas en la categoría adoptada de “Otras tierras” se agruparon en una categoría más general denominada “No bosque”. Esto permite simplificar la interpretación de los cambios, lo cual también se explica más adelante.

3.2 La categoría “Bosques”

A los efectos de este trabajo, el interés fundamental de evaluación de los cambios se centra en la categoría “bosques”, de ahí que sobre la base de su definición se establezcan categorías de acuerdo al estado de la cobertura de árboles y categorías o tipos de cambio según la transición hacia diferentes estados de esa cobertura.

La Ley 85/1998, Ley Forestal de Cuba, establece una definición de bosques con un concepto general sin las especificaciones técnicas necesarias que facilite la obtención de datos de actividad y factores de emisión. En el proceso de actualización de la legislación forestal cubana que en estos momentos se realiza, el Consejo Consultivo Forestal formuló una propuesta, siendo la misma la que se tuvo en cuenta para este trabajo.

La definición nacional, en sentido general adopta la definición de bosque que establece FRA, con la diferencia de que en la definición cubana se considera como cobertura de copa mínima el 30%, en tanto FRA define un mínimo de 10%. En las condiciones de Cuba, en la mayoría de los ecosistemas boscosos, es abundante la vegetación arbórea y se considera que densidades inferiores al 30% constituyen una mala cobertura.

3.2.1 Definición nacional de bosque

La definición utilizada es la siguiente:

Bosque: Superficie de tierra donde los árboles son las especies vegetales dominantes con una altura mínima potencial de 5 m, con una cobertura de copas igual o mayor de 30 %, que se extiende por más de 0.5 hectáreas y que, por los servicios que brindan, constituyen ecosistemas de relevancia económica, ambiental y social. No incluye la tierra con uso predominantemente agrícola o ganadero.

Se incluyen en la definición de bosque las especificaciones siguientes:

- a) Formaciones vegetales naturales cuyo desarrollo está limitado por condiciones ambientales adversas y no alcanzan la altura de 5 m, pero pueden alcanzar una altura igual o mayor de 2 m;
- b) plantaciones o áreas regeneradas naturalmente que por su juventud no han alcanzado los 5 m ni una cobertura de copas del 30%;
- c) áreas temporalmente desprovistas de árboles debido a incendios forestales o talas realizadas como parte de prácticas de manejo forestal o talas sanitarias, las cuales se espera se regeneren dentro de un plazo de 5 años. Condiciones locales pueden, en casos excepcionales, justificar un plazo mayor;
- d) caminos forestales, cortafuegos y otras pequeñas áreas con ancho igual o mayor de 20 m y superficie igual o mayor de 0.5 ha, por ejemplo: cortinas rompe vientos o fajas de árboles en áreas abiertas;
- e) áreas de importancia relevante, aunque tengan una superficie de hasta 0,1 ha; ejemplo: rodales semilleros; bosquetes con especies endémicas o amenazadas; grupos de palmáceas o de especies de valor económico; y

- bosques urbanos de interés para la recreación de alguna comunidad, entre otros objetivos;
- f) áreas de bosque salado o “manglar rateño”, que a pesar de no alcanzar los 5 m de altura en su composición están presentes especies arbóreas adaptadas a esas condiciones; y
 - g) áreas cubiertas de bambú y palmeras plantadas o regeneradas naturalmente con potencialidades de alcanzar el límite mínimo establecido para la altura y cubierta del dosel.

Se excluyen de la definición de bosque las especificaciones siguientes:

- a) Agrupaciones de árboles en los sistemas de producción agrícola, tales como plantaciones de frutales, café y cacao bajo sombra arbórea, plantaciones de cocoteros y otras palmeras plantadas con fines comerciales; los sistemas agroforestales con cultivos bajo una cubierta de árboles y los sistemas silvopastoriles, siempre que en estos dos últimos casos predomine el uso agrícola y ganadero; y
- b) Superficies destinadas a la producción agrícola y ganadera cubiertas de marabú con independencia de que hayan alcanzado la altura y cobertura de copa mínimas establecidas para los bosques.

En el caso de la exclusión b) de la definición de bosques es importante explicar que el marabú es la especie *Dichrostachys cinerea* (L.), clasificada en Cuba como una especie altamente invasora que dado a su explosividad de reproducción y a la falta de controles naturales se ha expandido ocupando grandes extensiones de superficie, fundamentalmente destinadas a la producción agrícola y ganadera.

Con independencia de que la especie marabú puede alcanzar alturas de 5 m, incluso superarlas con densidades superiores a la del 30%, las superficies cubiertas por ella no se incluyen en la superficie de bosque. El hecho de ocupar espacios destinados a la producción agropecuaria, cuyas posibilidades de uso han estado temporalmente limitadas, sobre todo por déficit en los aseguramientos necesarios para estas actividades, significa que su inclusión como bosques implica someter estas áreas al régimen de manejo forestal, sobre lo cual existen regulaciones en Cuba que complejizarían la devolución de esas tierras al uso destinado toda vez que se den las condiciones para su explotación.

Por otra parte, la presencia de la especie en tierras de uso forestal no es relevante por cuanto ya se considera en la propia definición de bosques la exclusión de las tierras de uso predominantemente agrícola y ganadero y la inclusión de las superficies donde existan o potencialmente puedan existir especies arbóreas con alturas iguales o superiores a los 5 m.

3.2.2 Clasificación por tipo de bosque

En el INGEI se utiliza una clasificación de los bosques por tipos que son agrupados teniendo en cuenta, fundamentalmente, las características edafoclimáticas, las que determinan el tipo de vegetación. En total se establecen seis clases o tipos que agrupan 16 formaciones boscosas diferentes, según la clasificación de Bisce, 1981. Es decir, fue necesario para la clasificación utilizada en el INGEI definir qué formaciones boscosas la integran, ya que el registro de la superficie de bosques a través de la Dinámica Forestal (DF) se realiza por esas formaciones boscosas. Siendo la DF la fuente de datos de superficie de bosques que se utiliza en el INGEI.

Sin embargo, el empleo de las imágenes satelitales plantea una disyuntiva, y es que dadas las características de las imágenes a utilizar no es posible mediante la interpretación a simple vista definir las clases de bosque utilizadas en el INGEI, y mucho menos las diferentes formaciones boscosas. Esto significa que para la interpretación se estableciera otra clasificación, la que se realizó sobre la base de las clasificaciones mencionadas. En la siguiente tabla se muestra la homologación de las diferentes clasificaciones.

Tabla 1. Homologación de las diferentes clasificaciones por tipos de bosques. Solo para los bosques naturales.
(Fuente: DSEF, Minag).

Formaciones boscosas registradas en la Dinámica Forestal	Clasificación para el INGEI	Clasificación para los NREF a partir del Proyecto en CEO	
Pinar	La formación Pinar se incluyó en el bosque estacional	Bosque Natural de Coníferas	
Monte Fresco	Húmedo		
Monte Nublado			
Pluvisilva			
Pluvisilva de Montaña			
Encinar	Estacional (<20 años) El 20% de la superficie total de las formaciones boscosas que la integran (incluye la formación Pinar)	Bosque Natural de Latifolias (excluye la formación Pinar)	
Semicaducifolio sobre suelo ácido			
Semicaducifolio sobre suelo calizo			
Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje			
Encinar	Estacional (>20 años) El 80% de la superficie total de las formaciones boscosas que la integran (incluye la formación Pinar)		
Semicaducifolio sobre suelo ácido			
Semicaducifolio sobre suelo calizo			
Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje			
Charrascal	Seco		
Cuabal			
Manigua Costera			
Uveral			
Xerófilo de Mogote			
Xerofítico Típico			
Manglares	Manglares	Manglares	

3.3 Cambios en el uso del uso de la tierra

Las Directrices del IPCC del 2006 establecen la siguiente clasificación para las conversiones del uso de la tierra:

- a) Tierras forestales que permanecen como tales (FF)
- b) Pastizales que permanecen como tales (GG)
- c) Tierras de cultivos que permanecen como tales (CC)
- d) Humedales que permanecen como tales (WW)
- e) Asentamientos que permanecen como tales (SS)
- f) Otras tierras que permanecen como tales (OO)
- g) Tierras convertidas en tierras forestales (LF)
- h) Tierras convertidas en pastizales (LG)
- i) Tierras convertidas en Tierras de cultivo (LC)
- j) Tierras convertidas en humedales (LW)
- k) Tierras convertidas en asentamientos (LS)
- l) Tierras convertidas en otras tierras (LO)

Como se ha explicado anteriormente, en el presente trabajo el análisis de los cambios en el uso de la tierra se ha dirigido a evaluar el comportamiento de las tierras forestales, por tanto, de la clasificación anteriormente mostrada las clases o tipos de cambios a analizar son los que se corresponden con los incisos a), g) y de manera general sin particularizar los de los incisos del h) – l).

Considerando todos los cambios probables en cuanto al uso de la tierra, de manera práctica, aquí se han identificado cuatro clases de cambio generales, tal y como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 2. Agrupamiento de las clases de cambio de uso de la tierra establecidas en las Directrices del IPCC por clases de cambio y subcategorías para la determinación de los NREF de Cuba mediante la herramienta Collect Earth On line. (Fuente: DSEF, Minag).

Clases de cambio de uso de la tierra según Directrices del IPCC	Clases de cambio para la interpretación con CEO	
	Clase o categoría de cambio	Subcategoría
Tierras forestales que permanecen como tales (FF)	Bosque estable	Con árboles
		Sin árboles a con árboles
		Con árboles a sin árboles (*)
		Sin árboles
Tierras convertidas en tierras forestales (LF)	Ganancia de Bosques	
Pastizales que permanecen como tales (GG)	No bosque estable	
Tierras de cultivos que permanecen como tales (CC)		
Humedales que permanecen como tales (WW)		
Asentamientos que permanecen como tales (SS)		
Otras tierras que permanecen como tales (OO)		
Tierras convertidas en pastizales (LG)	Entre todas estas clases se considera pérdida de bosques si la categoría de origen es Tierras Forestales.	
Tierras convertidas en Tierras de cultivo (LC)		
Tierras convertidas en humedales (LW)		
Tierras convertidas en asentamientos (LS)		
Tierras convertidas en otras tierras (LO)		

(*) Esta subcategoría se subdivide teniendo en cuenta el motor de la pérdida de árboles, aquí se establecieron tres: por talas; por incendios; y por otras causas.

Para una mejor comprensión de facilite la interpretación en los epígrafes siguientes se dan las definiciones adoptadas para la determinación de los NREF empleando la herramienta Collect Earth On line.

3.3.1 Ganancia de bosque (expansión y forestación)

Ganancia de bosque: Cuando superficie de otras tierras (asentamientos, áreas agrícolas o ganaderas y otras tierras) pasan a bosques en sus variantes de bosques naturales, plantaciones y bosques jóvenes. En este caso se identifica la vía del cambio, o sea si trata de:

- a) Bosque regenerado naturalmente (Bosque natural), conocido además como expansión del bosque.
- b) Bosque plantado (plantación). También se identifica como forestación.

3.3.2 Pérdida de bosques (Deforestación)

Pérdida de bosque: Cuando la superficie de bosques pasa a otro uso de la tierra (La categoría bosque incluye bosques naturales, plantaciones y superficies de bosques sin árboles. La subcategoría bosques sin árboles incluye: bosques jóvenes, áreas taladas, superficies quemadas, bosques muertos). Los cambios a otro uso de la tierra pudieran ser, por ejemplo: tierras de cultivo, pastizales, humedales o asentamientos que incluye minería, canteras, ciudades o pueblos, viales, etc.). Aunque es muy raro, también pudieran producirse cambios a otras tierras forestales.

3.3.3 Cambios internos en la categoría “Bosque estable”

Bosque estable: Cuando en superficie de bosque no se producen cambios que implique cambio de uso de suelo. Sin embargo, a lo interno de este comportamiento pueden darse cambios que es necesario identificar pues tienen incidencia en los niveles de emisión ya que en ocasiones dichos cambios se producen por motores de degradación y en otros casos los cambios reducen o eliminan la degradación. Los posibles cambios son:

- 1) Bosque estable con árboles: Se mantiene o aumenta la presencia de árboles con cobertura de copas igual o mayor del 30%.
2. Bosque estable sin árboles a con árboles: Se pasa de cualquiera de las categorías de bosque sin árboles a bosque con árboles, es decir la categoría de origen puede ser: bosques jóvenes, áreas taladas, superficies quemadas o bosques muertos.
3. Bosque estable con árboles a sin árboles: Cuando se pierde la cobertura de copas o se reduce en menos del 30%. Las causas pueden ser:
 - a) Por Talas
 - b) Por Incendios forestales
 - c) Por eventos meteorológicos extremos: huracanes, tornados, inundaciones, sequía, plagas y enfermedades, contaminación, incremento de la salinidad e interrupción del flujo y reflujo en el caso de los manglares, etc.
4. Bosque estable sin árboles: Cuando superficies en las variantes de bosque sin árboles se mantienen, aunque haya cambios internos, por ejemplo: de superficies talada, quemada o bosque muerto pase a bosque joven; se mantenga en bosque joven y que de bosque joven pase a superficie quemada o bosque muerto. En este caso esos movimientos internos no se registran.

3.3.4 Cambios en la categoría “No bosque estable”

No bosque estable: Cuando no se producen cambios en cualquiera de las categorías de otras tierras forestales, cultivos agrícolas, pastizales, asentamientos, otras tierras y humedales y masas de agua; o se producen cambios entre ellos, pero ninguno pasa a ser tierras forestales en la categoría bosques.

3.3.4.1 Cambios por la presencia de Marabú

Las tierras agrícolas y pastizales, en una cantidad considerable, se cubre de una especie exótica invasora, el marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. ssp. *africana* Brenan & Brummitt var. *Africana*) cuyas áreas en su mayoría alcanzan los requisitos para ser consideradas como bosques. Sin embargo, en la definición cubana de bosques, las superficies cubiertas con esta especie se excluyen de dicha definición ya que se corresponden a terrenos destinados a la actividad agropecuaria que de manera temporal no son explotadas con estos fines.

A lo interno del comportamiento no bosque estable es necesario identificar los cambios que se producen en relación al marabú por tener un alto potencial de absorción de carbono, de ahí que, se registren los cambios siguientes:

- a) Ganancia de marabú
- b) Pérdida de marabú
- c) Marabú estable
- d) Sin cambios: Este abarca el resto de la superficie no bosque donde no hay incidencia del marabú.

3.4 La fotointerpretación

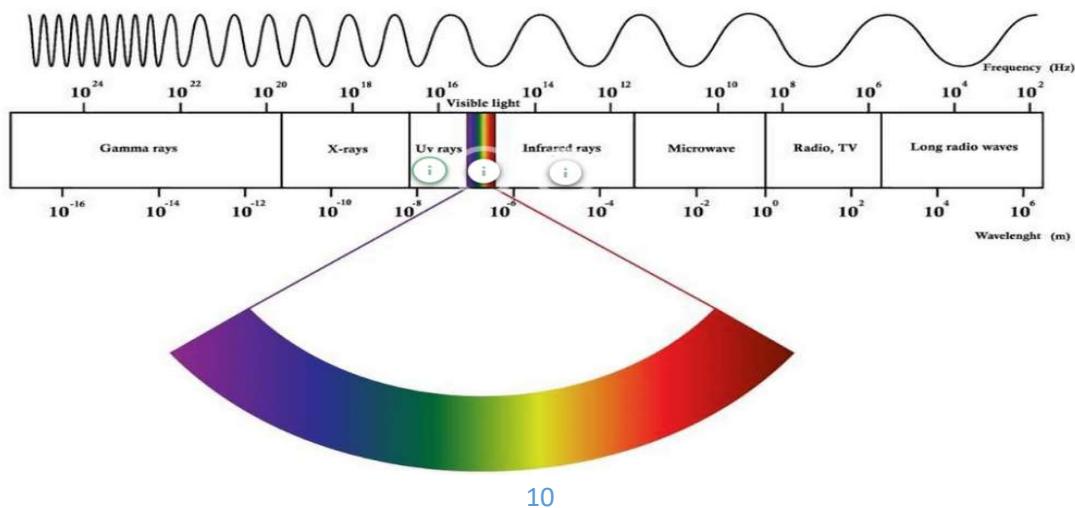
La obtención de información sobre el uso de la tierra, sus cambios y la medición de la superficie con relación a ello no se concibe en la actualidad sin las técnicas de la teledetección. La misma se basa en el empleo de sensores ópticos para la obtención de imágenes que luego son analizadas mediante la fotointerpretación. En 2006, aplicado a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) estableció una definición al respecto: "datos de teledetección, son los adquiridos por los sensores (ópticos, de radar o de LIDAR) a bordo de los satélites, o mediante cámaras equipadas con películas ópticas o infrarrojas, instalados en los aviones".

Estos datos se clasifican generalmente para proporcionar estimaciones de la cobertura de la tierra y su área correspondiente, y por lo general requieren datos de la tierra que se obtienen mediante encuestas para proporcionar una estimación de la precisión de la clasificación. La clasificación puede hacerse ya sea por análisis visual de las imágenes o fotografías, o por métodos digitales (por computadora) (IPCC, 2006).

La ventaja de la teledetección está en su capacidad de proporcionar información espacial y repetida en el tiempo lo que permite cubrir grandes extensiones y comparar para momentos diferentes ya pasados el estado de la cobertura. El reto de la teledetección se relaciona con el problema de la interpretación: las imágenes deben ser traducidos en información significativa sobre la ocupación y uso del suelo (IPCC, 2006).

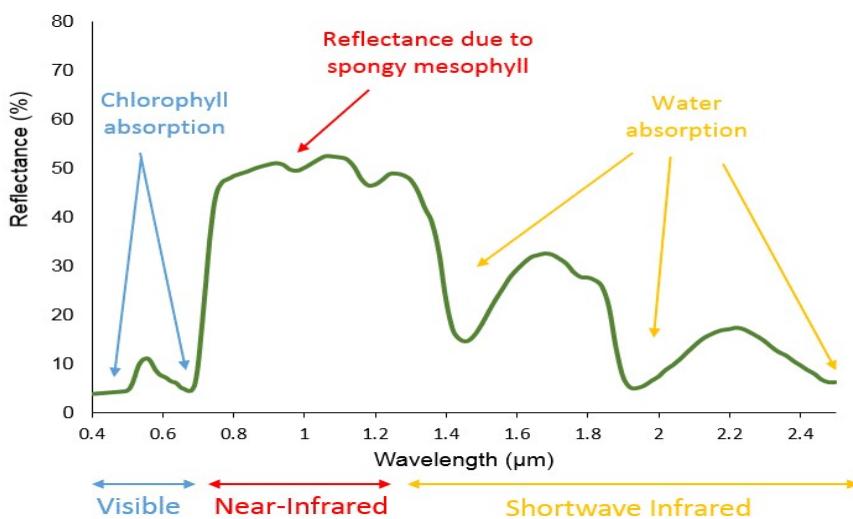
3.4.1 Teoría de la interpretación de imágenes

La técnica de la teledetección se fundamenta en el fenómeno físico denominado electromagnetismo y sus interacciones con la materia. La luz blanca se traslada en el espacio debido a este fenómeno. La materia, cualquiera que sea su naturaleza, tiene la propiedad de absorber y reflejar la luz que llega a ella en forma de energía. La devolución de la energía que no es absorbida se conoce como reflexión. La energía de la luz blanca tiene longitudes de onda con valores entre el ultravioleta y el infrarrojo conocido como "*El Spetrum electromagnético*".



Cada cuerpo en su interacción con la luz absorbe o devuelve determinados valores de longitud de onda de ese espectro. La relación entre la energía incidente y la energía reflejada se conoce como reflectancia. Para la identificación de objetos y procesos en la superficie de la tierra, debemos conocer la reflectividad de estos objetos, o sea, de ese espectro qué longitudes de onda se absorbe y cuáles se devuelven.

Cada tipo de material (suelo, vegetación, agua, etc.) refleja la radiación incidente de manera diferente en cada rango de longitudes de onda, lo que le permitirá distinguirse de los demás si se mide la radiación reflejada. Para cada longitud de onda el porcentaje de la reflectividad se conoce como "Firma espectral" y constituye una marca de identidad de cada objeto. El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la reflectividad de la vegetación.



De lo anterior se explica que la vegetación, por la presencia de la clorofila, se muestra de color verde al ser este el color del espectro visible que las plantas absorben y refleja el color rojo, de ahí que en una imagen en infrarrojo la vegetación se muestre en ese color.

En la vegetación, el nivel de reflectancia se modifica principalmente por tres factores principales: 1) los tipos de pigmentos; 2) la estructura de las hojas y 3) el contenido de humedad. La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el espectro visible, pero tiene un pico de color verde debido a la clorofila. La reflectividad es muy alta en el infrarrojo cercano debido a la baja absorción de energía por las plantas en esta banda. En la onda corta del infrarrojo hay una disminución en aquellas longitudes de onda en la que el agua de la planta absorbe la energía. Cuando aumenta el contenido de agua en la vegetación, la reflectividad disminuye.

En la fotointerpretación es importante tener en cuenta cual es la firma espectral de cada cuerpo o materia. Conociendo qué longitudes de onda se absorben o reflejan se puede identificar con mayor seguridad el tipo de uso de la tierra y las características o estado de su cobertura.

Sobre esta base de conocimiento debe tenerse en cuenta, además, que tanto las nubes, el polvo u otra sustancias o cuerpos que se interpongan entre la superficie de la tierra y el equipo que se utiliza en la captura de la imagen generan interferencias modificando el patrón de las longitudes de onda que se reflejan, lo que puede generar errores en la interpretación o afectaciones por la calidad de la imagen. Por tanto, es necesario obtener mosaicos de imágenes depuradas de esas distorsiones para disminuir las probabilidades de error.

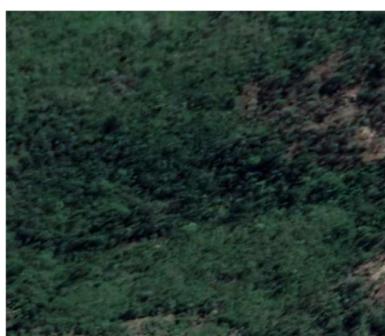
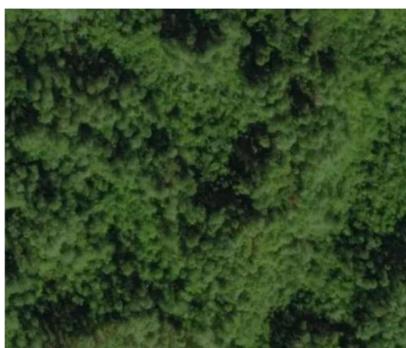
3.4.2 Claves fotográficas para la interpretación

TIERRAS FORESTALES

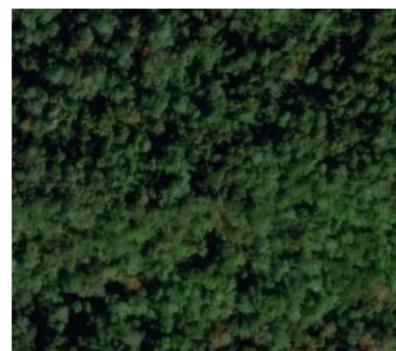
BOSQUES

Bosques Naturales

Coníferas

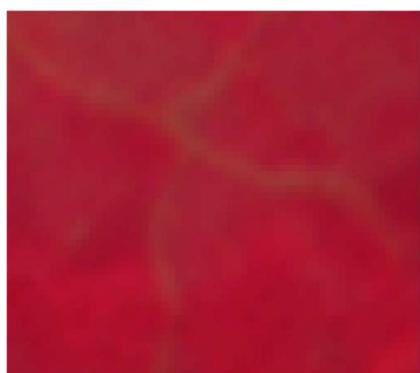


Latifolias



Plantaciones

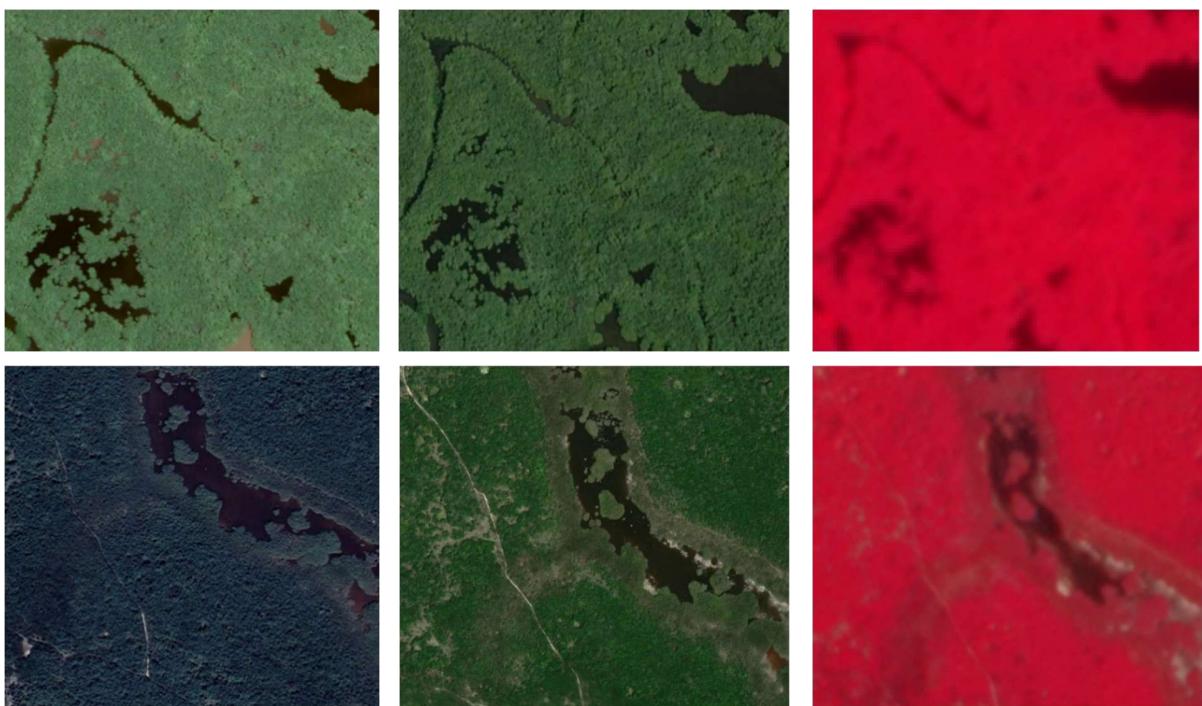
Coníferas



Latifolias



Manglares



Bosques sin árboles

Bosques jóvenes (áreas en transición a bosques)



Superficies quemadas



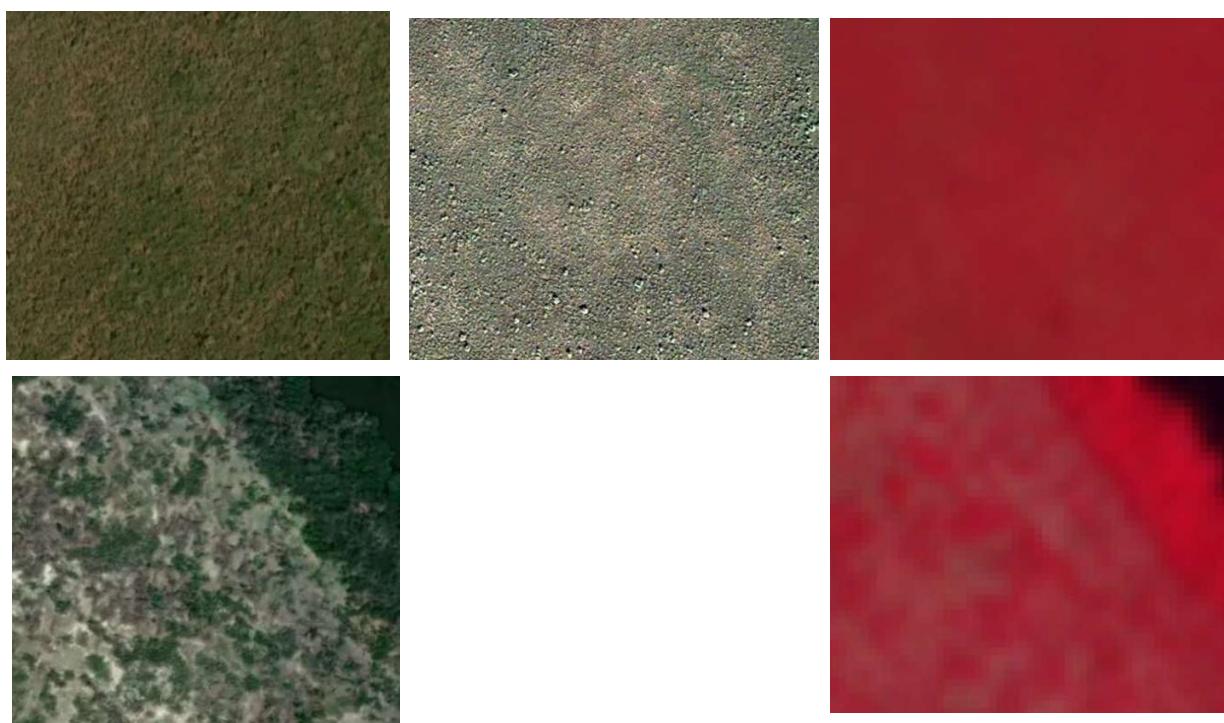
Superficies taladas



Bosques muertos



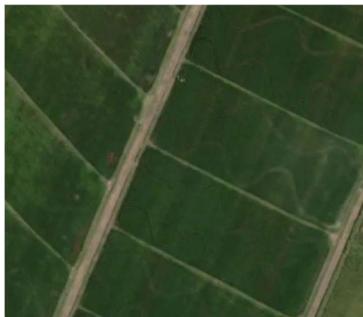
Otras tierras forestales



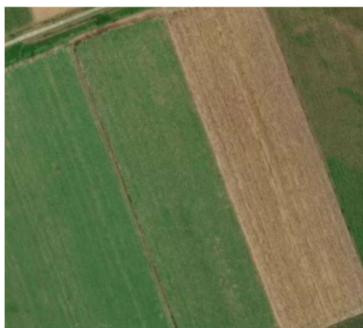
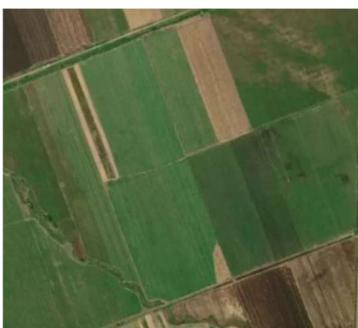
OTRAS TIERRAS

CULTIVOS

Arroz



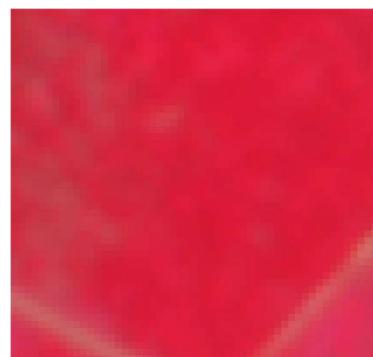
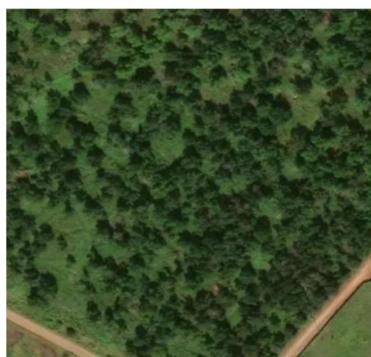
Caña de Azúcar



Cultivos varios



Frutales



Cafetales y Cacaotales



Marabú en tierras de cultivos

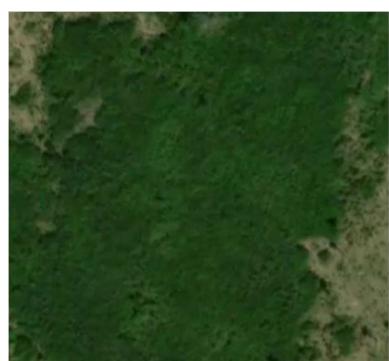
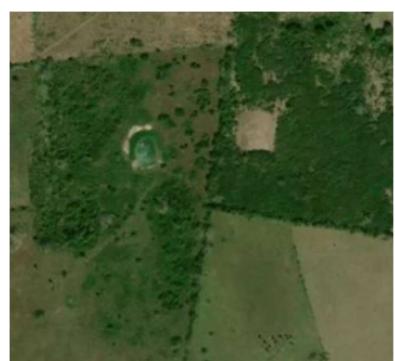


PASTIZALES

Pastizales



Marabú en Pastizales



ASENTAMIENTOS

Ciudad



Pueblo o Asentamiento Rural



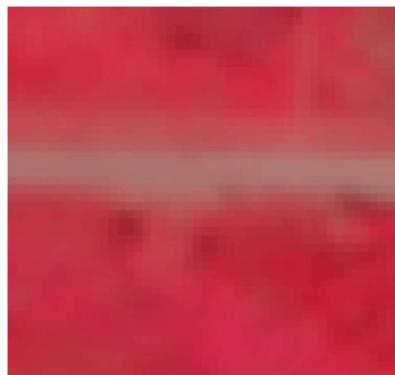
Minería



Áreas de construcción para inversiones (Incluye canteras)

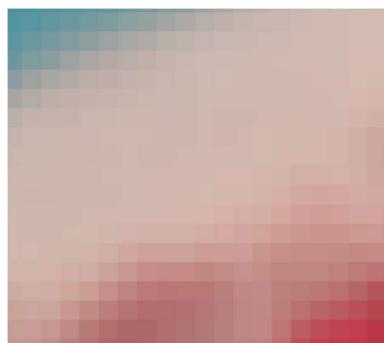
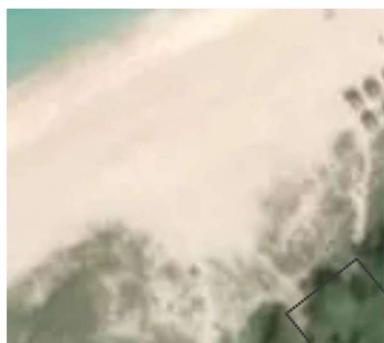


Viales



SUELO DESNUDO

Arena (Playa)



Salitrales



Asomos Rocosos



HUMEDALES Y MASAS DE AGUA

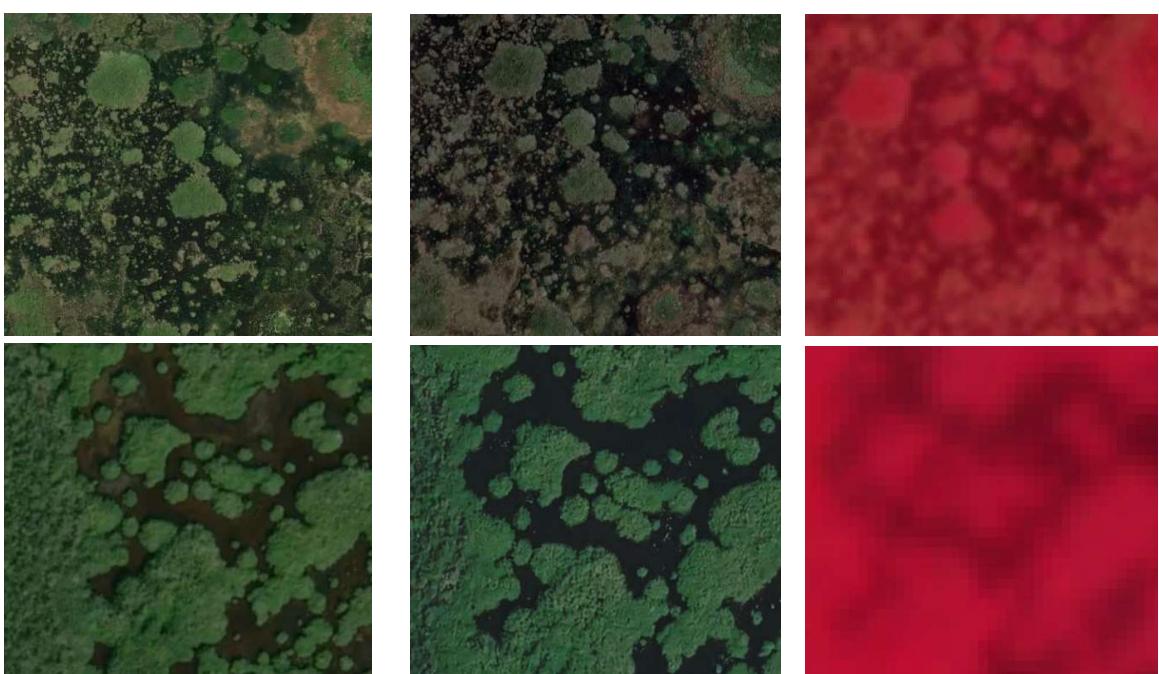
Aguas interiores (Ríos, Presas, Embalses y Lagunas)



Mar



Coberturas inundables no bosque (ciénagas, pantanos)



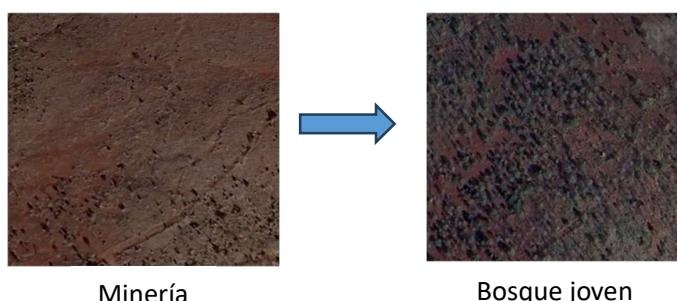
3.4.3 Ejemplos de cambios en la cobertura de la tierra

Pérdida de bosque (Deforestación):



El cambio se produce de bosque a no bosque, o sea, hacia alguna categoría de otras tierras o humedales y masas de agua.

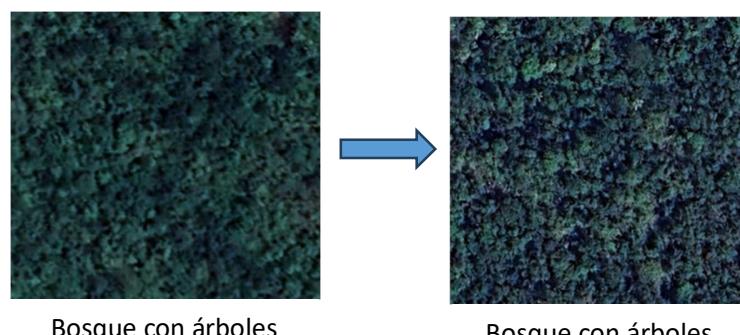
Ganancia de bosque:



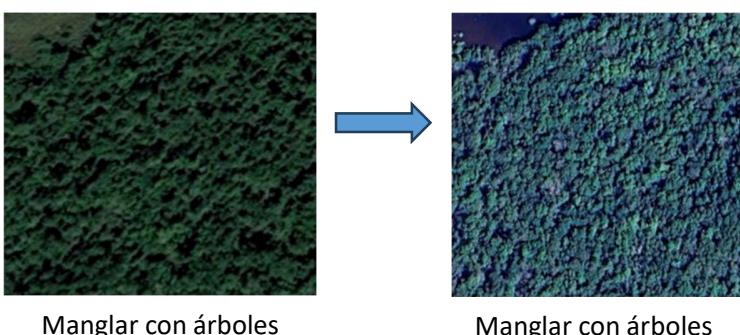
El cambio se produce de alguna categoría de otras tierras o humedales y masas de agua hacia bosque.

Bosque estable:

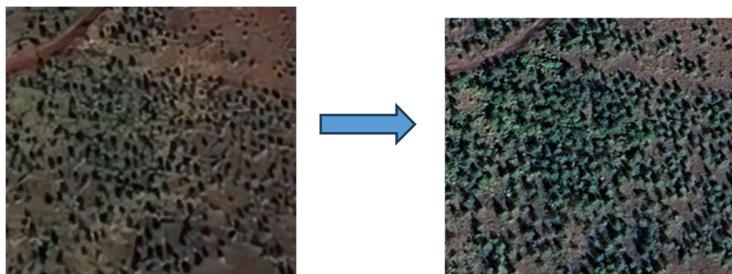
Bosque estable con árboles:



En estos casos no se produce ningún cambio. En el periodo que se analiza el bosque se mantiene con una cobertura de copas igual o superior al 30%.



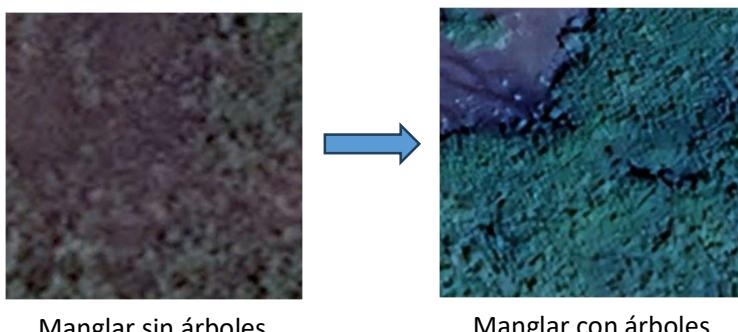
Bosque estable sin árboles a con árboles:



Bosque joven

Bosque con árboles
(Plantación)

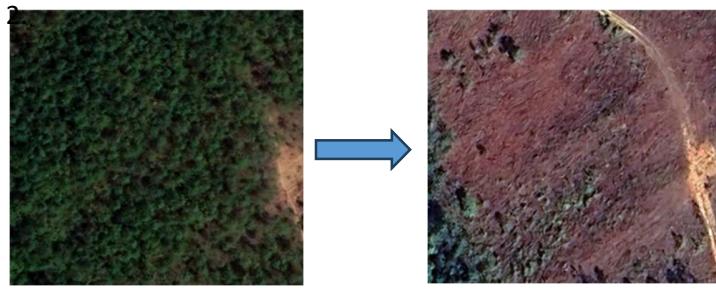
El cambio se produce de alguna categoría de bosque sin árboles (calvero, superficie quemada, bosque muerto, superficie talada) hacia la categoría bosque con árboles.



Manglar sin árboles

Manglar con árboles

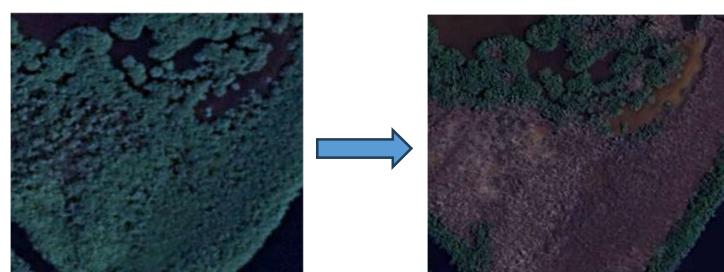
Bosque estable con árboles a sin árboles:



Bosque con árboles

Área talada

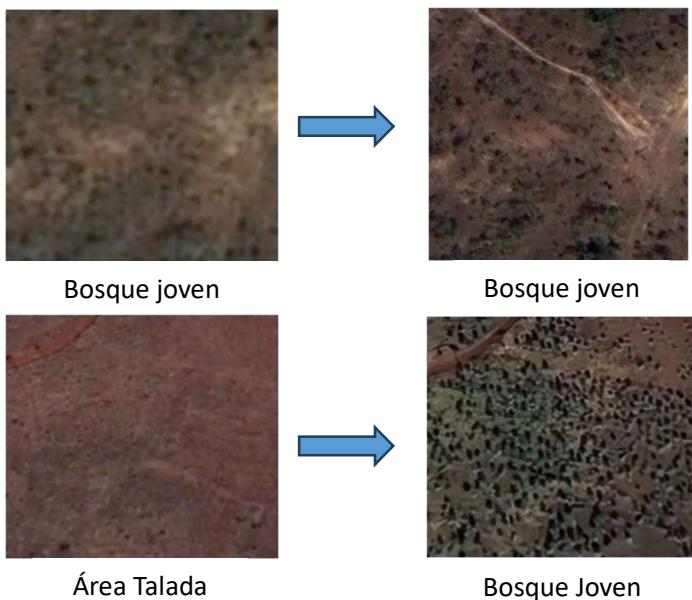
El cambio se produce de alguna categoría de bosque con árboles (bosque natural o plantación) hacia cualquier categoría de bosque sin árboles (calvero, superficie quemada, bosque muerto, superficie talada).



Manglar con árboles

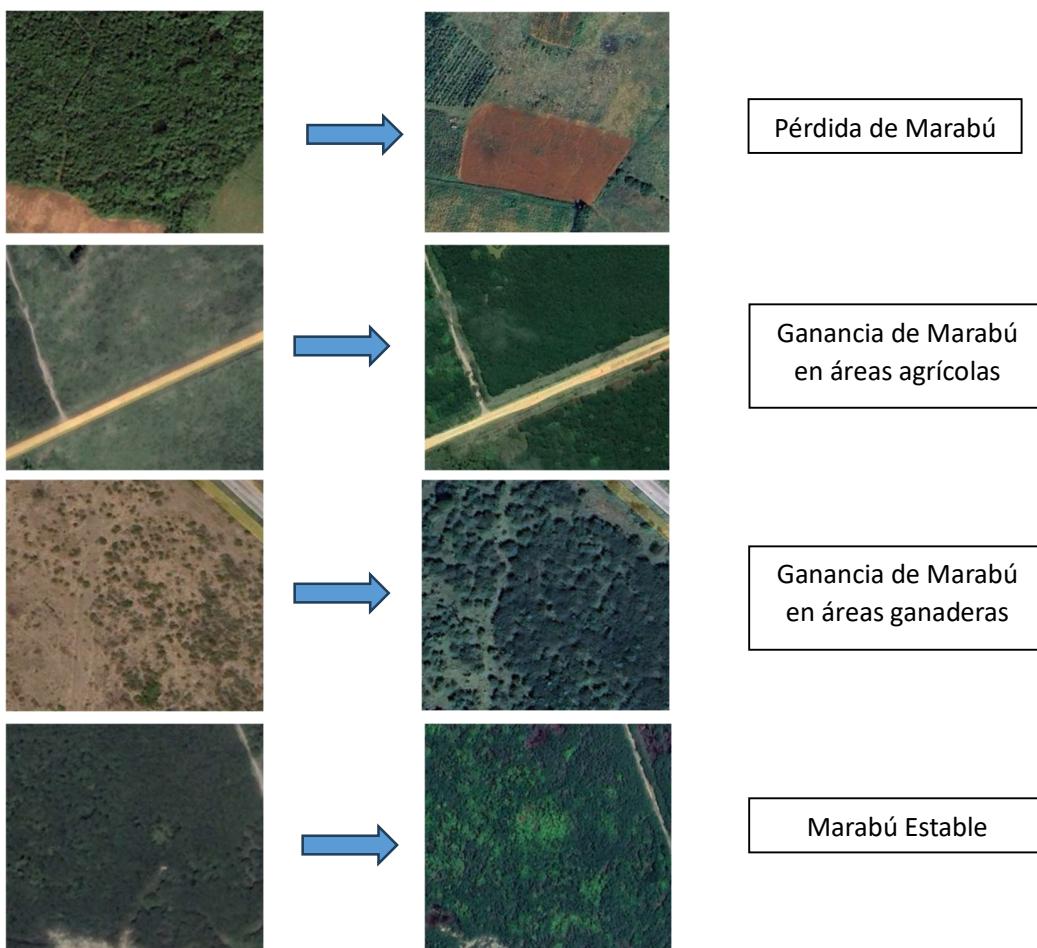
Manglar sin árboles
(bosque muerto)

Bosque estable sin árboles:



En estos casos no se produce cambio en la categoría bosque sin árboles; aunque a lo interno de ella pueden producirse dos cosas: a) que se mantenga estable en la subcategoría existente durante el periodo que se analiza o b) que se produzcan cambios de una subcategoría a otra. En todos los casos la proyección de copas se mantiene inferior al 30% y/o las plantas no alcanzan los 5 m de altura.

Comportamiento en las áreas cubiertas de marabú:



3.4.4 Reglas para la interpretación

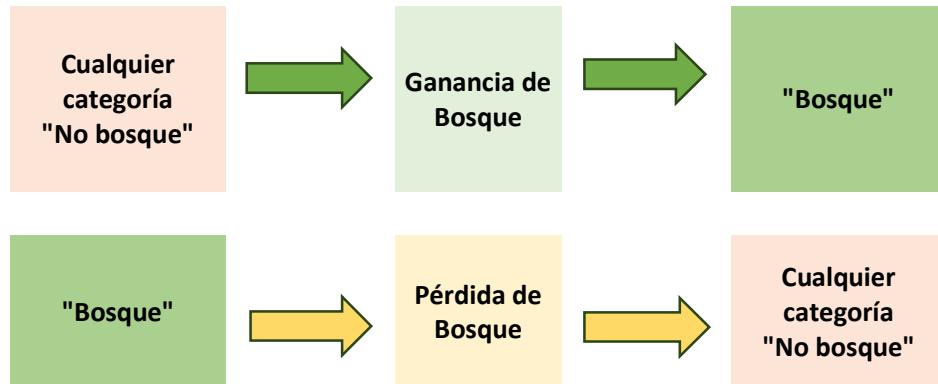
El planteamiento de determinadas reglas facilita la interpretación por cuanto constituyen una guía, definen una decisión y evita interpretaciones diferentes a las que corresponde en casos específicos donde es conveniente proceder en busca de una mayor representatividad de aquellas situaciones raras, poco comunes o que en la realidad ocurren en menor cuantía y puede que en la distribución de las muestras no hayan tenido posibilidad de ser representadas, al menos en las cantidades que aseguren un proporción lo más fiel posible a esa realidad.

Para este trabajo se establecen las siguientes reglas y lógicas de interpretación:

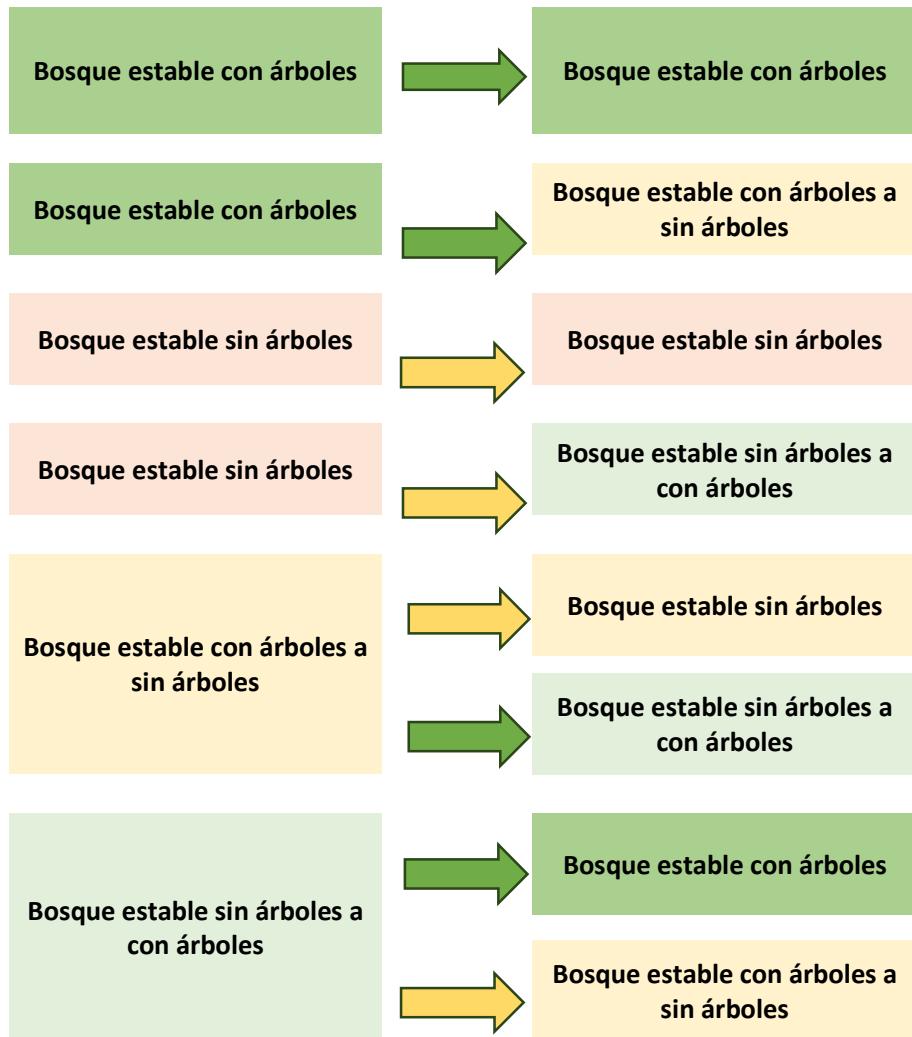
- 1) Cuando en una parcela existan dos o más categorías de uso de la tierra diferentes, la parcela se identifica con el uso predominante, o sea, el que existe en mayor proporción.
- 2) A excepción de lo anterior, si en una parcela existen categorías raras, es suficiente con que, en al menos el 20% de la superficie de la parcela exista esa categoría.
- 3) Son categorías raras las siguientes:
 - a) En la categoría asentamientos las que correspondan a ciudades, pueblos, minería y los viales si se trata de autopistas, carreteras y caminos de primer orden cuando se extiendan a todo lo largo o ancho de la parcela y su ancho supere los 20 m.
 - b) Los ríos y arroyos cuando se extiendan a todo lo largo o ancho de la parcela y su ancho supere los 20 m;
- 4) Cuando en una parcela la proyección de copas de los árboles sea igual o superior al 30% se identifica como bosque.
- 5) Se identifican como bosque sin árboles aquellas parcelas donde predomine la superficie proveniente de bosques con árboles y haya perdido la cobertura de árboles, pero no han pasado a otro uso de la tierra.
- 6) Toda parcela que por sus antecedentes se reconoce como área agrícola o ganadera, se identifica como marabú en cultivo o marabú en pastizal si al menos la superficie tiene un 30% o más cubierta de marabú.
- 7) Al analizarse los cambios deben cumplirse las lógicas siguientes:
 - a) Cuando el cambio que se identifica para un subperiodo sea ganancia de bosque, en los períodos siguientes no puede identificarse ganancia de bosque nuevamente si no se ha producido pérdida de bosque o le antecede una categoría de uso de la tierra no bosque.
 - b) Cuando el cambio que se identifica para un subperiodo sea pérdida de bosque, en los períodos siguientes no puede identificarse pérdida de bosque nuevamente si no se ha producido ganancia de bosque o le antecede una categoría de bosque.
 - c) Cuando el cambio que se identifica para un subperiodo sea bosque estable con árboles a sin árboles, en los períodos siguientes no puede identificarse ese mismo cambio nuevamente si no se ha producido el cambio bosque estable sin árboles a con árboles o le antecede bosque estable con árboles.
 - d) Cuando el cambio que se identifica para un subperiodo sea bosque estable sin árboles a con árboles, en los períodos siguientes no puede identificarse ese mismo cambio nuevamente si no se ha producido el cambio bosque estable con árboles a sin árboles o le antecede bosque estable sin árboles.
 - e) Cuando a un subperiodo le antecede la categoría de cambio Bosque estable con árboles el cambio que le sucede es la propia categoría o bosque estable con árboles a sin árboles y luego bosque estable sin árboles o sin árboles a con árboles si se restablece la cobertura nuevamente.
 - f) Cuando a un subperiodo le antecede la categoría de cambio Bosque estable sin árboles el cambio que le sucede es la propia categoría o bosque estable sin árboles a con árboles y luego bosque estable con árboles o con árboles a sin árboles si se perdiera la cobertura ganada por alguna causa nuevamente.

Representación esquemática de los cambios:

Cambios en el uso de la tierra



Cambios en la cobertura de árboles dentro de la categoría “bosques”



4. INTERPRETACION PARA LOS NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES EN CUBA

4.1 Diseño del proyecto en Collect Earth On line

Previo al diseño del proyecto en Collect Earth fue creada la institución, denominada Servicio Estatal Forestal Cuba, para la cual se registraron los usuarios que trabajarían como intérpretes, además de los que cumplirían alguna función como administradores:



4.1.1 Diseño de muestreo y tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se calculó usando la fórmula de asignación de parcelas de Newman tomando como base toda la superficie terrestre del país y considerando la variación que ha tenido la cobertura forestal en los últimos diez años:

$$n = \left(\frac{tCV\%}{IC\%} \right)^2$$

Donde:

n: es el tamaño de muestra necesario

t: es el valor de t a un nivel de confianza definido (1.96)

CV: es el coeficiente de variación (En este caso para la cobertura forestal del país)

IC: es el medio ancho de intervalo de confianza deseado (Se tomó el 95%).

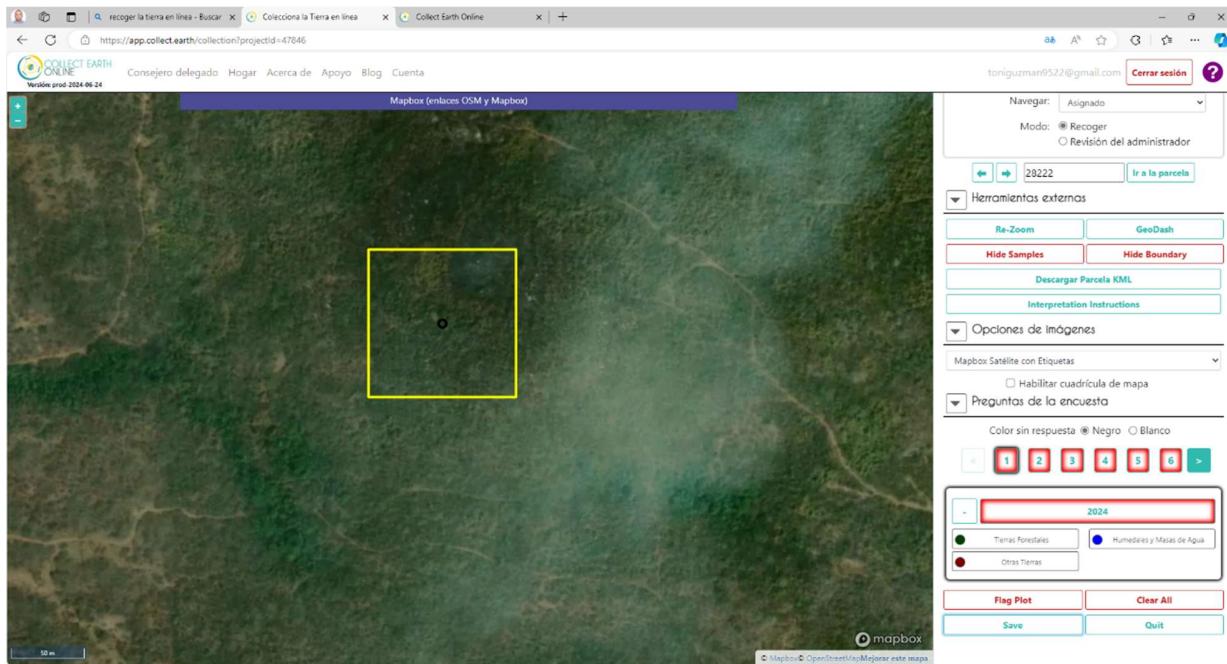
Se aplicó el muestreo sistemático por cuadrícula creando en QGIS una malla de puntos (parcelas) que fueron importadas a CEO. En total se establecieron 10 000 mil parcelas para todo el país distribuidas a 3,5 km una de otra. [**Ver la Figura siguiente**](#):

Figura 1: Distribución de las parcelas de muestra mediante grilla de punto obtenida en QGIS para un tamaño de muestra de 10 000 parcelas.



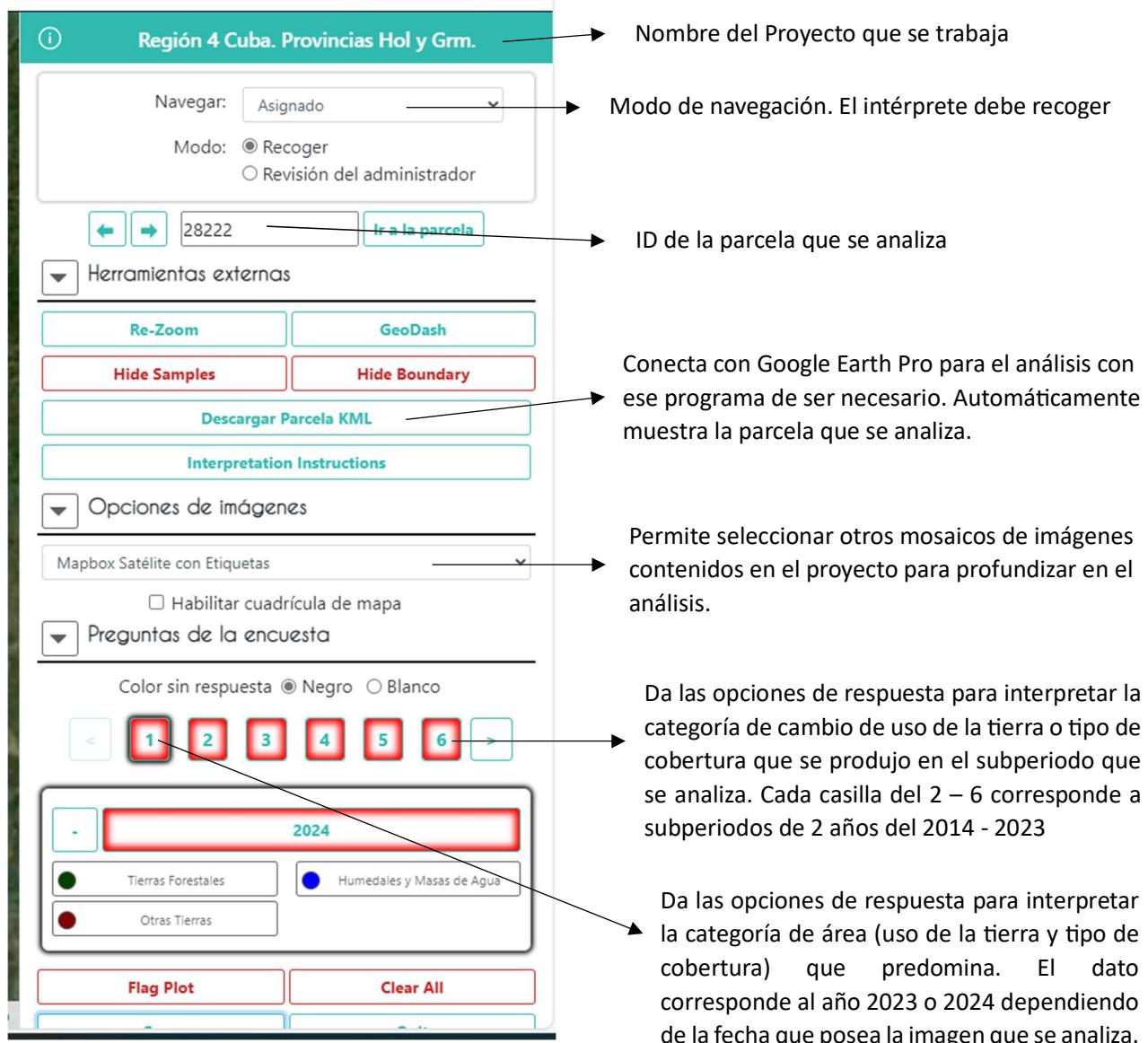
4.1.2 Diseño de la encuesta

A manera de ejemplo se muestra en la interfaz de uno de los proyectos creados el diseño de la encuesta ([Ver la siguiente figura](#)). Independientemente de que se analizó un periodo de 10 años 2014-2023 debe señalarse que los NREF se determinaron considerando el periodo 2014-2019, quedando el periodo 2020-2023 para el análisis de los resultados alcanzados con respecto a los NREF.



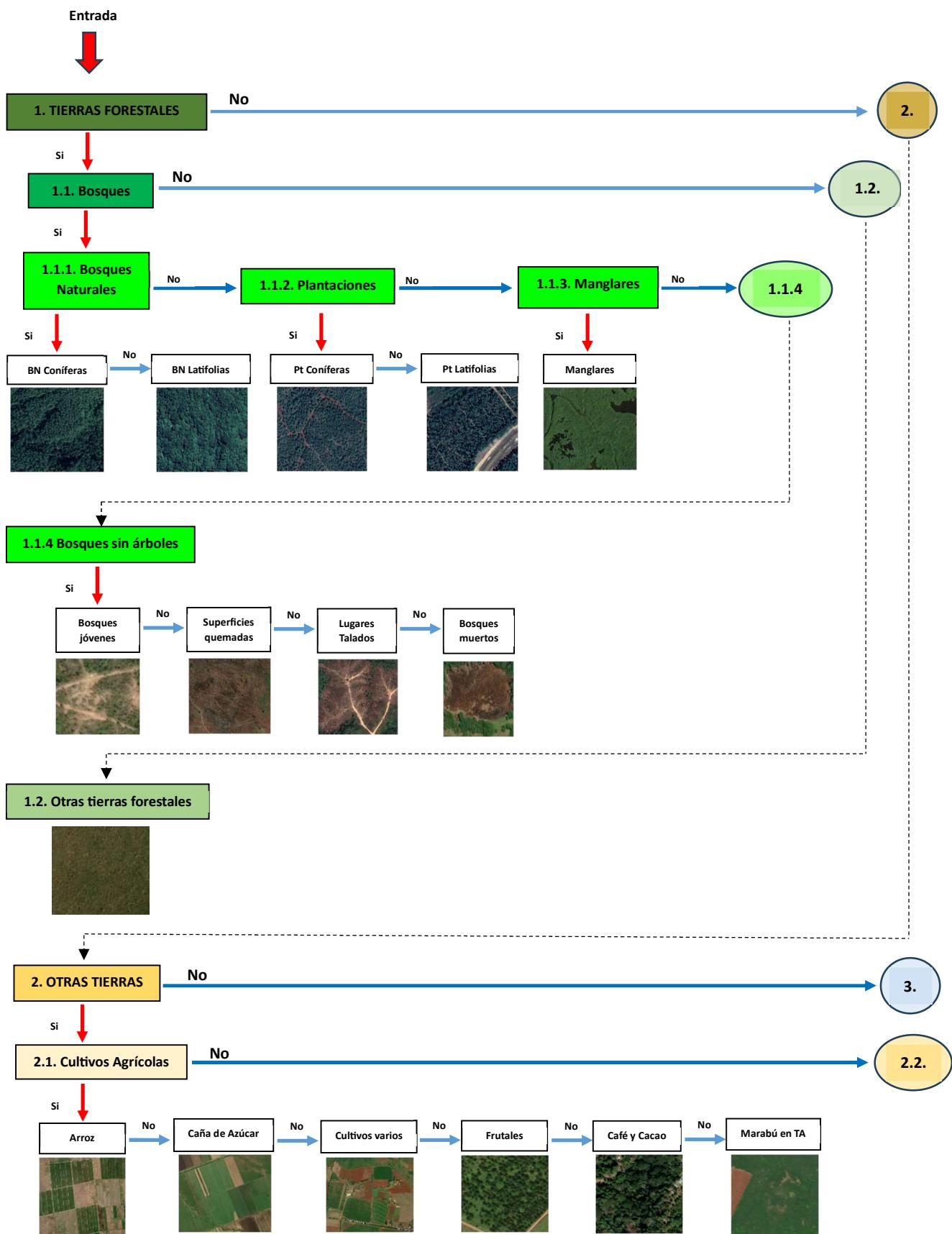
El cuadrado con borde de color amarillo corresponde a la parcela que se analiza. La misma tiene una dimensión de 100 m x 100 m, o sea, tiene una superficie de 1 ha. Como se aprecia tiene un solo punto de muestreo, el cual representa la misma superficie de la parcela; de modo que cuando se identifica para ese punto la categoría de área o categoría de cambio, esto se traduce en que esa superficie identificada para esa parcela equivale a 306,25 ha en el terreno.

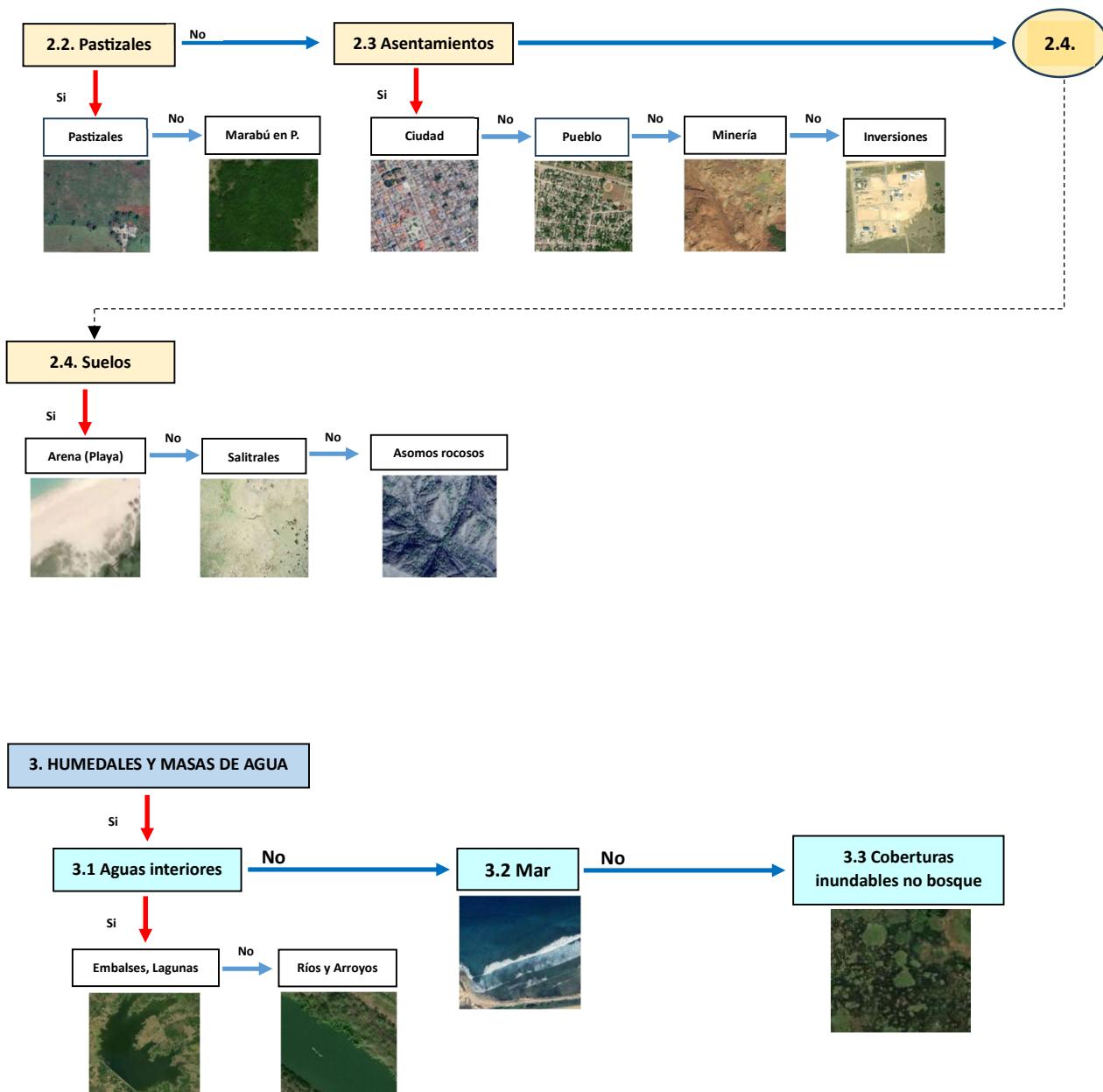
En el siguiente esquema se muestran los elementos generales de la encuesta:



Las casillas presentan un color diferente de acuerdo con el estado de análisis: el color rojo de las casillas significa que aún no han sido respondidas; el color amarillo que se están analizando y no se han dado aún todas las respuestas necesarias; y el color verde azul que ya fueron respondidas todas las preguntas y por tanto pueden ser salvadas las respuestas. Los pasos a seguir en el análisis para responder la encuesta se muestran en el árbol de decisión para la interpretación del uso de la tierra y el tipo de cobertura y para responder sobre los cambios de un subperiodo a otro en el árbol de decisión para la interpretación de los cambios.

4.1.2.1 Árbol de decisión para la interpretación del uso de la tierra y el tipo de cobertura





4.1.2.2 Preguntas y opciones de respuestas sobre el uso de la tierra y tipo de cobertura

En los esquemas siguientes se muestran las preguntas y respuestas probables:

Preguntas de la encuesta

Color sin respuesta Negro Blanco



Responde a la categoría de uso de la tierra y tipo de cobertura en el año 2024.

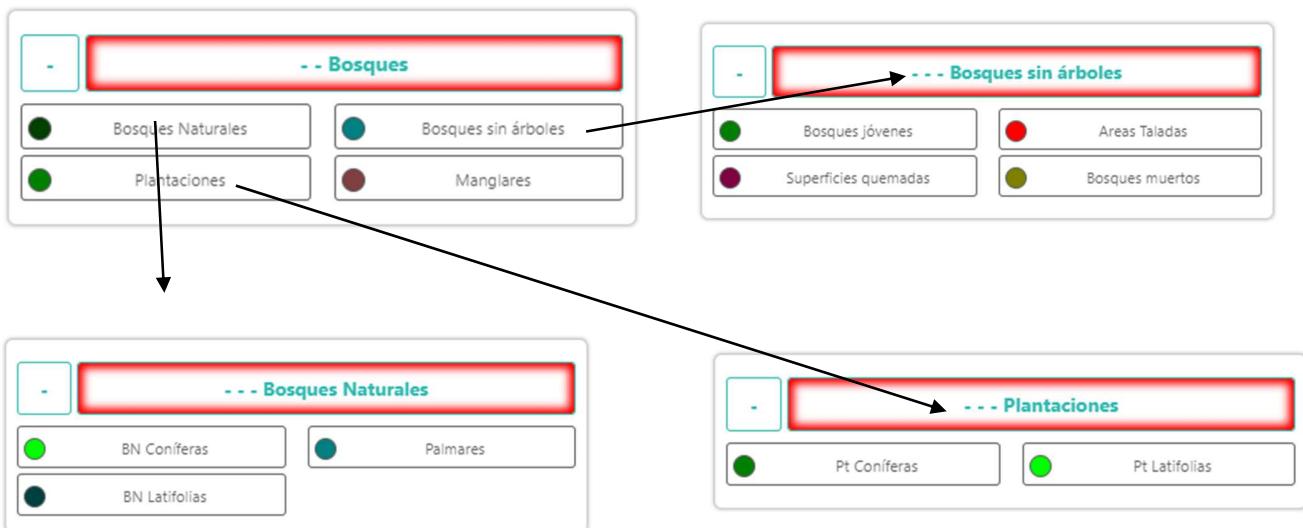
- 2024

<input checked="" type="radio"/>	Tierras Forestales	<input type="radio"/>	Humedales y Masas de Agua
<input checked="" type="radio"/>	Otras Tierras		

- Tierras Forestales

<input checked="" type="radio"/>	Bosques	<input type="radio"/>	Otras Tierras Forestales
----------------------------------	---------	-----------------------	--------------------------

Diferentes opciones de respuestas para cuando se selecciona “Bosques” dentro de “Tierras Forestales”

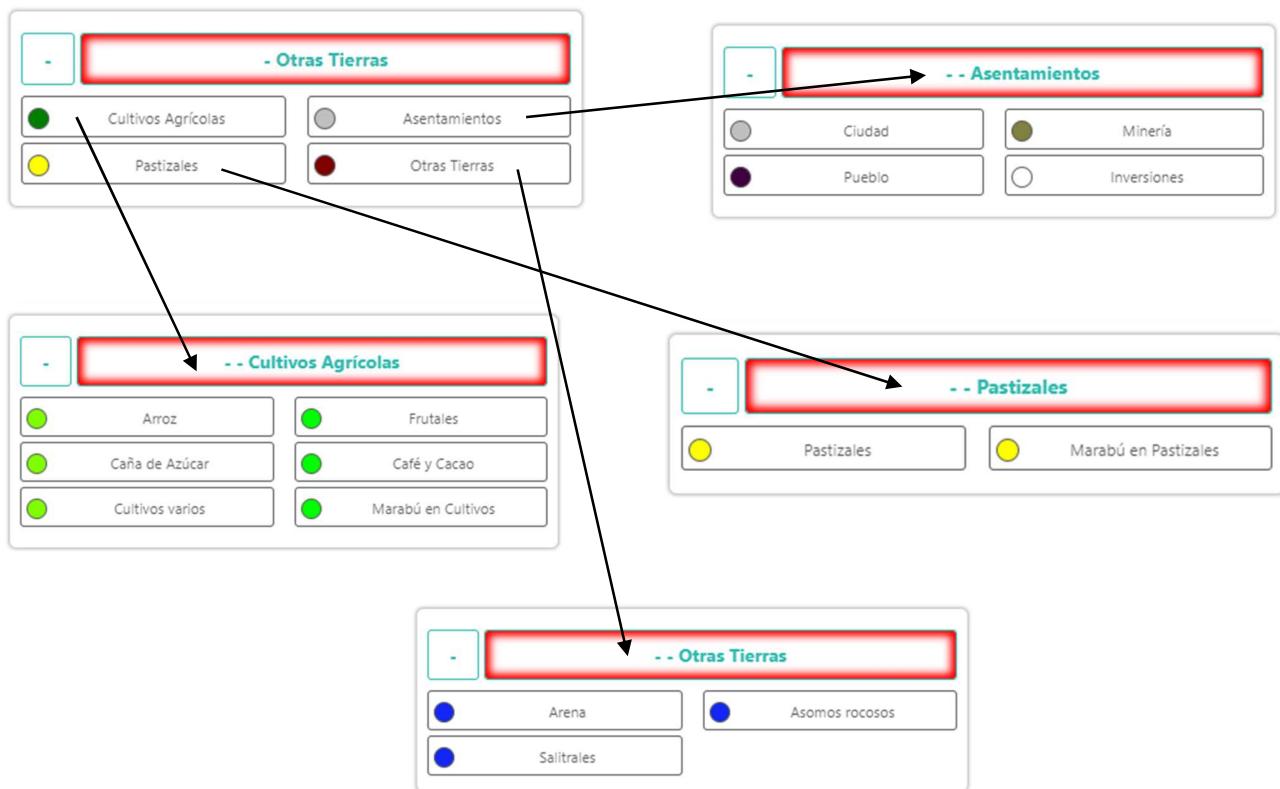


Otra opción distinta de “Bosques” dentro de “Tierras Forestales”

- Tierras Forestales

<input checked="" type="radio"/>	Bosques	<input type="radio"/>	Otras Tierras Forestales
----------------------------------	---------	-----------------------	--------------------------

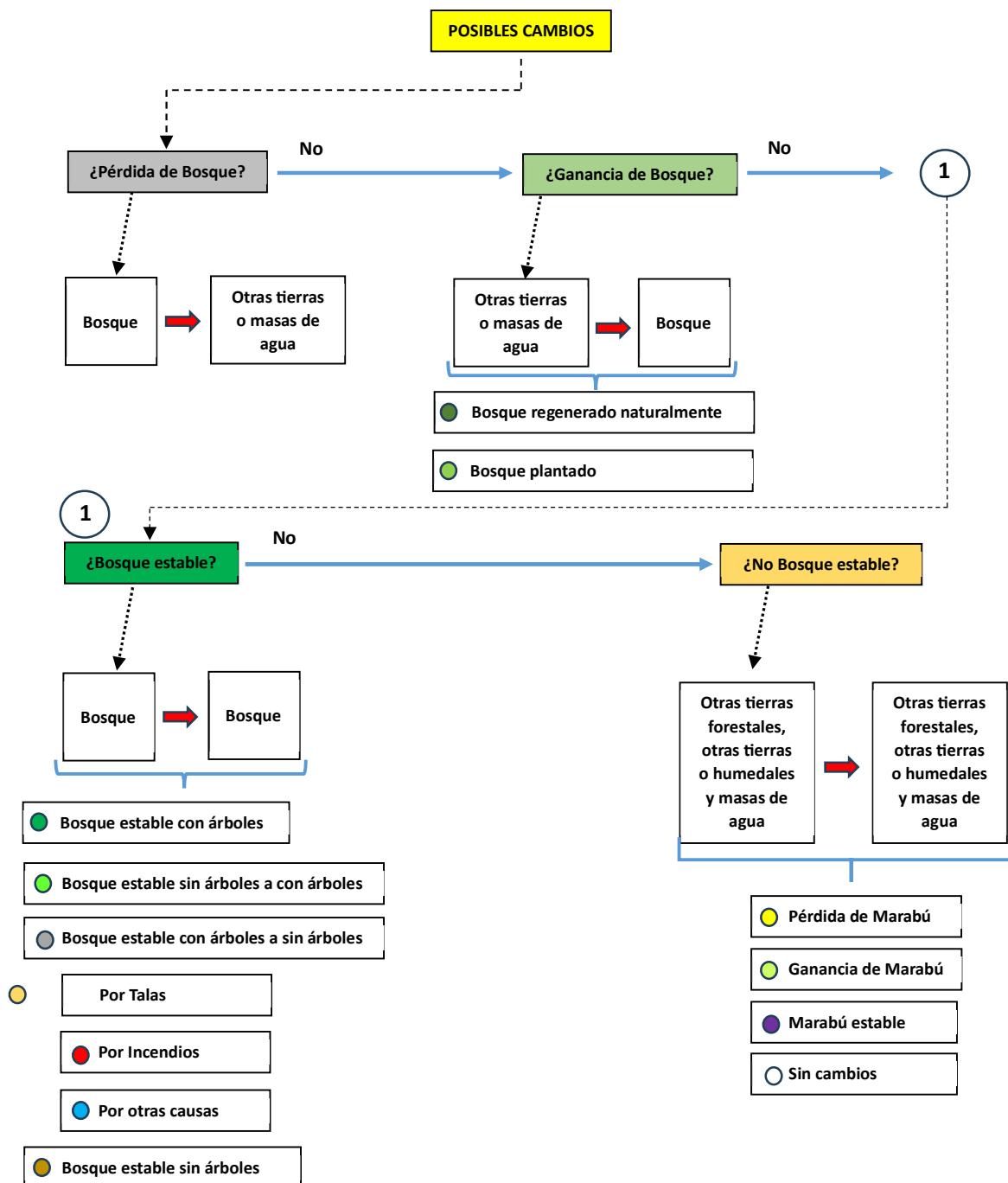
Diferentes opciones de respuestas para cuando se selecciona “Otras Tierras”



Opciones de respuesta para cuando se selecciona “Humedales y Masas de Agua”



4.1.2.3 Árbol de decisión para la interpretación de los cambios



4.1.2.4 Preguntas y opciones de respuestas sobre los cambios

Preguntas de la encuesta

Color sin respuesta Negro Blanco

< **1** **2** **3** **4** **5** **6** >

Cambios 2014-2016

<input checked="" type="radio"/> Ganancia de Bosque	<input checked="" type="radio"/> Bosque estable
<input type="radio"/> Pérdida de Bosque	<input checked="" type="radio"/> No Bosque estable

Para cada subperiodo responde a la categoría de cambio de uso de la tierra o cambio del tipo de cobertura en la categoría “Bosques” y con respecto al “Marabú” cuando se selecciona “No Bosque Estable”.

- Bosque estable

<input checked="" type="radio"/> Con árboles	<input checked="" type="radio"/> con árboles a sin árboles
<input checked="" type="radio"/> sin árboles a con árboles	<input checked="" type="radio"/> sin árboles

- No Bosque Estable

<input checked="" type="radio"/> Pérdida de Marabú	<input checked="" type="radio"/> Marabú estable
<input checked="" type="radio"/> Ganancia de Marabú	<input type="radio"/> Sin cambios

BIBLIOGRAFÍA

1. Colectivo de autores. “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”. Volumen 4: Agricultura , silvicultura y otros usos de la tierra, Capítulo 3: Representación coherente de las tierras. 46 p.
2. Equipo de CEO. “Collect Earth On line. Manual de creación de instituciones y proyectos”. Roma, Italia, 2021. 93 p.
3. Kindgard, Federico. Curso de preparación “FRA RSS”. Resúmenes de las lecciones. Panamá 2020. 129 p.