



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

Programa  
**CLIMA, NATURALEZA Y  
COMUNIDADES**  
en Guatemala

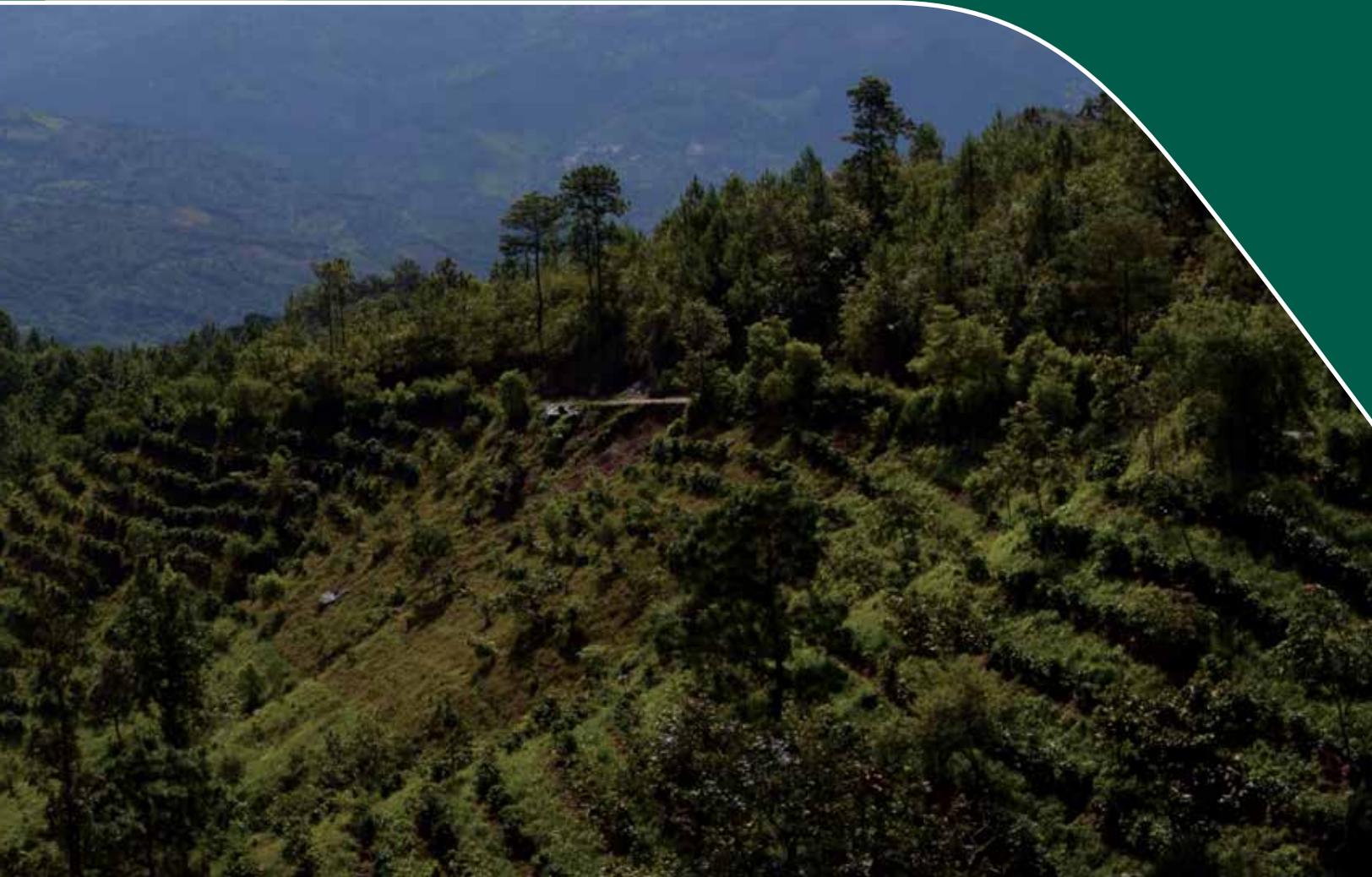


**Rainforest  
Alliance**

**UVG**  
UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

# Protocolos Metodológicos para el Cálculo de Emisiones por Deforestación, Medición y Cuantificación de Carbono en Sistemas Terrestres y Análisis de Causas y Agentes de la Deforestación

Colección técnica | **CNCG**



# **Protocolos Metodológicos para el Cálculo de Emisiones por Deforestación, Medición y Cuantificación de Carbono en Sistemas Terrestres y Análisis de Causas y Agentes de la Deforestación**

Especificaciones técnicas para la elaboración de la línea base Región Sub-Nacional Sarstún-Motagua, Guatemala.

## **Fecha:**

Febrero 2018

## **Elaborado por:**

Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala, (CEAB-UVG).

## **Compilado por:**

Diego Pons, CEAB-UVG.

## **Fotografías:**

Danilo Valladares

## **Diseño gráfico y diagramación:**

Glifik

### **Citar el documento como:**

CEAB-UVG. 2018. Protocolos metodológicos para el Cálculo de Emisiones por Deforestación, Medición y Cuantificación de Carbono en Sistemas Terrestres y Análisis de Causas y Agentes de la Deforestación. Proyecto Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG). USAID. 56 pp.

# Presentación

El presente documento es el resultado del ejercicio de elaboración de la línea base en la Región Sarstún-Motagua, llevado a cabo por la Universidad del Valle de Guatemala, en el marco del Proyecto Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG) como apoyo al Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT). Como parte de este proceso, fue necesario plasmar las diferentes metodologías que forman parte del desarrollo de una línea base: el Cálculo de Emisiones por Deforestación; Medición y Cuantificación de Carbono en Sistemas Terrestres; y el Análisis de Causas y Agentes de la Deforestación.

Estos protocolos metodológicos son de especial relevancia para la elaboración de posteriores niveles de referencia, tanto a nivel nacional, subregional como a nivel de proyectos. Asimismo, apoyan a la implementación del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación, el cual debe seguir las mismas metodologías para ser comparable con los datos del nivel de referencia.

En adición a lo anterior, estos protocolos son relevantes para la elaboración de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero que el país debe presentar periódicamente a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y cuya información es de utilidad para el desarrollo de políticas, estrategias y planes de acción, en este caso relevantes para el sector AFOLU (agricultura, bosques y otros usos de la tierra). Asimismo, el protocolo correspondiente al análisis de causas y agentes de la deforestación es de utilidad para la Fase II de la Estrategia Nacional REDD+ sobre Preparación de la Estrategia, puesto que el análisis de causas y agentes de la deforestación brinda información crucial para la priorización y desarrollo de políticas y estrategias a nivel nacional para combatir la deforestación y la degradación de los bosques.

Es importante mencionar que estas metodologías están sujetas a mejoras continuas, a medida que se genere nueva información, se desarrollen mejores tecnologías y surjan nuevos lineamientos y guías metodológicas sugeridas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), y otros grupos bajo la CMNUCC, así como el Marco Metodológico del Fondo del Carbono (FC) y otros mecanismos de financiamiento al que el país aplique.

El hecho de contar con estos protocolos y el personal capacitado que pueda implementarlos, asegura que sin importar quién genere la información en el futuro, los resultados para cada actividad monitoreada podrán ser comparables en el tiempo. De esta manera se asegura la permanencia y continuidad del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación para el país.



# Índice

Presentación	3
<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
1.3 Resumen simplificado de las metodologías	10
1.4 Diagrama general de procesos	11
<b>2. Desarrollo del protocolo</b>	<b>13</b>
2.1 Consideraciones conceptuales y metodológicas iniciales	13
<b>3. Sección 1: Procedimientos para el análisis de la deforestación histórica</b>	<b>17</b>
3.1 Colección de fuentes adecuadas de datos	17
3.2 Estimación de las clases de uso/cobertura de la tierra	17
3.3 Colección de fuentes adecuadas de datos	19
3.4 Determinación de cambios en el uso de la tierra	20
3.5 Procedimientos principales utilizados para el análisis histórico del uso de la tierra	20
3.6 Evaluación de la precisión y propagación del error	23
<b>4. Sección 2: Procedimientos para la estimación del carbono almacenado y estimaciones de GEI</b>	<b>25</b>
4.1 Diagnóstico de la información existente	26
4.2 Medición del carbono almacenado en distintos usos de la tierra	26
4.3 Fuentes de información	27
4.4 Selección de ecuaciones de biomasa y cálculo de biomasa	28
4.4.1 Recolección de datos	28
4.4.2 Unificación de datos	29
4.4.3 Generación de ecuaciones de biomasa genéricas para Guatemala	29
4.4.4 Análisis y comparación de residuos	31
4.5 Estratificación de áreas similares en contenido de carbono	31
4.5.1 Análisis espacial	32
4.5.2 Estadística descriptiva	33
4.5.3 Evaluación del Índice de Confianza	33

4.5.4	Prueba de Normalidad de los Datos	33
4.5.5	Pruebas no paramétricas	33
4.6	Estimación de carbono almacenado post-deforestación	34
4.7	Cálculo de emisiones/absorciones en el período de referencia por estratos de bosque	35
4.8	Determinación de la deforestación futura	35
<b>5.</b>	<b>Sección 3: Procedimientos utilizados para analizar las causas y agentes de la deforestación</b>	<b>39</b>
5.1	Identificación de actores clave	40
5.1.1	Desarrollo de talleres exploratorios	40
5.2	Identificando las percepciones de los actores clave	42
5.3	Desarrollo de los cuestionarios	42
5.4	Análisis estadístico	43
5.5	Grupos focales	43
5.6	Utilizando el enfoque de factores para identificar medios y capacidades	44
5.7	Entendiendo las capacidades de los agentes como aproximación para identificar causas de la deforestación	46
5.8	Análisis cuantitativo subsiguiente	46
<b>6.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>Anexo</b>	<b>53</b>

## Cuadros

---

<b>Cuadro 1.</b>	Características y variables medidas en las sub-parcelas circulares evaluadas para el muestreo de carbono dentro la LB Sarstún-Motagua	27
<b>Cuadro 2.</b>	Información general de las bases de datos utilizadas para la estimación de carbono para la región Sarstún-Motagua	28
<b>Cuadro 3.</b>	Ecuaciones genéricas de biomasa para Guatemala	29
<b>Cuadro 4.</b>	Contenido de carbono por estratos de bosque y subcategorías de no-bosque	34
<b>Cuadro 5.</b>	Total de emisiones de carbono por área de estratos de la categoría Bosque y sub-categorías de No Bosque	35
<b>Cuadro 6.</b>	Enunciados de percepciones y factores para la RBSM	45
<b>Cuadro 7.</b>	Datos usados para el análisis histórico de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (Entrenamiento, Relleno, Clasificación)	53
<b>Cuadro 8.</b>	Datos usados para el análisis histórico de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (Entrenamiento y Verificación)	54
<b>Cuadro 9.</b>	Información disponible que se utilizó como apoyo al análisis de imágenes	55

<b>Cuadro 10.</b>	Área y porcentaje de ocupación para las clases definidas en los años de interés 2001, 2006, 2010 y 2014	55
<b>Cuadro 11.</b>	Tasa neta de deforestación para los años 2001, 2006, 2010 y 2014	56
<b>Cuadro 12.</b>	Descripción general de la fuente de datos utilizados para el análisis de ecuaciones de biomasa para bosques naturales de Guatemala.	56

## Figuras

---

<b>Figura 1.</b>	Diagrama general de la ubicación de los niveles de la línea base de deforestación evitada en la región sub-nacional Sarstún-Motagua dentro de la estrategia nacional REDD+	11
<b>Figura 2.</b>	Diagrama del ciclo de desarrollo del inventario (IPCC 2006)	14
<b>Figura 3.</b>	Diagrama de modelo conceptual para los procedimientos utilizados para el análisis de causas y agentes de la deforestación	15
<b>Figura 4.</b>	Diagrama de modelo conceptual con los pasos metodológicos aplicados a los procedimientos para el análisis de causas y agentes de la deforestación	16
<b>Figura 5.</b>	Diagrama general de procesos para el análisis de la deforestación histórica	18
<b>Figura 6.</b>	Procedimientos aplicados a mapas de cobertura forestal históricos para determinar clases Bosque y No Bosque	21
<b>Figura 7.</b>	Diagrama de procesos para la selección de sub-clases dentro de la clase No-Bosque	22
<b>Figura 8.</b>	Diagrama de procesos que detalla los pasos a seguir para evaluar la incertidumbre en los cálculos de cambios.	23
<b>Figura 9.</b>	Diagrama general de procesos para le estimación de carbono almacenado y estimación de GEI en bosques	25
<b>Figura 10.</b>	Diagrama de las parcelas circulares anidadas para la estimación del contenido de carbono	26
<b>Figura 11.</b>	Distribución de residuos en la ecuación genérica de Guatemala para el grupo taxonómico de Latifoliadas	30
<b>Figura 12.</b>	Distribución de residuos en la ecuación genérica de Guatemala para el grupo taxonómico de Coníferas	30
<b>Figura 13.</b>	Diagrama representando los pasos para seleccionar la estratificación de la clase bosque	32
<b>Figura 14.</b>	Diagrama de procesos para la selección de densidad de carbono almacenado en categorías dentro de la clase No Bosque	34
<b>Figura 15.</b>	Modelo de regresión para áreas deforestadas en el estrato Bosque húmedo	36
<b>Figura 16.</b>	Modelo de regresión para áreas deforestadas en el estrato Bosque Muy Húmedo	36
<b>Figura 17.</b>	Diagrama general de procesos para el análisis de causas y agentes de la deforestación	39
<b>Figura 18.</b>	Representación gráfica del promedio de puntuaciones de factores en el Norte y Sur de la RBSM	47
<b>Figura 19.</b>	Análisis de regresión entre cobertura forestal y el la puntuación de factor	48



# 1

## Introducción

Este protocolo describe los métodos utilizados para estimar y cuantificar el nivel de referencia de emisiones por deforestación dentro de la región sub-nacional Sarstún-Motagua (Línea Base Región Sub-nacional REDD+ Sarstún-Motagua 2016). Asimismo, describe el conjunto de procesos que han sido utilizados para analizar las causas y agentes de la deforestación en la región. Todos estos métodos obedecen las recomendaciones y parámetros sugeridos por el Pánel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para la estimación de carbono proveniente de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) (IPCC 2006). El conjunto de métodos también sigue las prácticas aprobadas por el marco metodológico del Fondo de Carbono del Banco Mundial (FCPF), el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT) y la metodología VM0015 desarrollada por el Verified Carbon Standard (VCS). Los métodos descritos en este documento deberán ser validados y adaptados para su uso en el contexto nacional adaptándose o actualizándose al Plan de Trabajo de la Estrategia Nacional REDD+ y en función del enfoque jurisdiccional que se adopte en su momento para su implementación y la disponibilidad de nueva información y/o métodos que puedan reducir las incertidumbres en las estimaciones de carbono por categoría del uso y cobertura del suelo en futuros monitoreos.

Este protocolo ha sido empleado para la generación de la línea base de emisiones por deforestación del bosque y su uso como referencia para subsiguientes estudios de medición, reporte y verificación (MRV) en la región sub-nacional Sarstún-Motagua deberá ponerse en contexto durante la ejecución de los mismos. Es decir, el análisis de deforestación

histórica debe, por ejemplo, ser actualizado con nuevas estimaciones de deforestación disponibles que reduzcan la incertidumbre en el uso de regresiones lineales agregando más puntos en el tiempo que permitan afinar las proyecciones. De igual forma, la generación de nuevos inventarios forestales podría ayudar a disminuir la incertidumbre de las estimaciones de carbono en los bosques de la región sub-nacional. Cabe mencionar que las estimaciones de degradación forestal no están contempladas en este documento ya que estas se completarán posteriormente, en un proceso aparte.

Los factores mencionados anteriormente deberán tomarse en cuenta para modificar o mejorar los métodos utilizados en la elaboración de la línea base para pasar de un nivel o tier 1 a un nivel 2 o 3 en futuros análisis. La complejidad asociada al cambio en uno de estos niveles deberá ser analizada bajo un contexto de costo-efectividad tomando en cuenta la disponibilidad de nuevos recursos, desde nuevas imágenes satelitales de mejor resolución espacial hasta nuevos inventarios forestales en la región que permitan generar ecuaciones de densidad de carbono más específicas. Para su mejor comprensión y utilización como referencia en futuros proyectos de MRV, este protocolo ha sido dividido en tres secciones:

1. Procedimientos para el análisis de la deforestación histórica;
2. Procedimientos para la estimación de carbono almacenado y estimación de GEI y
3. Procedimientos para el análisis de causas y agentes de la deforestación.

Para poner en contexto el origen de estas secciones dentro del marco REDD+ se ilustra en la figura 1 (Pag.11) un diagrama de procesos.

## 1.1 Objetivo general

Compilar los métodos utilizados en los diferentes procesos que se llevaron a cabo para la generación de la línea base de la región sub-nacional Sarstún-Motagua generando un documento tipo protocolo que permita su análisis paso a paso.

## 1.2 Objetivos específicos

- ▶ Describir los métodos utilizados para el análisis de la deforestación histórica en la región sub-nacional Sarstún-Motagua.
- ▶ Describir los métodos utilizados para la estimación de carbono almacenado y estimación de gases de efecto invernadero (GEI) en la región sub-nacional Sarstún-Motagua.
- ▶ Describir los métodos utilizados para llevar a cabo el análisis de causas y agentes de la deforestación en la región sub-nacional Sarstún-Motagua.

## 1.3 Resumen abreviado de las metodologías

### ▶ Sección 1. Procedimientos para el análisis de la deforestación histórica

1. Ubicar y recolectar las fuentes adecuadas de datos.
2. Estimar las clases principales bosque/no bosque.
3. Estimar sub-clases de uso/cobertura de la tierra dentro de la clase "No-Bosque".
4. Definir nuevas sub clases y leyenda temática.
5. Determinar los cambios en el uso/cobertura de la tierra.
6. Analizar el uso de la tierra histórico basado en sub-clases.

7. Evaluar la precisión de las estimaciones.
8. Corregir y presentar resultados.

### ▶ Sección 2. Procedimientos para la estimación de carbono almacenado y estimación de GEI

1. Hacer un diagnóstico de la información existente.
2. Analizar fuentes de información (si existe información, ¿de qué calidad es?)
3. Seleccionar ecuaciones de biomasa adecuadas y calcular biomasa.
4. Estratificar áreas similares en contenido de carbono utilizando procesos estadísticos.
5. Realizar ejercicios para definir la estratificación de carbono.
6. Estimar carbono almacenado post-deforestación.
7. Calcular emisiones/absorciones en el período de referencia por estrados de bosque.
8. Determinar la deforestación futura.
9. Evaluar la precisión de las estimaciones.
10. Corregir y presentar resultados.

### ▶ Sección 3. Procedimientos para el análisis de causas y agentes de la deforestación

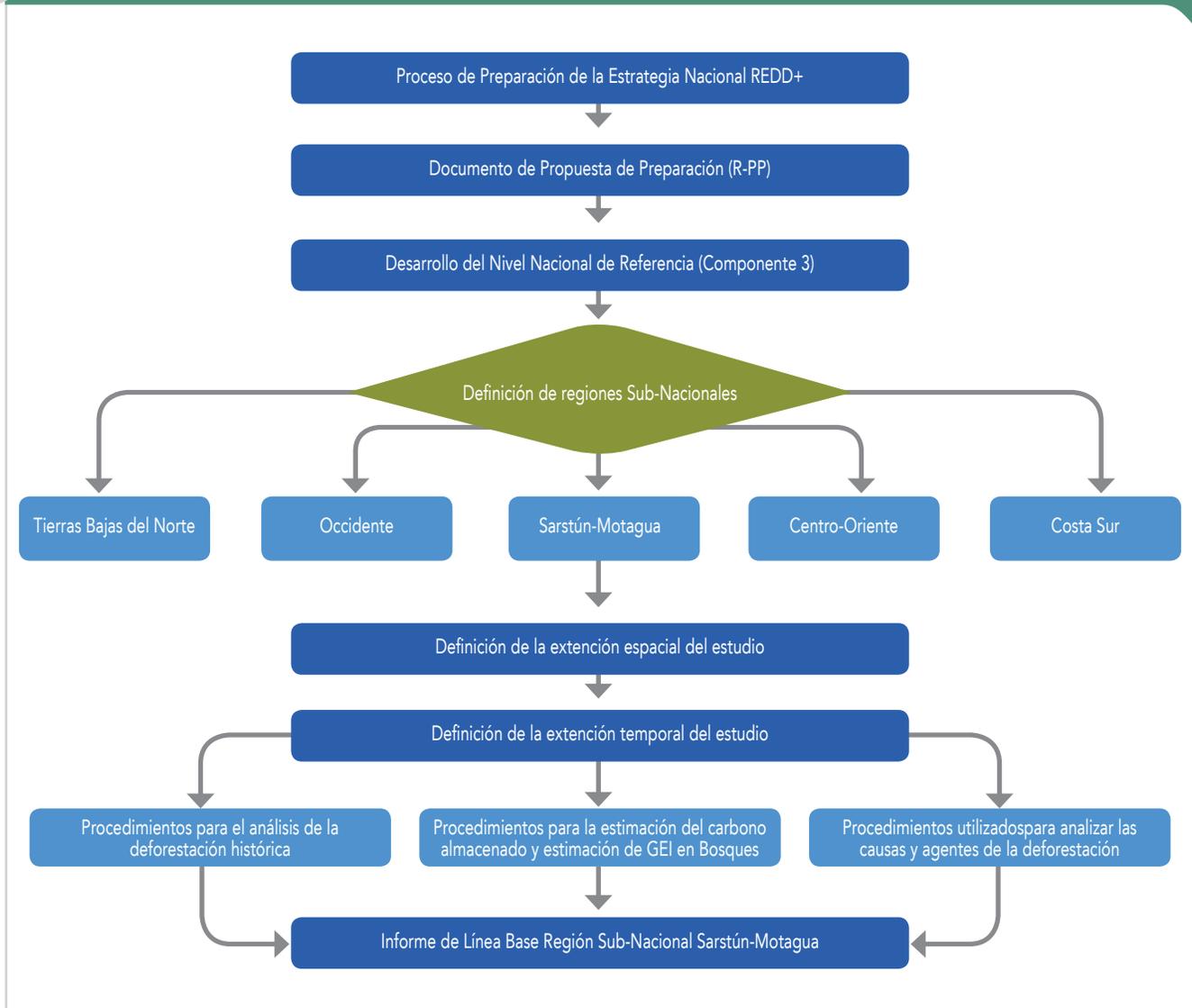
1. Identificar actores relevantes al cambio de uso del suelo en el área de interés.
2. Identificar las percepciones de los actores respecto al cambio de uso del suelo y dinámica forestal.
3. Desarrollar, probar e implementar un cuestionario diseñado para identificar las percepciones relacionadas al cambio y uso de la tierra.
4. Analizar estadísticamente el cuestionario utilizando el análisis factorial exploratorio para identificar los grupos de percepciones que más se asocian al cambio y uso de la tierra/bosques.
5. Interpretar los factores como funciones de valores relacionados al cambio y uso de la tierra/bosques basado en los enunciados de las percepciones y las discusiones de los resultados de grupos focales de los actores.
6. Utilizar la interpretación de los factores para identificar los medios y capacidades relacionadas al alcance de las funciones de valores.

7. Utilizar el enfoque de capacidades para identificar causas indirectas y subyacentes de la deforestación respectivamente, identificando si estas son positivas y si están o no ligadas a la deforestación y degradación de los bosques.
8. Opcionalmente, se pueden utilizar técnicas estadísticas más avanzadas para analizar cuantitativamente qué tan diferentes son las asociaciones entre los grupos de actores y el conjunto de valores de cada factor para entender mejor las causas de deforestación y degradación de bosques dentro de los diferentes actores.

## 1.4 Diagrama general de procesos para la generación de la línea base de deforestación evitada

Figura 1

Diagrama general de la ubicación de los niveles de la línea base de deforestación evitada en la región sub-nacional Sarstún-Motagua dentro de la estrategia nacional REDD+



Fuente: Elaboración Propia



# 2

## Desarrollo del protocolo

Dentro del proceso de preparación para la Estrategia Nacional de REDD+, Guatemala desarrolló un documento de propuesta de preparación (R-PP) donde se delimitan las actividades realizables, cómo llevarlas a cabo y los recursos necesarios. El componente tres de la R-PP define el desarrollo de un nivel nacional de referencia de las emisiones forestales, contra el cual se evaluarán las metas de reducción de emisiones asociadas a la deforestación.

Para desarrollar este nivel de referencia, el país se dividió en cinco regiones o estratos con características físicas, sociales y económicas específicas y por lo tanto, con dinámicas de deforestación distintas. Los criterios para delimitar las cinco regiones sub-nacionales fueron discutidos y decididos en dos talleres nacionales llevados a cabo por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT), obteniéndose los estratos: Tierras Bajas del Norte, Sarstún-Motagua, Occidente, Centro Oriente y Costa Sur.

En el diagrama anterior se ha resumido la ruta y procesos que dieron origen a las regiones sub-nacionales (Figura 1, Pag.11). Este reporte comprende los métodos utilizados para generar el documento de línea base de la región sub-nacional Sarstún-Motagua que a su vez se divide en tres secciones; los métodos utilizados para estimar la deforestación histórica; los métodos utilizados para estimar el carbono almacenado y estimar GEI y; los métodos utilizados para analizar las causas y agentes de la deforestación.

La integración y análisis de este conjunto de métodos y procesos han dado origen al informe de línea base para la región sub-nacional Sarstún-Motagua. Para cada una de las secciones que componen el documento se han compilado los procesos metodológicos que los autores a cargo de

cada sección utilizaron para obtener los productos presentados en el informe final. Este documento y sus diagramas de procesos pueden servir de orientación para futuros planes de medición, reporte y verificación (MRV).

### 2.1 Consideraciones conceptuales y metodológicas iniciales

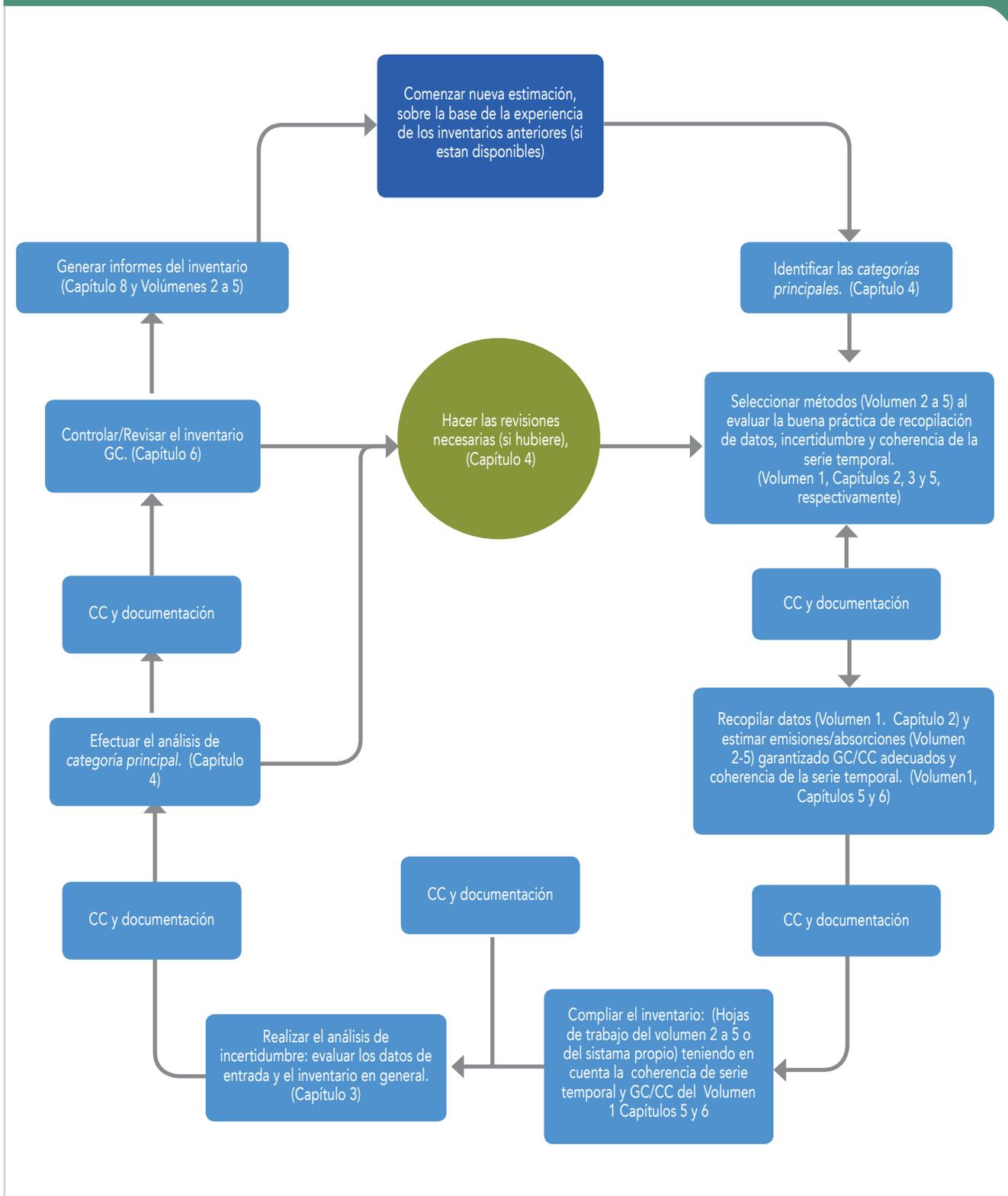
Las metodologías descritas en este protocolo están basadas en modelos conceptuales y fundamentos teóricos que se pueden enmarcar en dos grupos. El primer grupo abarca los procedimientos para el análisis de la deforestación histórica y los procedimientos para la estimación de carbono almacenado y estimaciones de gases de efecto invernadero (GEI).

Estos procedimientos están basados en el documento "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" (IPCC 2006) y corresponden al ciclo del desarrollo del inventario de GEI con las especificaciones para el sector AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use, por sus siglas en inglés) aplicadas a esta línea base (Figura 2, Pag.14).

El segundo grupo incluye los procedimientos para el análisis de causas y agentes de la deforestación (Figura 3, Pag.15), que está basado en la teoría del comportamiento (ver Fishbein & Ajzen 1975) y en la teoría de sobre el enfoque de las capacidades (ver Robeyns 2005). De estas dos teorías se ha derivado un modelo conceptual que permite ilustrar las causas y agentes de la deforestación y degradación ambiental para la región sub-nacional (Figura 4, Pag.16) (ver Geist & Lambin 2001).

Figura 2

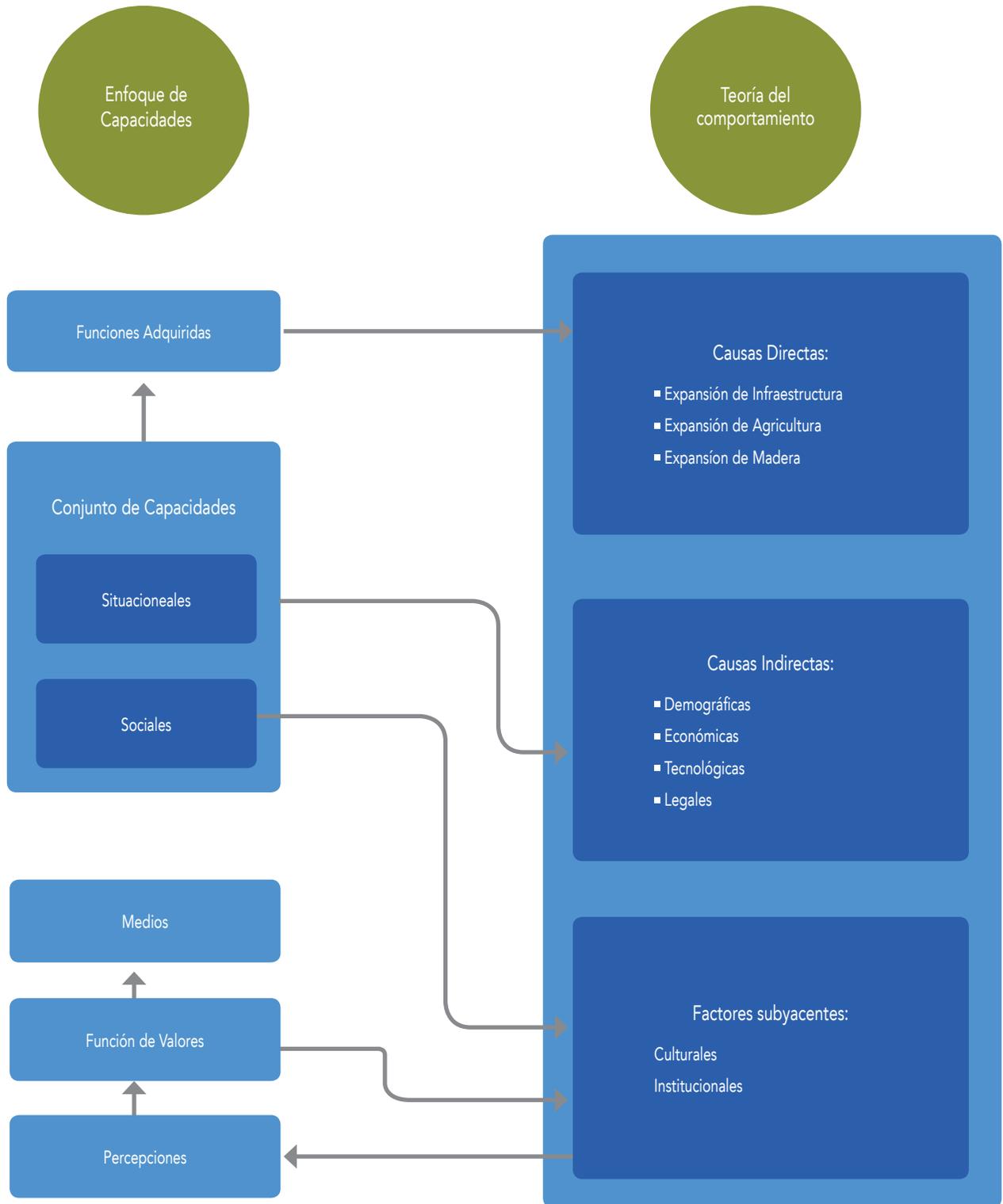
Diagrama del ciclo de desarrollo del inventario (IPCC 2006). Este modelo conceptual ha sido utilizado como base para generar los procedimientos para el análisis de la deforestación histórica y los procedimientos para la estimación de carbono almacenado y estimaciones de GEI basado en el ciclo del desarrollo de inventarios para el sector AFOLU del IPCC 2006



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3

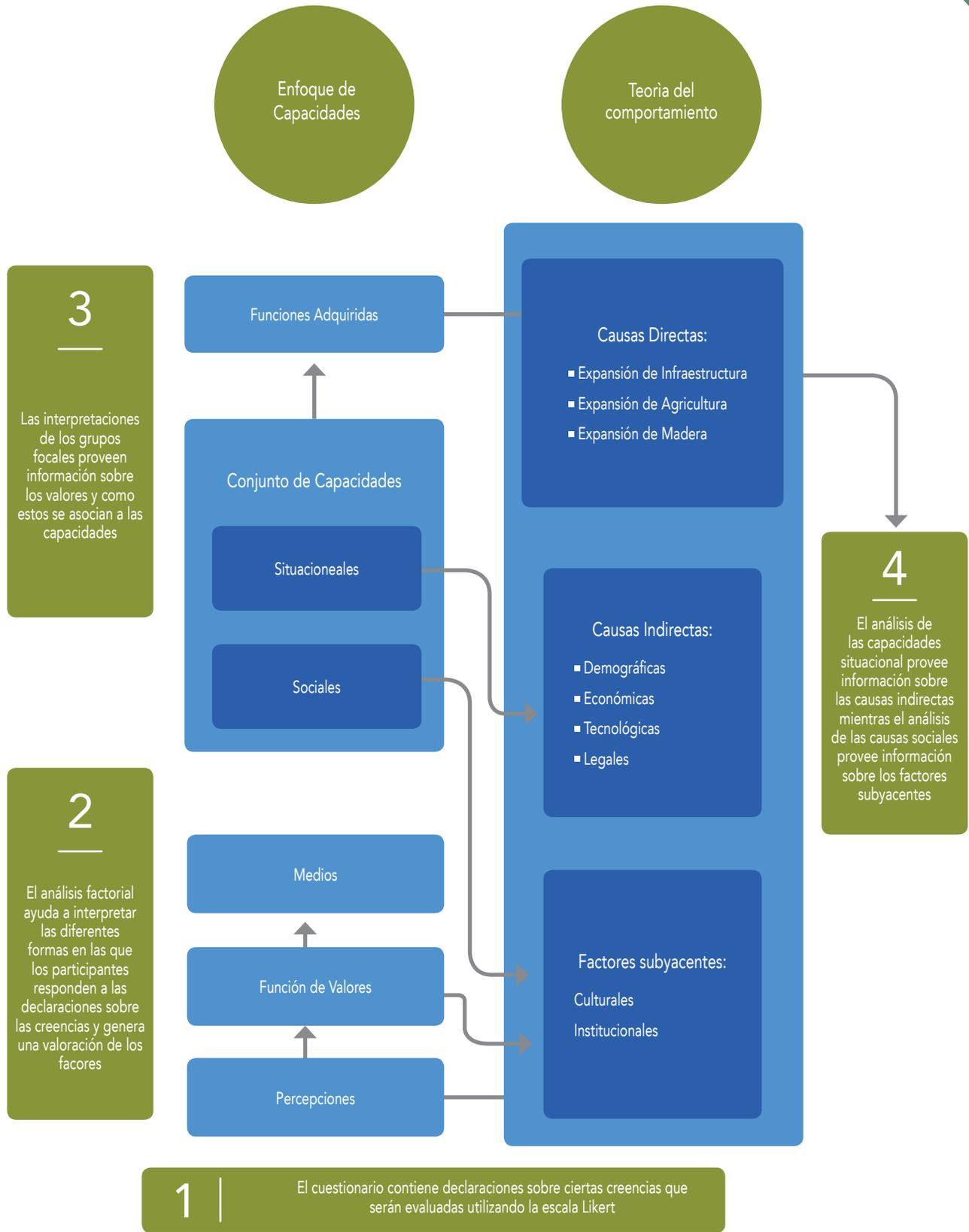
Diagrama de modelo conceptual para los procedimientos utilizados durante el análisis de causas y agentes de la deforestación (Robb et al. 2016).



Fuente: Robb et al, 2016

Figura 4

Diagrama de modelo conceptual con los pasos metodológicos aplicados a los procedimientos para el análisis de causas y agentes de la deforestación (Robb et al. 2016 modificado).



Fuente: Robb et al, 2016

# 3

## Sección 1: Procedimientos para el análisis de la deforestación histórica

Elaborado por

MSc. Danai Fernández, Ing. Diego Incer, Oscar Gonzales, Mónica Hernández y Edgar Armas.

Los procesos para el análisis del cambio histórico de uso y cobertura de la tierra así como la dinámica de los mismos han sido analizados utilizando matrices para cada período de estudio. Los períodos de estudio se han delimitado en el componente 1 del plan técnico de la elaboración del nivel de referencia para la región sub-nacional Sarstún – Motagua del CEAB-UVG 2015, siendo los años de referencia 2001, 2006 y 2010. Esta definición de los años de referencia se basa en la disponibilidad de datos obtenidos de los Mapas de Cobertura Forestal de Guatemala para estos mismos años. Dichos mapas fueron elaborados por el GIMBUT. El proceso general para el análisis de la deforestación histórica se describe en la figura 5 (Pag.18) y refleja de manera simplificada el flujo de procesos que se ha llevado a cabo. A continuación se presenta una narrativa paso a paso de los mismos.

### 3.1 Colección de fuentes adecuadas de datos

Para cumplir con los requerimientos establecidos en la metodología VM0015 del VCS, se han adquirido imágenes de diversos satélites y sensores. Las imágenes de mediana resolución espacial (30x 30 m) han sido utilizadas en su mayoría para generar las clasificaciones, y también para el relleno de vacío de datos y entrenamiento. Este es el caso de imágenes LANDSAT Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper (ETM) Y LANDSAT 8.

Todas estas imágenes fueron descargadas de manera gratuita de la página del Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov/>). Las imágenes de alta resolución espacial (entre 0.5 y 5 m) fueron empleadas para el entrenamiento y

la verificación de las clasificaciones, en este caso: IRS, Alos Prism y Ortofotos. Las imágenes que se han empleado han sido seleccionadas teniendo en cuenta diversos criterios que se describen a continuación:

- ▶ Requerimientos mínimos establecidos en la metodología VM0015 del VCS.
- ▶ Disponibilidad de datos históricos procesados con la documentación correspondiente
- ▶ Menos de un 15% de cubrimiento de nubes
- ▶ Similitud de fechas (diciembre-abril)

Las imágenes utilizadas para generar los mapas de cobertura/uso del suelo, y sus principales características se pueden consultar en el anexo 1 de este documento (cuadros 6 y 7). Asimismo se puede consultar la información espacial publicada por diversas fuentes que sirvieron de apoyo al análisis histórico de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (Ver cuadro 8 en anexos).

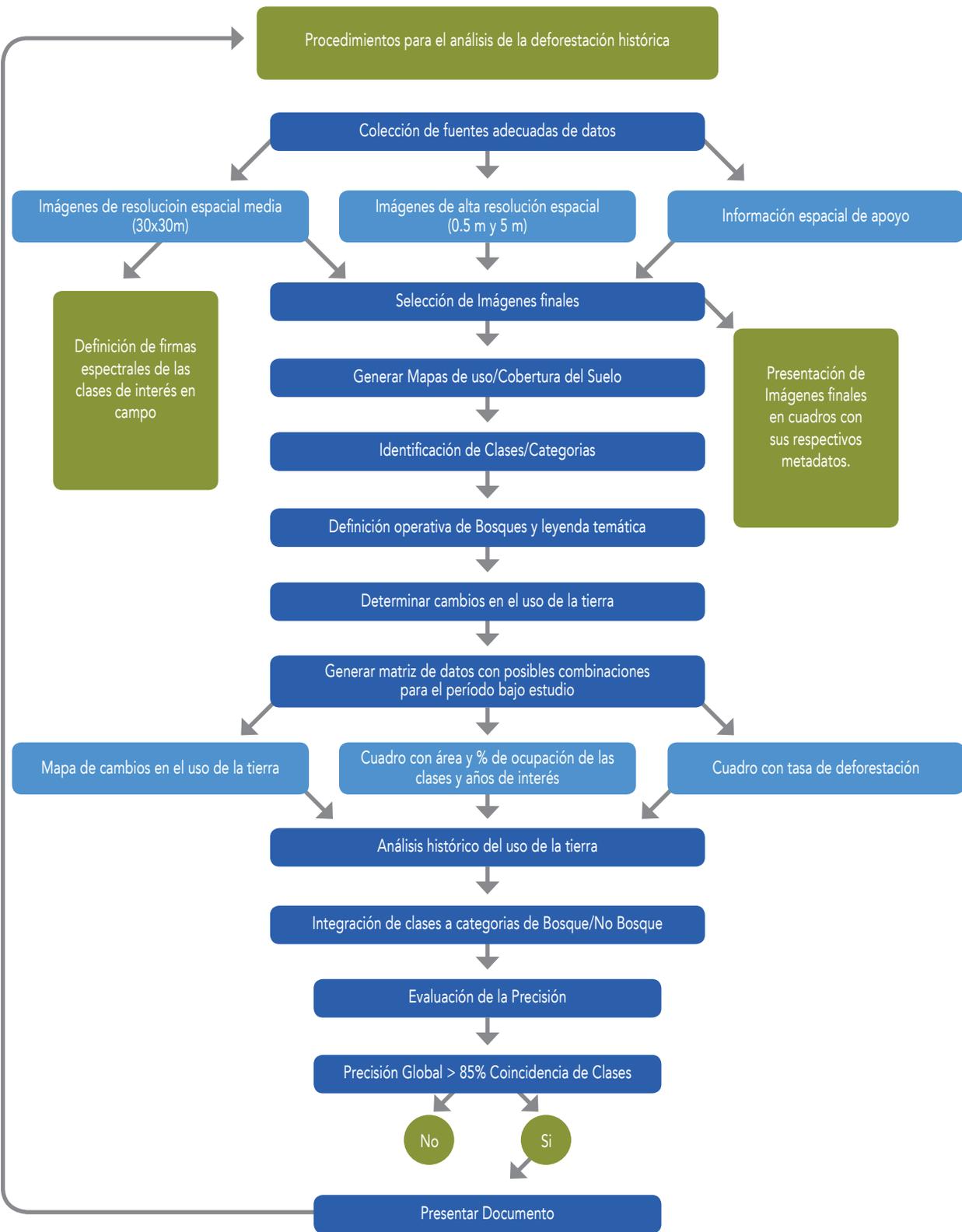
### 3.2 Estimación de las clases de uso/cobertura de la tierra

Utilizando las fuentes de datos descritas anteriormente se procedió a identificar las siguientes categorías y subcategorías (clases de uso o cobertura de la tierra):

1. Tierras forestales
2. Hule
3. Café

Figura 5

Diagrama general de procesos para el análisis de la *deforestación histórica*. Por su complejidad, ciertos subprocesos han sido incluidos en diagramas independientes en secciones subsiguientes.



Fuente: Elaboración propia, con base en GIMBUT, 2012

4. Palma
5. Tierras de cultivo
6. Asentamientos
7. Humedal
8. Agua
9. Sin información

### 3.3 Colección de fuentes adecuadas de datos

La clase 1 corresponde a la categoría del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) "Tierras Forestales" y para el caso de Guatemala su definición es la siguiente<sup>1</sup>: Superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 30%-40%, formando una masa continua de un mínimo de 0.5 hectárea (5 píxeles LANDSAT) con un ancho mínimo de 60 metros (2 píxeles LANDSAT). Esta clase posteriormente se estratifica en "Bosque muy húmedo", "Bosque húmedo" y "Bosque seco" en base al contenido de carbono para poder aplicar las ecuaciones de carbono generadas en este documento (Ver Sección 2 de este documento).

La clase 2 (Hule) cumple con la definición de Bosque para Guatemala e históricamente se ha incluido dentro de las tierras forestales reportadas para el país. En este documento se presenta de manera individual ya que en el marco de la Estrategia Nacional REDD+ Guatemala no ha definido si se incluirá en los niveles de referencia como parte del Bosque o como parte de sistemas agroforestales, en base a decisiones técnicas y políticas aun sin consensuar. En este documento se le ha asignado un nivel 1 de referencia (valores por predeterminados por el IPCC).

Las clases 3 y 4 representan agricultura perenne (sistemas agroforestales) y por las diferencias en su contenido de carbono se han separado de la clase 5. La clase 3 (Café) tiene asignado un nivel de

referencia 2 pues existen valores para el país con suficiente significancia estadística (ver metodología en subsiguientes párrafos). Por el otro lado, para la clase 4 (Palma) ha sido asignado el nivel de referencia 1, es decir los valores predeterminados por el IPCC 2006.

La clase 3 representa "áreas con probabilidad de café"; este término fue incorporado por el GIMBUT en el estudio de la cobertura forestal 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001 -2006 y debe su nombre a la dificultad para distinguir áreas de café en el entendido de que el café de Guatemala se siembra bajo sombra de árboles lo que resulta en una similitud espectral entre áreas con cobertura forestal y áreas con cobertura de café.

Estas áreas de café se determinaron según la metodología propuesta por Universidad del Valle de Guatemala en 2011 en base a parámetros biofísicos sobre el cultivo del café (*Coffea arabica*) y la localización geográfica de los cascos de las principales fincas cafetaleras del país al año 2003, proporcionadas por la Asociación Nacional de Café (ANACAFE). Esta información se combinó con datos de RADAR del año 2007 y clasificaciones supervisadas en imágenes LANDSAT, estableciendo un modelo probabilístico de la presencia de la clase café.

Este modelo asigna una ponderación a cada una de las variables usadas (elevación sobre el nivel del mar, pendientes, precipitación anual, distancia al punto central de los cascos de las fincas) y asigna pesos a cada valor individual de estas variables. La capa fue sobrepuesta a la clasificación del Mapa Nacional de Cobertura Forestal, eliminando así áreas clasificadas como bosque que pudiesen corresponder a cobertura de café.

Para este estudio específico se trabajó con los datos de ANACAFE del año 2007 y con la clase café del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra del MAGA, 2010 como información de soporte para la identificación de áreas con probabilidad de café.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar

La clase 5 corresponde a las categorías del IPCC "Tierras de Cultivo" o Cropland y "Praderas" o Grassland (En el caso de Guatemala entiéndase por pastizales ganaderos porque las praderas naturales prácticamente no existen). Estas categorías no se separan por tener similares contenidos de carbono y por la imposibilidad de diferenciar estas subclases en forma confiable con los datos ópticos de LANDSAT ). Esta clase, a su vez, contiene las categorías de vegetación arbustiva baja "matorrales y guamiles" y árboles dispersos, que no se incluyen en la clase tierras forestales.

La clase 6 corresponde a la categoría del IPCC "Asentamientos" o Settlements se refiere a todas las áreas de formaciones urbanas (áreas construidas).

Las clases 7 corresponden a la categoría del IPCC "Humedales" o Wetlands, incluyen todo tipo de tierras que estén cubiertas o saturadas por aguas todo el año o la mayor parte y que no se incluyan en la clase 1.

Por su parte la clase 9, representa aquellas áreas donde no se obtuvo datos por presencia de nubes o sombras.

Es importante aclarar que las clases mencionadas son las distinguibles en una imagen LANDSAT (30x30m) y se utilizaron para generar los mapas de uso/cobertura y analizar la dinámica de uso de la tierra. Para efectos de estimación de emisiones, se agruparon varias de estas por la similitud en el contenido de carbono y por la falta de información en campo para verificar firmas espectrales.

### 3.4 Determinación de cambios en el uso de la tierra

Para comenzar se categorizaron las transiciones de datos en:

- ▶ **No lógicas:** Todas aquellas que incluyen la clase agua que no permanece como agua y

la clase sin información o "dato nulo". Estas representan el 2% del total de datos.

- ▶ **No consideradas:** Todas aquellas donde las transiciones no son posibles y se entiende que resultan de los errores asociados a la clasificación de un pixel. En esta categoría se incluyen mayormente las transiciones que contienen las clases asentamientos y humedales. Por esta razón aparecen con el área invariable en el cuadro 5 (Pag 35). Estas representan el 1% del total de datos. Para este estudio solo se incluyen las áreas de asentamientos y humedales que permanecen invariables desde el 2001.
- ▶ **Lógicas:** Todas aquellas que no están incluidas en transiciones No lógicas o No consideradas. Estas representan el 97% del total de datos.

Luego se estimó el porcentaje de ocupación de cada una de estas clases para cada uno de los años de interés (Cuadro 10, Pag. 55). Una vez se determinó en porcentaje de ocupación de cada clase, se procedió a calcular la tasa neta de deforestación asociada a la pérdida de Bosque para cada período de año estudiado (Ver cuadro 11, Pag. 56).

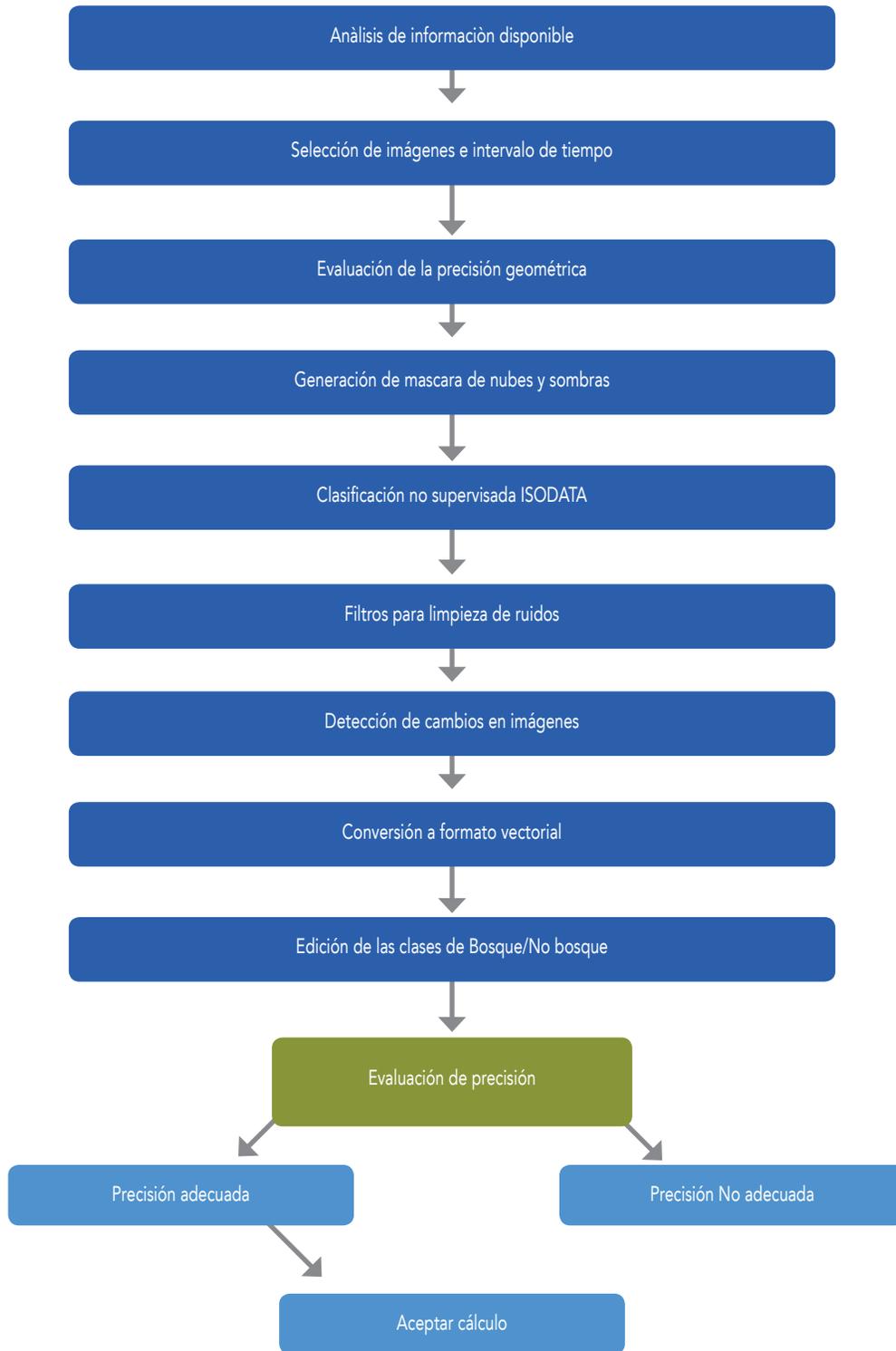
### 3.5 Procedimientos principales utilizados para el análisis histórico del uso de la tierra

Para este análisis se utilizaron los mapas de cobertura forestal generados en Guatemala en 2001, 2006 y 2010 por el GIMBUT, los cuales representan clases de bosque y no bosque. En este caso varios procedimientos fueron realizados con anterioridad para determinar la cobertura forestal previo a su uso para la estimación del análisis histórico que se presenta en este documento. A continuación presentamos un diagrama general de estos procesos (Figura 6, Pag. 21:

<sup>2</sup> CDI. (2012). Anexo al PD-VCS del Proyecto Deforestación Evitada en las Concesiones Forestales y Corredores Biológicos de la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala. 331pp.

Figura 6

### Procedimientos aplicados a mapas de cobertura forestal históricos para determinar clases Bosque y No Bosque.



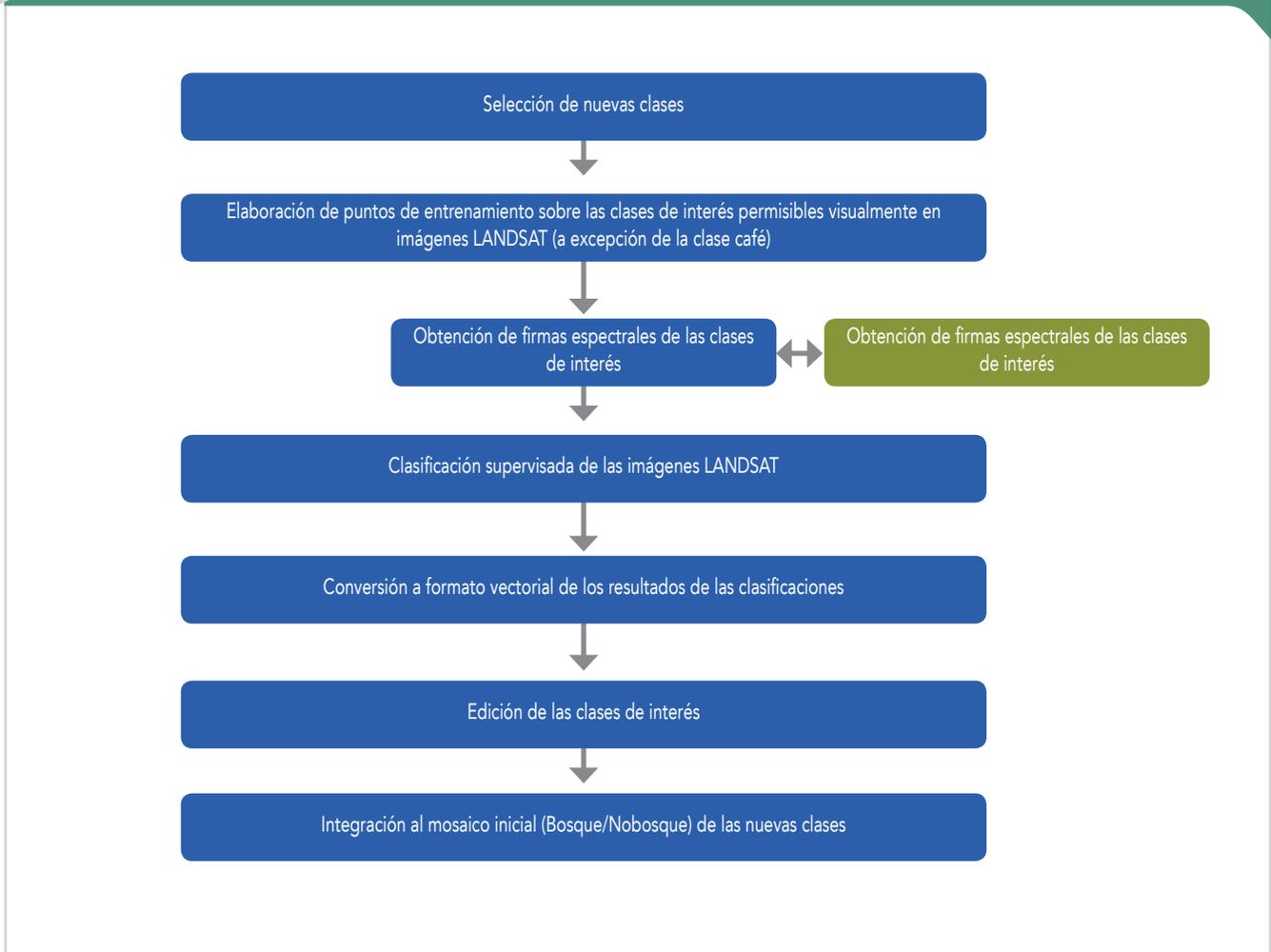
Fuente: Elaboración propia, con base en GIMBUT, 2012

A partir de estos mapas iniciales se procedió a generar nueva información: de la clase "Bosque" se extrajo la clase "Hule", que como se mencionó previamente forma parte de la cobertura forestal en

Guatemala al cumplir con la definición de bosque adoptada por el país. Por su parte, de la clase "No Bosque" se procedió a la obtención de las nuevas clases Café, Palma Africana, Asentamientos

Figura  
7

### Diagrama de procesos para la selección de sub-clases dentro de la clase No-Bosque.



**Fuente:** Elaboración propia, con base en GIMBUT, 2012

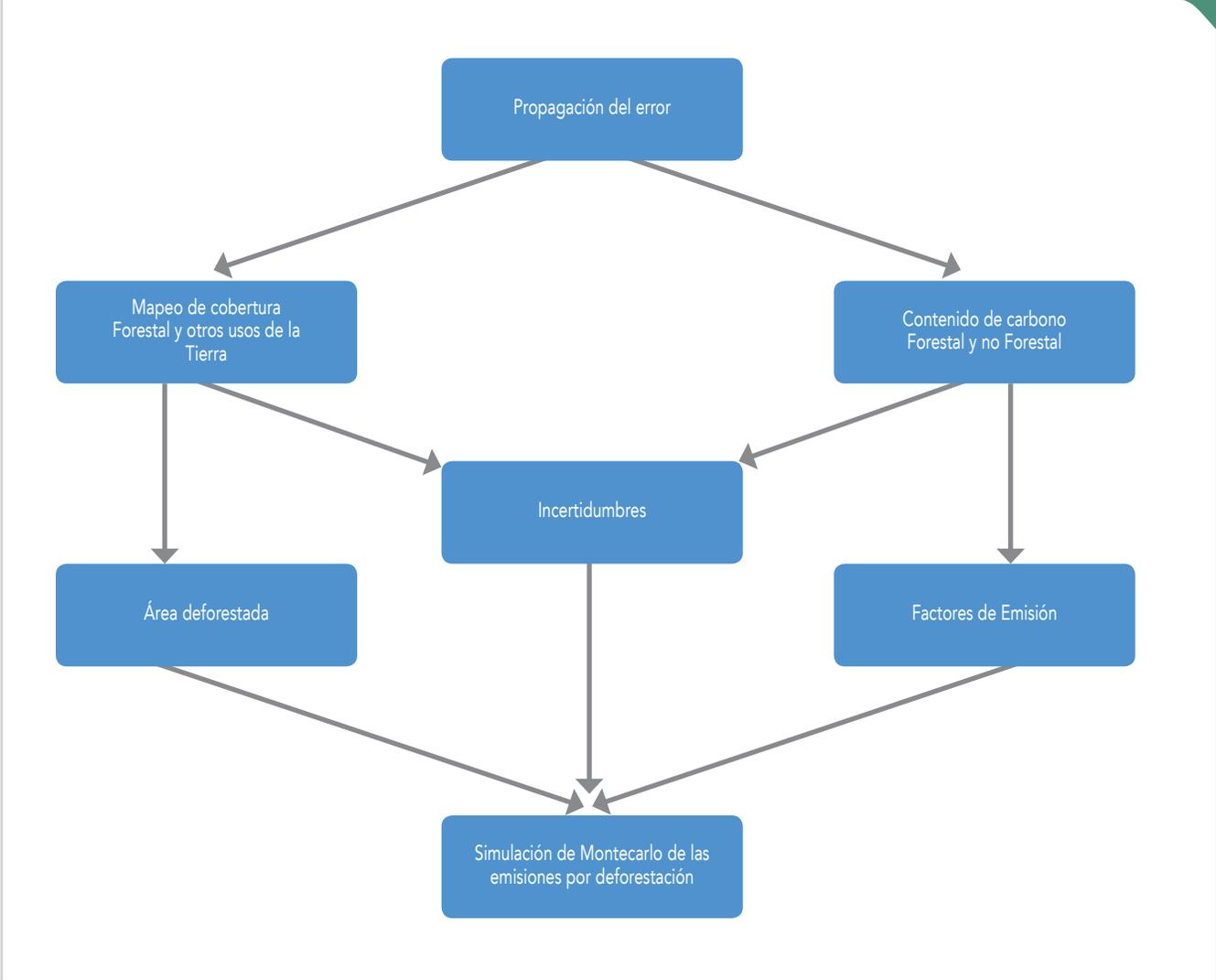
### 3.6 Evaluación de la precisión y propagación del error

El error asociado a la estimación del área asignada a cierta clase puede ser evaluado mediante una matriz de confusión para medir la magnitud de éste respecto a la clasificación de dicha clase comparada con la realidad. Sin embargo, este error sumado al error propio de la asignación de densidad de carbono para cada clase genera incertidumbre. Esta incertidumbre se propaga luego en el modelo y debería de poder estimarse

en base a intervalos de confianza que permitan reducir el sesgo asociado al mapeo cuando se cuentan pixeles para determinar el área de cierta clase (Olofsson et al.2013)

Para evaluar la incertidumbre asociada al cambio estimado en los diferentes estratos, se utilizó un análisis Montecarlo. Este permite establecer el grado de propagación del error (conocido) y cómo este afecta (en porcentaje) los cálculos del cambio de las clases del uso del suelo según el error en los diferentes procesos de cálculo. A continuación se describe un diagrama general de los procesos del análisis de Monte Carlo (Figura 8).

Figura 8 Diagrama de procesos que detalla los pasos a seguir para evaluar la incertidumbre en los cálculos de cambios en los estratos definidos anteriormente.



Fuente: Elaboración propia.



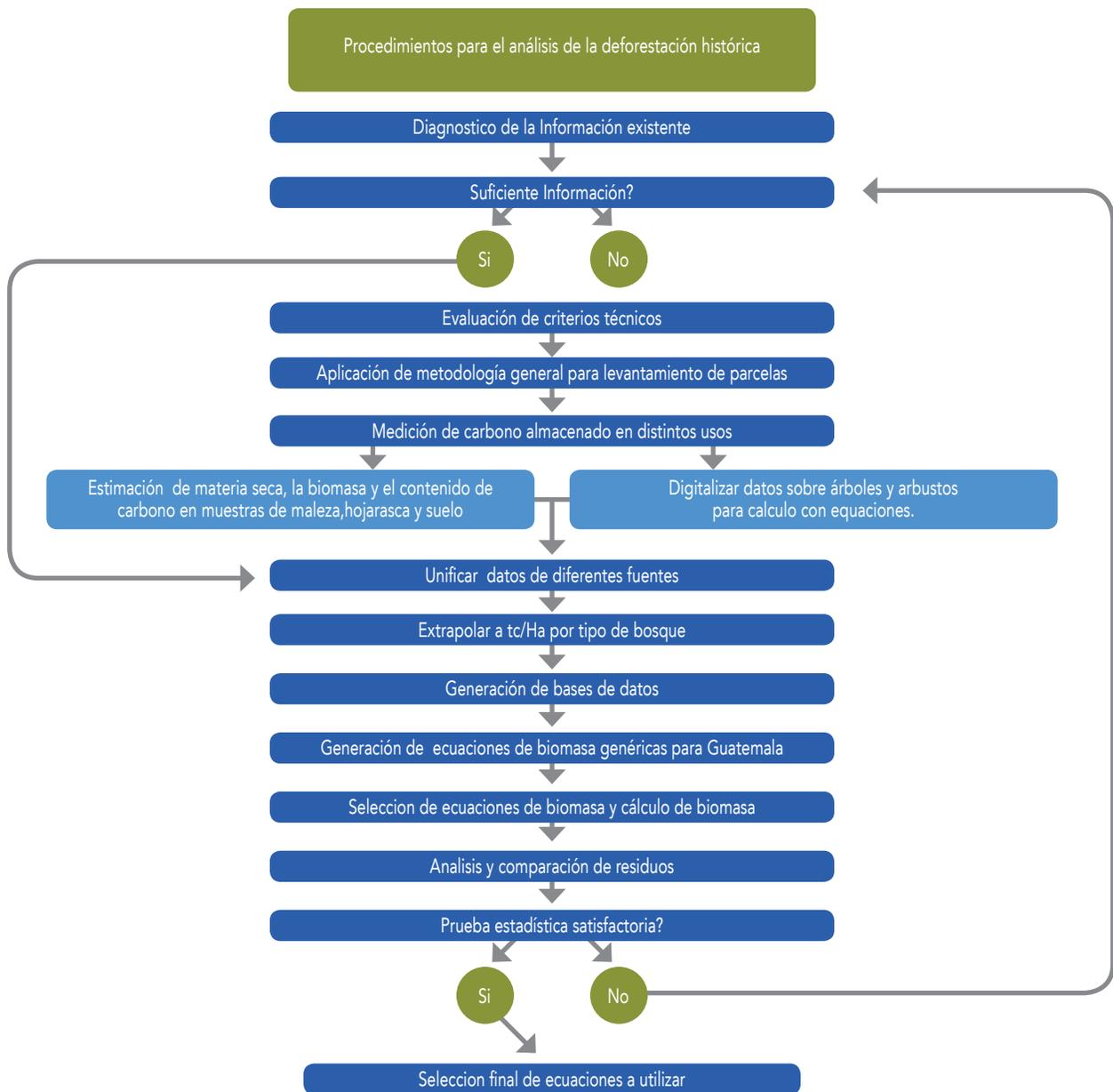
# 4

## Sección 2: Procedimientos para la estimación de carbono almacenado y estimaciones de GEI

Elaborado por Dr. Edwin Castellanos, Ing. Alma Quilo, MSc. Gabriela Alfaro, Erick López y Byron Solares.

Figura 9

Diagrama general de procesos para la estimación de carbono almacenado y estimación de GEI en bosques. Se ilustra los procesos necesarios para seleccionar las ecuaciones que se debe utilizar para estimar el carbono almacenado en bosques.



Fuente: Elaboración propia.

## 4.1 Diagnóstico de la información existente

Para realizar el diagnóstico de información existente se llevó a cabo una revisión bibliográfica de inventarios forestales, planes de manejo forestal, parcelas permanentes de monitoreo forestal, programas de incentivos forestales e inventarios de carbono a nivel nacional.

Además de revisar estas fuentes, también se consultó con socios locales. Esto permitió establecer los vacíos de información que luego servirían como insumos para levantar las parcelas de carbono de la región Sub-Nacional Sarstún-Motagua con apoyo financiero del proyecto Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala CNCG en el 2014.

## 4.2 Medición del carbono almacenado en distintos usos de la tierra

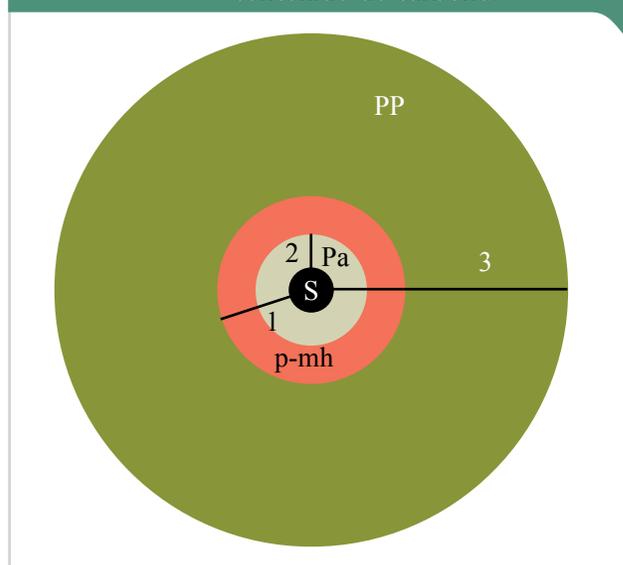
Dentro de los hallazgos del diagnóstico de la información existente, se pudo establecer que existe la guía “Metodología para la estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales en Guatemala” generada por el CEAB-UVG en el 2010. En ella, se describen los procedimientos necesarios para la medición y cuantificación del contenido de carbono forestal en sus diferentes fases: campo, laboratorio y cuantificación final.

Esta metodología y las guías generadas por el WI y el Verified Carbon Standard (VCS) permitieron definir los criterios técnicos para la evaluación de reservorios de carbono a incluirse en la línea base. Los reservorios incluyen: biomasa arriba del suelo, biomasa debajo del suelo, hojarasca y Carbono orgánico del suelo. No se incluyó la madera muerta ni productos maderables.

Para complementar los vacíos de información, se llevó a cabo el levantamiento de 150 parcelas adicionales distribuidas al azar bajo el modelo de parcelas descritas en la metodología del CEAB-UVG 2010. En esta metodología, se recomienda establecer parcelas circulares anidadas de 1,000 m<sup>2</sup> para la estimación de contenido de carbono como se ilustra abajo (Figura 10).

Figura 10

Diagrama de la parcelas circulares anidadas para la estimación del contenido de carbono.



Fuente: Elaboración propia, con base en Castellanos et al, 2010

Las parcelas se establecieron en la región sub-nacional Sarstún-Motagua siguiendo las características y variables a medir para el muestreo de carbono, según la guía del CEAB-UVG 2010. Estas características se enlistan a continuación (Cuadro 1, Pag.27).

Los datos sobre árboles y árboles jóvenes o arbustos (grupo taxonómico, DAP, altura), fueron digitalizados para estimar la biomasa por medio de ecuaciones.

Todas las muestras de maleza, hojarasca y suelo recolectadas en las parcelas fueron sometidas a un análisis de laboratorio que eliminó la humedad para obtener el peso seco por muestra. El procesamiento del suelo se llevó a cabo con un cromatógrafo de gases (Flash EA1112) con el propósito de estimar

**Cuadro 1**

**Características y variables medidas en las sub-parcelas circulares evaluadas para el muestreo de carbono dentro la LB Sarstún-Motagua.**

Sub-parcela	Radio / Área	VARIABLES evaluadas
1ra subparcela	R = 0,6 m A = 1m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Peso Maleza/Herbáceas</li> <li>▶ Peso hojarasca</li> <li>▶ Suelo.</li> </ul>
(p-mh)	R = 3m A = 28m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de árboles jóvenes y arbustos de entre 2,5 y 9,9 cm de DAP</li> </ul>
2da subparcela	R = 18 m A = 1,018m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ DAP y altura de árboles mayores de 10 cm de DAPA</li> </ul>

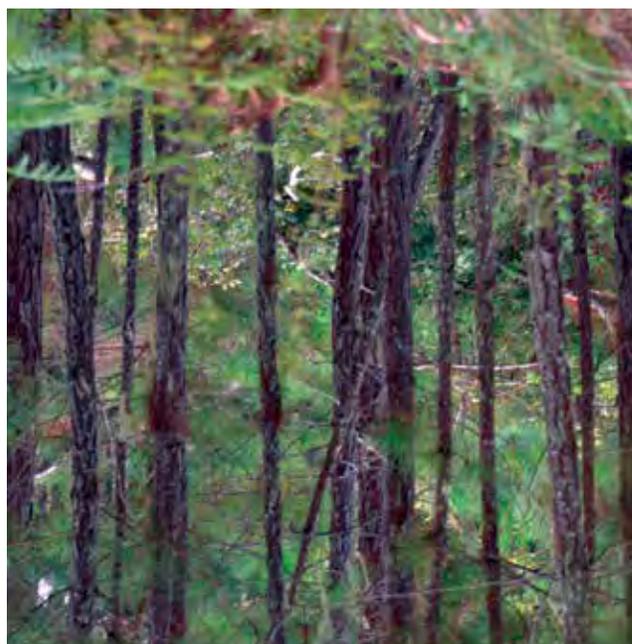
**Fuente:** Elaboración propia, con base en Castellanos et al, 2010

la proporción de materia seca, la biomasa y el contenido de carbono. Luego, los resultados se vincularon a los datos de campo y se extrapolaron los datos al área representativa para conocer el total de las toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) almacenadas en cada reservorio.

Las parcelas con información de carbono de las bases de datos que se presentan en el cuadro anterior suman un total de 288, distribuidas en los cinco departamentos de la región sub-nacional REDD+ y representan 19 municipios de los mismos.

### 4.3 Fuentes de información

Después de analizar los vacíos de información en la región sub-nacional de interés y de haber llenado esos vacíos con el número adecuado de parcelas de carbono, se procedió a integrar las fuentes de datos y analizar su calidad en cuanto a número, institución que las levantó, año en que fueron levantadas y reservorios de carbono que se analizaron. El cuadro siguiente resume las fuentes de información que conforman las bases de datos que fueron utilizadas para estimar carbono en la región Sarstún-Motagua.



Proyecto	Fertilizante	Número de Parcelas	Ejecutado por	Año	Reservorios
Inventario Nacional Forestal	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO-	24	INAB	2002-2003	1
Institucionalidad Local para el Manejo de Bosque y Agua en Comunidades Indígenas	Fondo de Fomento de la Institucionalidad Ambiental. Real Embajada de los Países Bajos.	37	CEAB-UVG	2005	1 -5
Elaboración del primer mapa nacional sobre el carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala.	Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología –FODECYT-	86	CEAB-UVG	2010	1-5
Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala	No. 08-2008	141	CEAB-UVG	2014	1-5
<b>TOTAL</b>		<b>288</b>			

Fuente: Elaboración propia.

## 4.4 Selección de ecuaciones de biomasa y cálculo de biomasa

Para tomar una decisión sobre las ecuaciones de biomasa a utilizar para los bosques de la región Sarstún-Motagua, se debe analizar cuáles de las ecuaciones alométricas existentes en la literatura poseen un mejor ajuste estadístico. Para ello se deben realizar varios pasos. Estos incluyen la recopilación de los datos a utilizar, luego estos se deben unificar bajo el criterio de árboles latifoliados y coníferas y finalmente se deben homogenizar.

Al terminar con estos procesos, se obtiene una base de datos con la información bruta que contienen

las diferentes variables medidas para cada árbol según el cuadro 2. Es decir, se anota en la base de datos general el DAP, la altura, peso húmedo por componente, el peso seco y la biomasa total del árbol cuando estos datos estén disponibles. Si no se obtiene el valor de alguna de estas variables, se debe utilizar al menos la biomasa total que es la que finalmente se utiliza para calcular las ecuaciones. A continuación se describen a profundidad cada uno de estos procesos.

### 4.4.1 Recolección de datos

En esta fase del proceso, nuevamente se lleva a cabo una revisión de literatura para conocer las



ecuaciones de biomasa generadas con ejemplares colectados específicamente en bosques naturales puesto que la línea base que se está generando es específica para deforestación. El resultado de la revisión de literatura se presenta en el Cuadro 12 (Pag. 56) .

En total, para el caso de especies latifoliadas se han cortado un total de 100 árboles, generando tres ecuaciones diferentes, mientras que para coníferas se han cortado 80 árboles para la generación de dos ecuaciones de biomasa. La importancia de coleccionar esta información es contar con los datos brutos para la generación de una nueva ecuación que contenga más datos para disminuir el porcentaje de error.

#### 4.4.2 Unificación de datos

Esta fase consistió en recopilar, unificar y homogenizar los datos brutos de los estudios del cuadro anterior, generando una sola base de datos que contiene las diferentes variables medidas en

cada uno de los árboles cortados, es decir, el DAP, la altura, el peso húmedo por componente, el peso seco y la biomasa total del árbol. En algunos casos no se obtuvieron todas las variables desagregadas, pero si la biomasa total, que es la que se utiliza para la generación de las ecuaciones.

Como producto de esta fase se obtuvo una base de datos que contiene información de los 100 árboles latifoliados, representativos de cinco especies y de 80 árboles de coníferas representativos de cuatro especies.

#### 4.4.3 Generación de ecuaciones de biomasa genéricas para Guatemala

Al tener los datos homogenizados, se procedió a evaluar la relación existente entre variables dasométricas y la biomasa total. En este caso: DAP, altura, área basal o la combinación de éstas y biomasa total del árbol. Este procedimiento se realizó tanto para latifoliadas como para coníferas, con el propósito de generar una ecuación genérica de biomasa para Guatemala, según grupo taxonómico. Para la generación de dichas ecuaciones se utilizó el programa estadístico SPSS V 20. Los resultados se muestran en el cuadro 3 y las figuras 11 y 12 (Pag. 30).

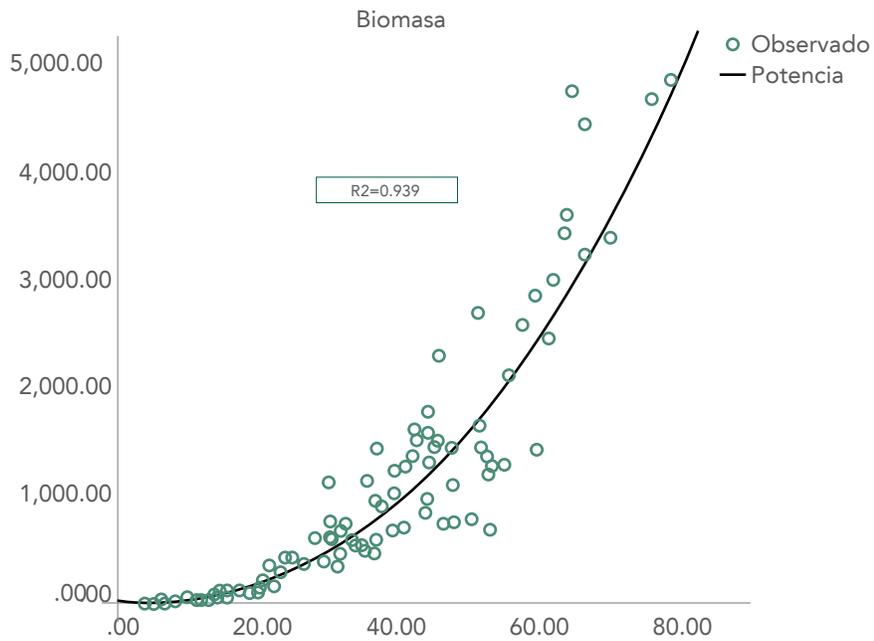
**Cuadro 3** Ecuaciones genéricas de biomasa para Guatemala

Grupo taxonómico	Latifoliadas	Coníferas
<b>Ecuación genérica de biomasa para Guatemala</b>	$Y = 0.13647 * DAP^{2.38351}$	$Y = 0.15991 * DAP^{2.32764}$
<b>R2</b>	0.939	0.966
<b>Datos</b>	100	80
<b>Especies</b>	5	4
<b>Autor</b>	CEAB, 2015.	CEAB, 2015.

**Fuente:** Elaboración propia

Figura 11

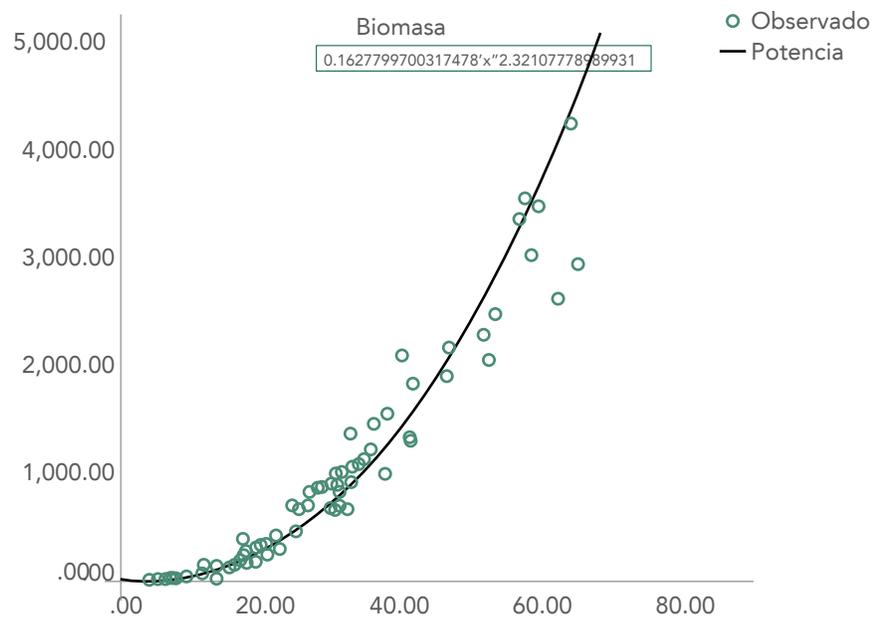
Distribución de residuos en la ecuación genérica de Guatemala para el grupo taxonómico de Latifoliadas



Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Distribución de residuos en la ecuación genérica de Guatemala para el grupo taxonómico de Coníferas



Fuente: Elaboración propia

Una vez se han producido las ecuaciones genéricas para Guatemala, el siguiente paso es realizar un ejercicio en el cual se calcula la biomasa de los árboles cortados, utilizando distintas ecuaciones específicas, tanto nacionales como internacionales. El propósito es evaluar la coincidencia de los resultados y poder determinar cuál de esas ecuaciones se ajustan más a los datos de biomasa colectados a nivel nacional.

#### 4.4.4 Análisis y comparación de residuos

Para realizar el análisis comparativo de residuos se definieron algunos criterios generales, tales como: especie/género, grupo taxonómico, variables dasométricas, sitio de origen de los individuos, condiciones climáticas, etc. En este último criterio se utilizó como referencia la información proporcionada por FAO, 2003 para la clasificación de bosques, con el fin de hacer la comparación únicamente con aquellas ecuaciones que reúnen condiciones climáticas adecuadas para el país.

En este caso la varianza alrededor del eje  $x$  es constante, evidenciando que las distintas ecuaciones se ajustan bien a los datos de biomasa real. Para ambos grupos taxonómicos (latifoliadas y coníferas) la varianza se dispersa a partir de datos de DAP mayores a 65cm, respaldando el hecho de que cualquiera de las ecuaciones de biomasa estiman con alta precisión los datos de diámetros menores. Sin embargo, se sugiere recolectar más información de campo para diámetros mayores o complementar con datos regionales.

Para determinar la calidad de las ecuaciones se debe utilizar un estadístico que mida la bondad de ajuste de los datos respecto a la ecuación. En este caso, se utilizó el coeficiente de determinación  $R^2$ . Para este estadístico cuando el valor de  $R^2$  se acerca a 1, se puede concluir que la ecuación

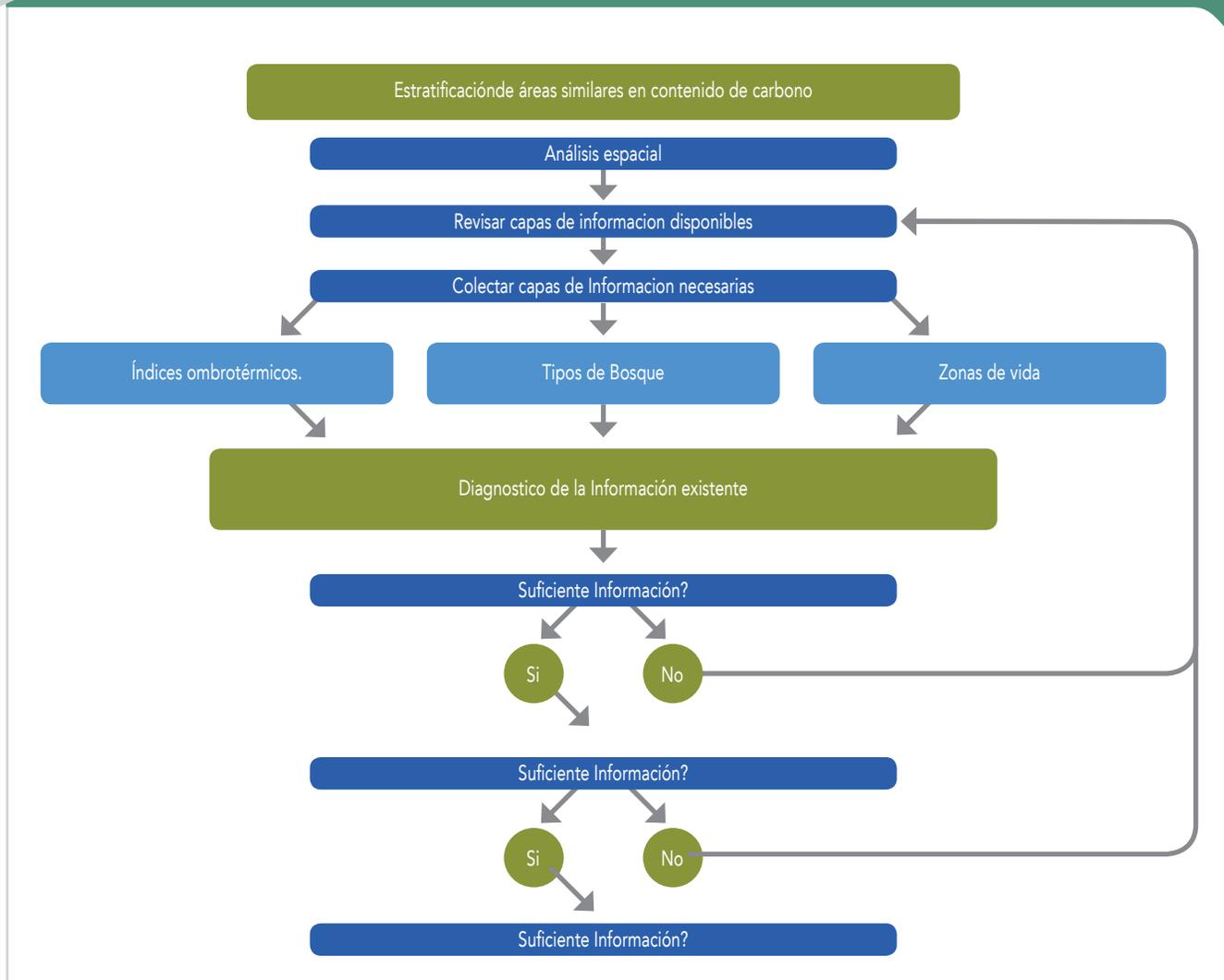
es adecuada para describir la relación que existe entre las variables medidas.

Las ecuaciones que se evaluaron poseen un  $R^2$  mayor de 0.90, con la excepción de la ecuación de bosque húmedo de Brown (1989) con un  $R^2$  de 0.78. Por lo tanto este parámetro estadístico no nos ayuda a definir cuál de las ecuaciones es mejor, ya que todas reflejan una buena correlación entre el DAP (cm) y la Biomasa Total por árbol (kg).

Se debe tener en cuenta que las ecuaciones internacionales han sido generadas con datos globales, condiciones climáticas diferentes y algunas especies que posiblemente no se encuentran en Guatemala y no han sido validadas para el país. Bajo estas consideraciones cualitativas y tomando en cuenta el análisis estadístico realizado, las ecuaciones a utilizar para las latifoliadas y coníferas de Guatemala serán las generadas por el CEAB en el 2015. Estas ecuaciones se presentan en el cuadro 4, (Pag. 34).

#### 4.5 Estratificación de áreas similares en contenido de carbono

Para definir la estratificación por contenido de carbono se han realizado varias pruebas, las cuales siguieron los pasos generales sugeridos en la Guía para Estratificación para REDD+ usando inventarios nacionales, (Pearson, et al., 2013) elaborada por WI. En esta etapa hay que tomar en cuenta que la estratificación, no solo debe responder a los resultados estadísticos, sino que además debe cumplir con una distribución espacial coherente, lo más invariable en el tiempo y que permita representar la realidad de los bosques del país en cuanto a su contenido de carbono. A continuación (Figura 13, Pag.32) se describen los pasos en un diagrama de flujo.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describe cada uno de los procesos que generan la estratificación de la clase bosque:

### 4.5.1 Análisis espacial

Para realizar el análisis espacial se utilizó el software ArcSIG versión 10.1 y diferentes capas de información sobre las cuales se sobrepusieron las 288 parcelas de carbono. El resultado de este análisis permite conocer la distribución de la frecuencia de las parcelas de carbono, conforme a las categorías de las distintas capas de información.

Las capas utilizadas fueron:

1. INAB-CONAP. 2015. Mapa Forestal por Tipo y Subtipo Bosque 2012. Guatemala. Informe Técnico. 26pp .
2. Índice Ombrotérmico. Global Bioclimatics - Clasificación bioclimática de la Tierra .
3. IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, 2013). Mapa de ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. (escala 1:250,000) [mapa digital]. Guatemala.

### 4.5.2 Estadística descriptiva

Conociendo la distribución de frecuencia de las parcelas dentro de cada categoría, ya sea de tipos de bosque, horizontes ombrotérmicos o zonas de vida, se procedió a realizar una estadística descriptiva de cada estrato determinado por estas categorías. Este resultado describe de manera general la distribución estadística de los datos y algunas de sus propiedades aunque no permite sacar una conclusión determinante en esta etapa. Para generar estos datos se utilizó SPSS v. 20.

### 4.5.3 Evaluación del índice de confianza

Siguiendo los pasos de la guía de WI, al contar con los resultados de la estadística descriptiva se procede a determinar el "índice de confianza (InC)", que es el porcentaje que representa el intervalo de confianza a 90% respecto a la media. Las pruebas realizadas permiten seleccionar el mejor escenario, el cual debería de presentar la mayoría de categorías con un InC menor a 20%. Si no se da esta situación se descarta la opción como una posible estratificación ya que nos indica que la muestra con un IC > 20% es muy pequeña o está muy dispersa para poder representar el estrato o está muy dispersa, por lo que la confiabilidad sobre la media es menor. WI sugiere que el InC debe de ser menor o igual a 20% con el propósito de que la muestra se encuentre dentro de un margen de error reducido, lo más cercano posible a la media. Esto se logró para las clases de bosque.

### 4.5.4 Prueba de normalidad de los datos

Teniendo los distintos escenarios con  $InC < 20\%$ , se procede a realizar una prueba de normalidad de los datos, necesaria para visualizar la distribución de los valores ( $tC/ha/parcela$ ), determinar el comportamiento de los mismos y orientar

sobre las pruebas estadísticas, paramétricas o no paramétricas, a ser aplicadas. La prueba de normalidad también es conocida como "distribución normal o de Gauss", y es la que se representa con mayor frecuencia a fenómenos reales, ya sean naturales, sociales o psicológicos. El método más recomendable para este caso es la prueba, Kolmogorov-Smirnov o K-S, que consiste en una prueba de hipótesis en la que la hipótesis nula afirma que los datos (muestra) sí se ajustan a la distribución normal de la población y la hipótesis alterna establece que no se ajustan. En este caso se utilizó el software SPSS v.20.

Los resultados indican que los datos no tienen una distribución normal ya que el nivel de significancia (Sig.) es menor al 0.10, utilizando un 90% de nivel de confianza, por lo tanto la hipótesis nula es rechazada.

### 4.5.5 Pruebas no paramétricas

Con el resultado de la prueba de K-S, se determinó que para este caso se requiere aplicar pruebas no paramétricas, y dentro de éstas se debe seleccionar la que ayude a probar si existe diferencia significativa entre las medias o medianas de carbono de las distintas categorías propuestas. Dentro de las pruebas paramétricas, la ANOVA es una de las pruebas más comunes utilizadas para esto, mientras que para no paramétricas lo es la prueba de Kruskal-Wallis.

Todos estos análisis descritos anteriormente fueron llevados a cabo para las tres propuestas de estratificación de la clase bosque. La línea base presenta todos los resultados de cada análisis estadístico. Aquí basta describir que en virtud del análisis de todos los componentes, la prueba final de Mann-Whitney llevo a los investigadores a seleccionar la estratificación del contenido de carbono en bosques de la región sub-nacional Sarstún-Motagua en dos zonas de vida definidas por su contenido de humedad. Estas son: bosques

húmedos y bosques muy húmedos. Esta clasificación satisface todos los criterios estadísticos y de razón que permiten una estratificación satisfactoria para el contenido de carbono en bosques de esta región según los criterios y recomendaciones de WI y IPCC 2006.

## 4.6 Estimación de carbono almacenado post-deforestación

Para estimar el carbono almacenado post-deforestación en sistemas no forestales debió optar por asignarles una densidad de carbono del nivel 1 de referencia del IPCC (Cuadro 4). Esto fue debido al número de muestras de parcelas para estas sub-categorías cuya incertidumbre era muy elevada. Se decidió volver al nivel 1 de referencia IPCC 2006 (cuadros 3.3.2 y 3.3.8 del documento IPCC 2006). Esto sugiere que la variabilidad captada en las parcelas de campo todavía es muy grande y la muestra muy pequeña. Se recomienda muestrear más parcelas en estas sub-clases para

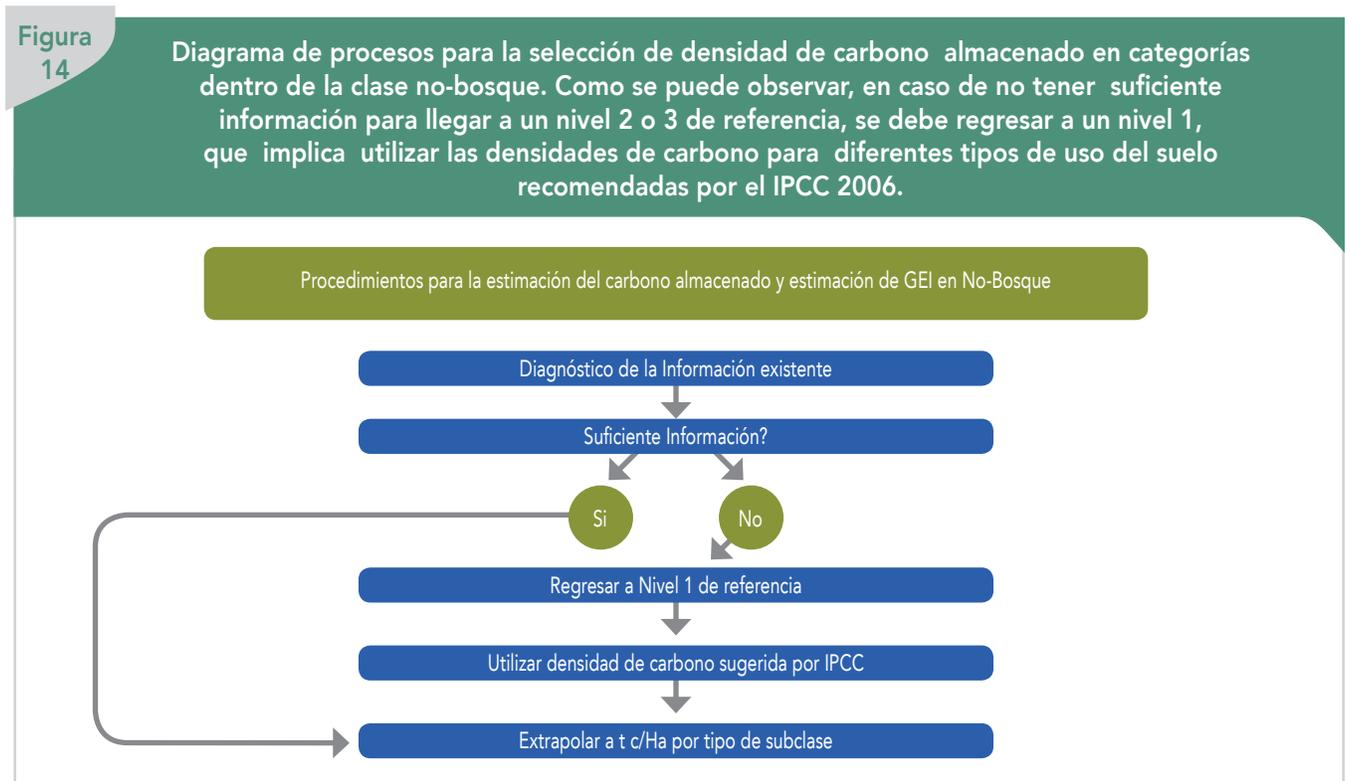
cambiarlas de nivel de un 1, a un nivel de referencia más complejo.

**Cuadro 4** Contenido de carbono por estratos de bosque y subcategorías de no-bosque

Contenido de Carbono Estratos			
Uso forestales	(tC/Ha.)	Uso no forestales	(tC/Ha.)
Bosque muy húmedo	161.52	Agricultura Anual	5
Bosque húmedo	130.16	Hule	50
		Palma Africana	50
		Café bajo sombra	82

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente diagrama (Figura 14) muestra la serie de procesos para la selección de nivel de referencia para la estimación de carbono almacenado y estimación de GEI en sub clases de no-bosque.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5

**Total de emisiones de carbono por área de estratos de la categoría Bosque y sub-categorías de No-Bosque**

Bosque muy húmedo deforestado (Ha)	Uso post deforestación	Hectáreas	Factor de emisión	Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/ha)	Emisiones/Absorciones (tCO <sub>2</sub> /eq)
68,678	Agricultura anual	67,128	157	574	38,525,482
	Hule	592	112	409	241,971
	Palma	579	112	409	236,561
	Café	379	80	292	110,503
		68,678			39,114,517

Bosque húmedo deforestado (Ha)	Uso post deforestación	Hectáreas	Factor de emisión	Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/ha)	Emisiones/Absorciones (tCO <sub>2</sub> /eq)
90,169	Agricultura anual	88,078	125	459	40,420,737
	Hule	414	80	294	121,683
	Palma	32	80	294	9,391
	Café	1,645	48	177	290,489
		90,169			40,842,300

**Fuente:** Elaboración propia.

## 4.7 Cálculo de emisiones/absorciones en el período de referencia por estrados de bosque

Habiendo establecido el contenido de carbono por estrato de bosques y habiendo asignado una densidad de carbono a las subcategorías de la clase no bosque, se procedió a calcular el cambio para el período de referencia 2001-2014 mediante una multiplicación simple de áreas por densidad. Estos resultados se muestran a continuación (Cuadro5).

## 4.8 Determinación de la deforestación futura

Para la determinación de la deforestación futura en la literatura REDD+ se han propuesto tres diferentes enfoques (Angelsen, 2013): Enfoque puramente histórico, Enfoque histórico ajustado y los Modelos

de simulación. De estos enfoques, solamente el histórico es aceptado por el FCPF (criterio 13), donde establece utilizar el enfoque puramente histórico para determinar la deforestación futura en la elaboración de líneas base.

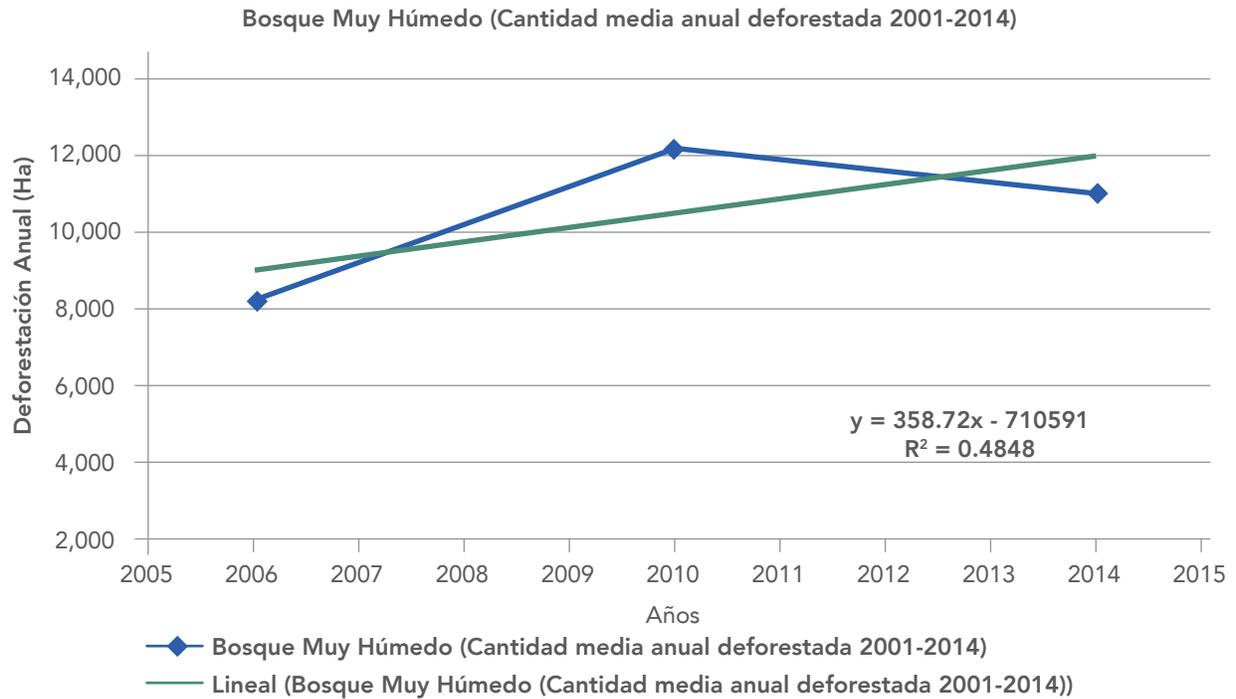
El enfoque puramente histórico utiliza únicamente el promedio de tasas anuales de deforestación del pasado reciente normalmente, de un periodo de 10 años (Santilliet al. 2005). En el estudio de Sarstún-Motagua se utiliza un periodo histórico de 13 años (2001- 2014).

El análisis se realiza por estratos, los cuales fueron definidos en Bosque húmedo, Bosque muy húmedo y Bosque seco previamente en la sección 5.5. Por las razones mencionadas anteriormente, el Bosque seco no se tiene en cuenta en el análisis por la poca representatividad en área (1 % del total) dentro de la región Sarstún-Motagua.

Para realizar las proyecciones se utiliza el área media anual deforestada y los años, creando un modelo de regresión lineal para cada estrato, como muestran las figuras 15 y 16 (Pag. 36).

Figura 15

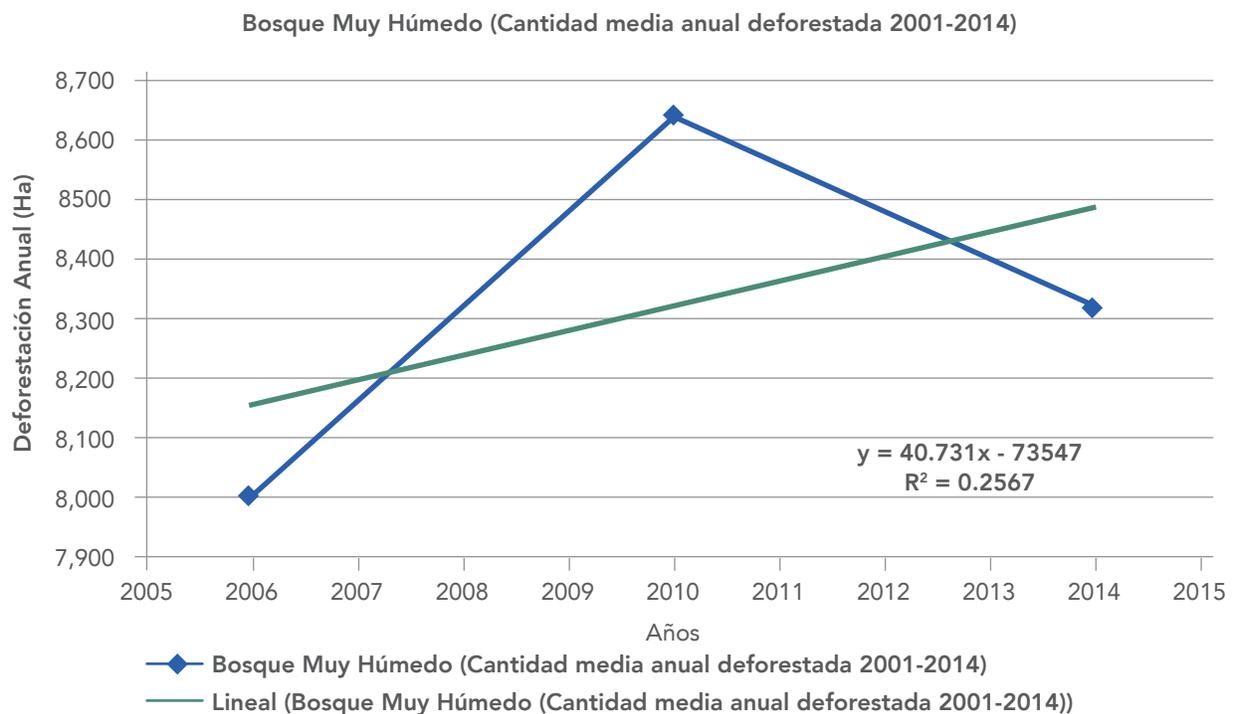
Modelo de regresión para áreas deforestadas en el estrato *Bosque húmedo*



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Modelo de regresión para áreas deforestadas en el estrato *Bosque muy húmedo*



Fuente: Elaboración propia



Los modelos de regresión muestran el R2 con valores de 0.48 y 0.25 para los estratos de Bosque húmedo y Bosque muy húmedo respectivamente. Los resultados resultan alejados de 1 teórico ideal ya que solo existen tres momentos donde se mide la deforestación en el periodo de 13 años estudiado, los cuales además resultan muy alejados. Por su parte, la cantidad media anual deforestada en el transcurso de los años 2006 al 2010 representa una forma de pico en la gráfica ya que durante este periodo se dispara la deforestación en la subregión y en el país de manera general.

En base a los resultados de los modelos se obtiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} &\text{Área media anual deforestada proyectada} \\ &= \\ &\text{variable dependiente (y) *} \\ &\text{año - variable independiente (x)} \end{aligned}$$

La misma se origina de utilizar la gráfica de dispersión con los años del periodo histórico de

referencia 2001 – 2014, de los cuales se tienen datos de deforestación anual, como resultado se obtiene el área media anual deforestada para los años proyectados 2015 – 2025.

Por su parte la cantidad de área deforestada a futuro por estrato se obtiene restando el área de bosque del año de 2014 del área media anual deforestada del año 2015 y se sucede esta operación hasta el año 2025, tomando el área de bosque del año anterior.



# 5

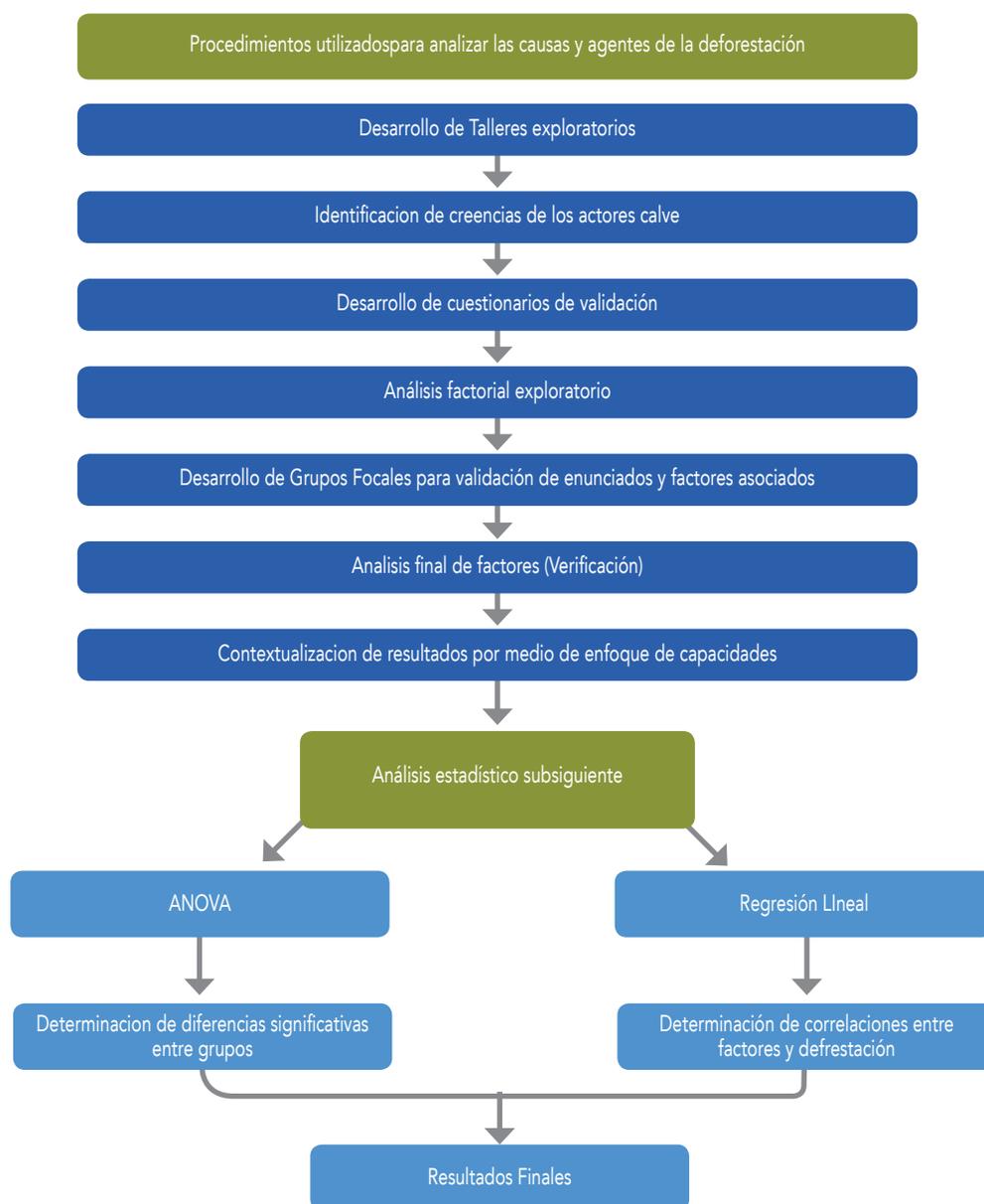
## Sección 3: Procedimientos utilizados para analizar las causas y agentes de la deforestación

Elaborado por

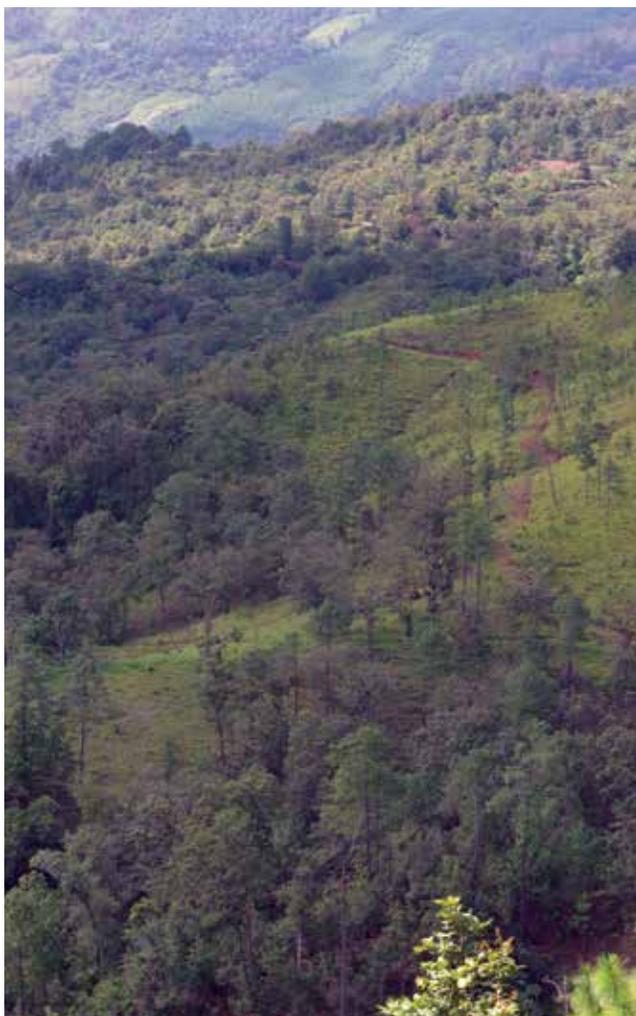
Msc. Jane Robb, Ing, Margarita Vides, Ing. Omar Regalado, MSc. Gabriela Alfaro, MSc, Gabriela Fuentes, Ing. Alma Quilo, Msc. Danai Fernandez, Oscar Gonzales, Erick López, Paula Rabanales

Figura 17

Diagrama general de procesos para el *análisis de causas y agentes de la deforestación*.



Fuente: Elaboración propia con base en Robb et al, 2016



La siguiente sección está compuesta por una serie de análisis que permiten identificar a posibles agentes que tienen influencia directa o no en el cambio de uso del suelo y la deforestación. Asimismo se buscó identificar las percepciones de estos actores respecto a las causas y agentes de la deforestación en la región sub-nacional Sarstún-Motagua. Estos métodos incluyen talleres exploratorios, cuestionarios, grupos focales, análisis de factores y luego una serie de análisis cuantitativos.

Si bien se han evidenciado correlaciones significativas entre los factores identificados en este documento y la deforestación en la región, no se debe perder de vista que lo que se capta con estos métodos son las percepciones de las personas que participaron en estos procesos y que sus percepciones no fueron corroboradas con la realidad de la deforestación en la región.

Esto sugiere que para verificar si las causas y agentes identificados con estos procesos en realidad tienen influencia en el cambio del uso del suelo como reclaman las correlaciones, se deberán realizar análisis de causalidad más profundos.

## 5.1 Identificación de actores clave

La Universidad del Valle de Guatemala (UVG) identificó, por medio de talleres exploratorios, quiénes eran los actores clave involucrados en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra y otras acciones en la región Sarstún-Motagua. En conjunto con otras instituciones del programa Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG) la UVG, se llevaron a cabo talleres para identificar las diferentes percepciones de estos actores clave en relación a las causas de deforestación. Estos talleres fueron desarrollados siguiendo los procesos descritos a continuación:

### 5.1.1 Desarrollo de talleres exploratorios

#### a) Preparación

El objetivo de la preparación es asegurar que las condiciones para impartir sean las adecuadas para lograr con éxito los objetivos. Se debe hablar con los socios para revisar las conexiones y lugar de proyección para la cañonera u otro aparato. Asimismo se debe hablar con el encargado de proporcionar la alimentación del taller y revisar que todo el material a utilizar esté disponible. Los materiales a utilizar incluyen: listado de asistencia, gafetes, cámara, extensiones regleta, pantalla para proyección y materiales por cada dinámica (papelógrafos, cinta adhesiva, marcadores, dibujos, etc.)

#### b) Registro de participantes

El objetivo de este registro es tener una idea de quién forma parte del grupo con el que se va a

trabajar. Se debe llevar el listado de asistencia. El grupo facilitador debe estar a la entrada del salón para colaborar con la inscripción de los participantes. Se necesita el listado de asistencia y gafetes.

### c) Presentación y objetivos del taller

El objetivo de la presentación es dar a conocer a cada uno de los participantes y romper el hielo. Se debe colocar a los participantes en un círculo y tirar 2-3 bolas de lana simultáneamente. Al que le caiga la bola de lana debe de decir, quien habla y luego este comentará su nombre, de dónde viene (vive), un animal que le guste y sus expectativas del taller.

Luego de que todos se presenten, se hace la reflexión de la tela de araña y posteriormente allí en círculo se comentan los objetivos del taller. Para llevar a cabo esta actividad se necesitan bolas de lana de colores, para llevar a cabo la actividad del color de la lana relacionada a cada tema.

### d) Contexto general del taller

El objetivo de definir el contexto del taller es proporcionar a los participantes las definiciones utilizadas por el CEAB UVG para los ejercicios y objetivos que se desarrollarán en el taller y está muy ligado a la actividad anterior puesto que para lograrlo se debe preguntar a los participantes aún en el círculo de la actividad anterior que definan (con una palabra): bosque, deforestación, agentes. Estas palabras deben de ser apuntadas en papelógrafos para usarlos posteriormente.

Luego de esto, se solicita al grupo que pase a sentarse. El equipo facilitador por medio de una presentación o carteles dará a conocer las definiciones "científicas-prácticas" utilizadas en el proceso que conlleva identificar los agentes y causas de la deforestación en base a los estándares. Se debe luego relacionar las palabras dichas en el contexto con las definiciones.

### e) Identificar agentes de deforestación y sus características

El siguiente paso es identificar los agentes de la deforestación y sus características. Este paso se lleva a cabo en tres procesos: priorización, caracterización y dramatización. Para la priorización se debe separar al grupo dependiendo el color de lana que les tocó en la dinámica de la Tela de Araña. Luego se reparten fichas y marcadores para que en ellas coloquen el nombre de los agentes que identifiquen como responsables de la deforestación en la zona.

Cada grupo presenta las opciones y en asamblea que el facilitador proporciona el nombre/dibujos de algunos de los agentes que no se hayan visibilizado. Si existe alguno se debe incorporar. Luego en asamblea también se debe apoyar a los participantes a que prioricen los agentes según el impacto que estos hacen (quién deforesta más?).

Para la caracterización, una vez se tiene a los agentes priorizados, se debe separar al grupo para que representen a cada uno de los agentes. Se les entrega una matriz para que revisen las características del agente (social, económica, cultural, etc.). El facilitador debe entonces recoger la matriz con algunos comentarios si es necesario.

Luego, se lleva a cabo la dramatización. Para ello se hace un círculo y se coloca en medio el "Bosque" y a los alrededores los dibujos que representen los agentes para que cada equipo se coloque frente a él. Ya ordenados, se les explica que cada grupo debe de formular una estrategia o una justificación para ser el único quien puede deforestar ese fragmento de bosque. Se les da un tiempo prudente (10min) para que discutan y se pongan de acuerdo en la respuesta. Se debe ordenar los agentes en orden alfabético y así solicitar que pasen y defiendan su papel.

### f) Localización de agentes de deforestación

El objetivo de este paso es ubicar físicamente a los agentes identificados en los pasos

anteriores. Para ello se presenta en plenaria el proceso de elaboración de los mapas históricos, el mapa del 2014 y las instrucciones del siguiente ejercicio. Se reorganiza a los participantes por grupos, dependiendo del área donde viven o conocen, se reparte el mapa sobre el cual trabajarán, marcadores y dibujos representantes de los agentes.

Luego se solicita que peguen a cada agente en dónde este realiza mayoritariamente su acción. En fichas se define el nombre del lugar, características del lugar (pendiente, suelos, etc.). Se necesita el mapa límite LB – SM, mapas 2014 con un zoom de LB-SM (por municipios, áreas de mayor deforestación, etc.) y varios juegos de dibujos (agentes).

### g) Conclusiones

Para resumir los hallazgos, las personas se reúnen al centro del salón para observar los papelógrafos. El facilitador debe hacer un recorrido por los papelógrafos pegados en las paredes indicando los resultados que en conjunto se obtuvieron. Estando de pie se proyectan algunas fotografías de cada una de las fases del taller.

### h) Evaluación

Al finalizar, se califican distintos aspectos del taller. Como cierre del taller, estando los participantes de pie y en media luna se hace una encuesta sobre distintos aspectos del taller evaluando las dinámicas usando el estilo semáforo.

## 5.2 Identificando las percepciones de los actores clave

Utilizando la información obtenida en los talleres exploratorios y la información proveniente del reporte de administración de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas RBSM llevado a cabo por Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN) en el 2010, se desarrolló una lista de las percepciones

y enunciados de los actores clave respecto a las causas y agentes de la deforestación en la región.

Estas percepciones fueron luego agrupadas bajo temáticas similares. Las percepciones fueron descritas en función de la relevancia de estas respecto a los actores que tienen incidencia en el uso del suelo (incluidos aquellos que rentan o tienen registros de propiedad de la tierra) ya que estos tienen generalmente más incidencia sobre los usos que se le da a la tierra.

Las percepciones identificadas en los talleres fueron ligadas a todos aquellos aspectos que pudieran tener un efecto en el uso de la tierra. Esto se llevó a cabo pues asegura que los factores derivados del análisis estadístico representen conceptualmente valores asociados a los bosques, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en lugar de factores que representan comportamientos aleatorios.

Esta lista fue enviada a la UVG y a la Universidad de Greenwich donde se identificaron, por medio de la técnica del semáforo, cuáles eran las percepciones que deberían o no ser incluidas los cuestionarios siguientes. Después de revisar estas opiniones, 39 percepciones y enunciados relacionadas a la deforestación fueron seleccionados para su inclusión en los cuestionarios.

## 5.3 Desarrollo de los cuestionarios

Si bien la escala de 7 puntos de Likert parece ser más confiable, en este estudio se seleccionó una escala de cinco puntos de Likert desde “Muy de Acuerdo” hasta “Muy en desacuerdo” (Cronbach 1951) ya que esta parece ser mejor para representar escalas de juicios absolutos (Foddy 1994).

Todas las percepciones o enunciados fueron aleatorizados utilizando la fórmula de aleatorización de Excel® para su posterior inclusión en el cuestionario para asegurar que los participantes no fueran directamente influenciados por las otras preguntas (Schuman & Presser 1996). Asimismo,

los encabezados fueron utilizados para asegurarse que los enunciados relacionados con los mismos temas no se encontraran en posición adyacente.

La validación se llevó a cabo con 42 individuos de los alrededores de la región Sarstún-Motagua y fue facilitada por miembros de las organizaciones que trabajan para el programa CNCG. Esta fase nos permitió asegurar que los enunciados estaban claros y que fueran entendidos correctamente por los participantes.

De esta manera, cada frase dentro de los cuestionarios tendría el mismo significado para cada persona que lo tomase (Denzin 1973) y así optimizar el diseño con las revisiones apropiadas después de este proceso de validación (Oppenheim 2000).

Para establecer otras relaciones entre el uso de la tierra y las personas que tomaron el cuestionario, se incluyeron cuatro secciones más que pretendían captar información respecto a si la persona era dueña de la tierra o si trababa para alguien más, en qué sector trabajaban y cuánta tierra forestada estaba registrada en su nombre.

Estas secciones se colocaron al final del cuestionario para evitar potenciales influencias negativas relacionadas con proveer información personal o sensitiva que pudiese impactar el deseo de las personas de responder el cuestionario honestamente (Converse and Presser 1986; Oppenheim 1992).

Se incorporó una introducción al principio del cuestionario para explicar el contexto de la investigación ya que esto puede incrementar la calidad de la información adquirida (Blair et al. 1977; and Andrews, 1984). Los cuestionarios se llevaron a cabo cara a cara con las partes interesadas para obtener las respuestas.

## 5.4 Análisis estadístico

El análisis factorial exploratorio es un método reconocido para medir actitudes y conjuntos de valores en las ciencias sociales ya que este expone

los elementos conceptuales subyacentes de un número determinado de variables que han sido medidas (Norris & Lecavalier 2010; Mulaik 1987).

La base teórica del análisis factorial exploratorio recae en varios supuestos: cada variable es una función lineal de una serie de factores latentes y es específica para cada factor latente; al asumir que estos factores no tienen correlación entre sí, las correlaciones que se encuentren entre ellos deberán poder ser explicadas en función de los factores latentes que tienen en común (Mulaik 1987).

Así pues, basado en estos supuestos, el análisis factorial exploratorio puede ser utilizado para exponer, directa o indirectamente, explicaciones sobre las variables en la forma de factores que se pueden medir (o no medibles) así como lo son los valores asociados al uso de la tierra.

En este estudio, las respuestas tipo Likert del cuestionario fueron identificadas con un código numérico e introducidas al programa SPSS v.22 para llevar a cabo el análisis factorial. Se calcularon las puntuaciones de los factores usando el promedio de las respuestas según su código numérico y su relación con los factores de los enunciados sobre las percepciones de las personas en un análisis de factores final.

Estas puntuaciones fueron luego examinadas utilizando un análisis de varianza para explorar la significancia de las diferencias de entre los factores de los distintos grupos.

## 5.5 Grupos focales

Se llevaron a cabo grupos focales con los propietarios de las tierras y trabajadores de las tierras en la RBSM para validar y clarificar los resultados de la interpretación de los datos obtenidos con el análisis factorial. Asimismo, se aprovecharon estas reuniones con los grupos focales para preguntar sobre las capacidades asociadas a cada valor.

Se llevaron a cabo dos grupos focales, uno al norte y otro al sur de la reserva. Esta división norte-sur, no es arbitraria. Es de hecho una división importante geográficamente con la cadena montañosa extendiéndose de oriente a occidente y con diferencias importantes entre las comunidades del norte y del sur.

Esta variación presentó una excelente oportunidad para analizar las diferencias entre las perspectivas de diferentes grupos. En total 50 personas provenientes de ambos sitios participaron de esta actividad.

En un principio se les preguntó a los participantes que ofrecieran sus pensamientos sobre qué significaba “cambio climático” y “deforestación”. Luego se les pidió que explicaran cómo estas dos ideas estaban conectadas. Este ejercicio fue utilizado para comenzar a poner en contexto a los participantes de los grupos focales y para asegurar que todos los participantes tuvieran el mismo nivel de entendimiento de estos conceptos antes de comenzar con el análisis de interpretación de los resultados.

Los participantes fueron separados en tres a seis grupos iguales, dependiendo del número de participantes que se presentó a cada taller. Cada grupo fue creado pensando en que los diferentes sectores estuviesen representados en ellos. Se le asignó uno o dos factores a cada grupo para su interpretación.

Cada grupo recibió una lista con los enunciados o percepciones asociadas a la deforestación y que correspondían a un factor. Sin más información, se les pidió que le asignaran el nombre que mejor representara la idea básica que conectara los enunciados. Después, cada grupo reportó sus interpretaciones a los otros grupos y se comenzó una discusión entre todos los grupos para discutir las interpretaciones de todos y agregar nuevas ideas y opiniones.

Una vez todos los factores habían sido discutidos, se llevó a cabo una votación para determinar qué factores han contribuido a la deforestación. Habiendo identificado estos factores, se votó

nuevamente para identificar qué factor por sí solo era el causante de la mayor deforestación. Luego, el grupo votó nuevamente múltiples veces para determinar qué otros factores eran causas significativas de deforestación.

De esta manera se elaboró el rango de causas de la deforestación desde el más significativo hasta el menos significativo.

## 5.6 Utilizando el enfoque de factores para identificar medios y capacidades

Al utilizar las percepciones de los grupos focales y los cuestionarios se generó una riqueza de perspectivas respecto a los factores, la cual debía ser estandarizada. Para ello, las perspectivas debieron ser analizadas para generar un nombre final y una interpretación única para cada factor.

En este sentido, cada interpretación de cada grupo fue tratada de la misma manera y las interpretaciones con similitudes fueron adecuadas para representar la interpretación más coherente para el valor asignado (Cuadro 6, Pag. 45). Sin embargo, en algunos casos, debido a perspectivas muy diferentes entre los grupos de actores el criterio del investigador fue determinante para consolidar los puntos de vista por medio de una exploración de las razones detrás de las diferentes perspectivas de los diferentes grupos.

Las causas más comunes detrás de estos diferentes puntos de vista fueron la etnia, género o localidad. Estos razonamientos detrás de las diferencias entre grupos puede ser también parte de la interpretación de los valores integrándolos como contexto social o situacional que ayudan a entender las causas de la deforestación.

Un ejemplo de interpretaciones múltiples para un factor de RBSM es el siguiente:

Factor 1	Peso del Factor*
Preg 36. Necesito más capacidad para involucrarme en agricultura	5,287
Preg 25. Si la gente tuviese mayor conciencia ambiental no dañarían el bosque	4,808
Preg 37. Todos somos responsables por la pérdida de bosque	5,256
Preg 41. Prefiero cuidar el bosque antes que usarlo para agricultura	5,279
Preg 34. Las áreas protegidas son necesarias para la conservación del bosque	5,279

**Fuente:** Elaboración propia, con base en Robb et al, 2016

### ► Función de valores

En el ejemplo del factor 1 (Cuadro 6), el valor que lo representa fue nombrado “conciencia ambiental”. En el modelo conceptual éste conforma la función de valores para este factor

### ► Medios

Ahora se debe explorar si esta función de valor está siendo alcanzada o no, es decir, si los enunciados y/o percepciones realmente definen al factor. Los enunciados arriba descritos para este factor indican, por ejemplo que las áreas protegidas están presentes y son necesarias para la conservación del bosque. De esta forma, las áreas protegidas pueden ser consideradas un medio para lograr alcanzar el valor del factor “conciencia ambiental”.

En las discusiones de los grupos focales, la educación fue mencionada por ambos grupos, refiriéndose específicamente a la ineffectividad de los sistemas educativos en la región. Entonces, es claro que un sistema de educación (por ejemplo escuelas) está presente, pero no provee la forma “correcta” de educación que puede promover la conciencia ambiental. Así pues, las escuelas pueden también tomarse en cuenta como medios en el modelo.

### ► Capacidades situacionales

Sin embargo, los enunciados o percepciones y los grupos focales claramente resaltan los problemas

que resultan de la falta de estos medios y que no es provee de las capacidades necesarias para alcanzar el valor de conciencia ambiental requerido por el factor. Tanto los enunciados como los grupos focales mencionan la necesidad de más capacidades y recursos para involucrarse en buenas prácticas de agricultura. Esto representa una capacidad situacional negativa que puede también ser incluida en el modelo (Figura 5, página 18).

Además, se encontró que ambos grupos focales mencionaron que las carencias en la educación tienen un impacto negativo directo en cuanto a la generación de conciencia ambiental al identificar que no existen programas educativos que tomen en cuenta esta temática. Esto convierte a la falta de programas educativos en una capacidad situacional negativa.

### ► Capacidades sociales

Tanto los enunciados de percepciones como los grupos focales discutieron problemas que van más allá de capacidades situacionales prácticas. Los enunciados de percepciones indican que hay una responsabilidad compartida referente a la pérdida de bosque, que cuidar el bosque es importante para los individuos y que si más personas tuviesen mayor conciencia ambiental, la pérdida de bosque se vería reducida.

El grupo focal “S” se refirió a la falta de conciencia ambiental en la siguiente generación, indicando que el incremento en las normas sociales

relacionadas con el cuidado del medio ambiente podrían beneficiar la conservación de los bosques y por lo tanto la falta de estas normas sociales hoy tiene un impacto negativo en las capacidades sociales contemporáneas.

El grupo focal "N", también relacionó la idea de la falta de normas sociales con el cuidado del medio ambiente pero discutió específicamente la relación de estas con el gobierno indicando que existe falta de voluntad política para generar conservación ambiental, otra forma de capacidad social negativa.

### ► **Función alcanzada**

Queda claro entonces, derivado del número de capacidades negativas, y de los pocos medios disponibles, que existen vacíos entre la valoración de la función y la función alcanzada. Es decir, entre lo que se cree que pesa un enunciado (o importancia relativa) y lo que en realidad este enunciado debe de incidir en el factor. Queda en evidencia entonces que estas dos partes del modelo deben diferir.

Un posible resultado de la falta de conciencia ambiental puede ser el involucramiento en prácticas de agricultura no sostenibles que aparece en los enunciados y percepciones y en la discusión de algunos grupo focales en cuanto a la falta de capacidades y recursos para involucrarse en buenas prácticas de agricultura.

## **5.7 Entendiendo las capacidades de los agentes como aproximación para identificar causas de la deforestación**

Los aspectos que se toman en cuenta dentro de las capacidades situacionales y sociales indican las causas indirectas y subyacentes respectivamente. Las causas directas se declaran como funciones alcanzadas. Con este enfoque, es posible explorar las diferentes razones detrás del por qué la gente

deforesta, identificando si esto se debe a aspectos situacionales o sociales. Para los tomadores de decisión, esto puede ser muy útil a la hora de identificar los tipos de intervenciones requeridas para enfrentar los problemas.

Algunos problemas derivados del análisis factorial exploratorio pueden aparentar no tener relación con las causas de la deforestación y degradación ambiental (por ejemplo, la conciencia ambiental), sin embargo, son los conceptos envueltos en los enunciados o percepciones y las interpretaciones de los grupos focales los que proveen información respecto a si estas funciones de valores se alcanzan o no.

En el caso del valor relacionado a la conciencia ambiental es claro que este valor no se está alcanzando desde la perspectiva de nuestro estudio. Sin embargo, también puede ser que el análisis nos permita identificar otros factores que sí se han alcanzado. Su contribución como causas de la deforestación y degradación de los bosques puede ser solo identificada a través de la interpretación de los factores una vez el análisis ha sido completado.

Finalmente, la identificación de las funciones alcanzadas o causas directas está menos sumergida en los enunciados o percepciones y en las interpretaciones de los grupos focales que los valores, capacidades y medios. Esto demuestra que esta metodología se debe usar en combinación con otros métodos que están mejor diseñados para identificar las causas directas como lo son las tecnologías basadas en sistemas de información geográfica (SIG).

Combinar estos métodos puede proveer de mejores evidencias para determinar el impacto físico directo de las causas indirectas y subyacentes y así crear una imagen más realista y completa de lo que ocurre.

## **5.8 Análisis cuantitativo subsiguiente**

Las puntuaciones de los factores determinados con anterioridad son variables compuestas que

representan la alineación de un individuo con un factor derivado del análisis factorial exploratorio (Distefano et al. 2009). Para poder utilizar los resultados de este análisis en estudios subsiguientes (regresiones, ANOVA etc.), los factores deben ser computados.

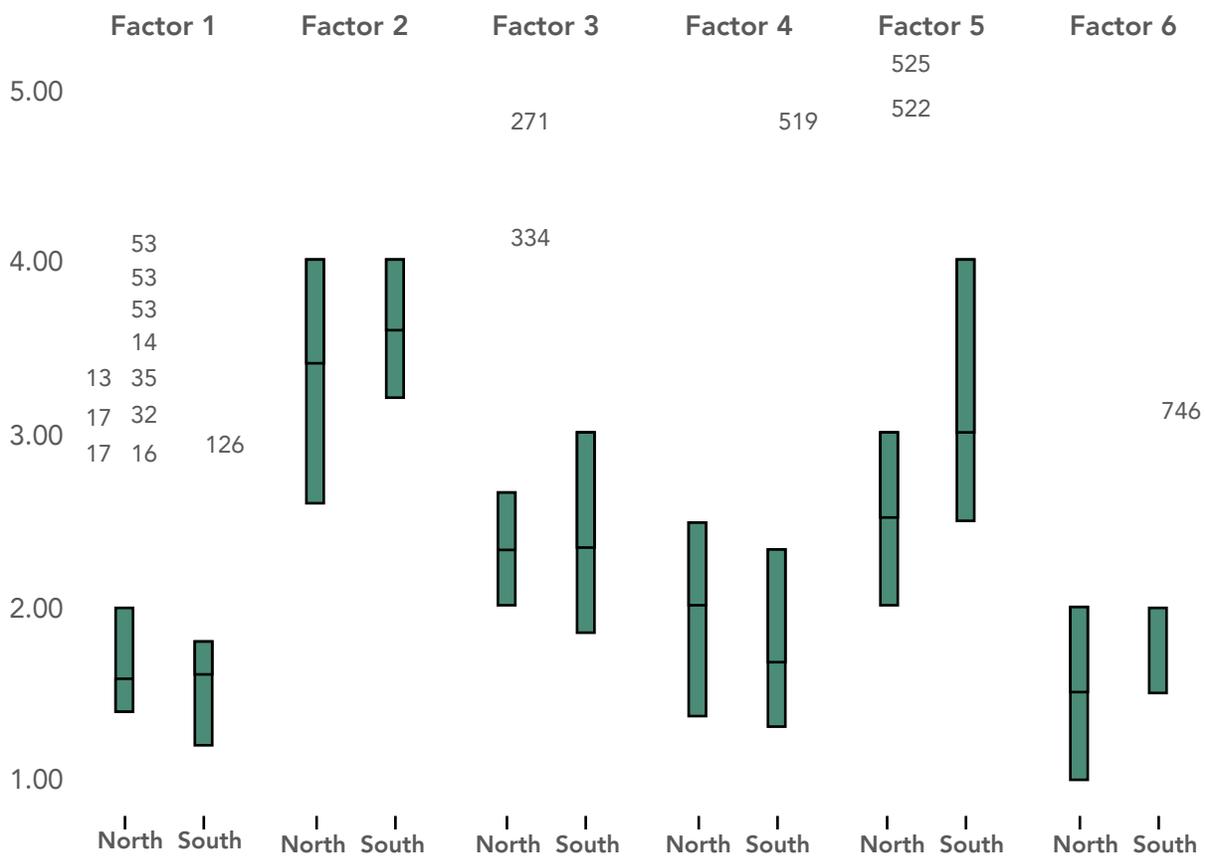
Existen múltiples formas para computar los datos, pero una de las más simples consiste en promediar los pesos de los factores para cada uno de los enunciados o percepciones dentro de cada respuesta individual (Distefano et al. 2009; Comrey & Lee 2013).

Análisis estadísticos subsiguientes que utilicen las puntuaciones de los factores pueden ser utilizados

para identificar diferencias entre los grupos de los factores (o valores) que son más importantes para ellos (Figura 18).

Las puntuaciones de los factores pueden también ser utilizadas para explorar el potencial predictivo de los factores en cambios de cobertura de bosque en el futuro (Figura 19, Pag. 48), asumiendo que se ha generado información sobre el cambio en la cobertura forestal de manera precisa mientras se llevaba a cabo el cuestionario. Esta información puede ser útil para la creación de políticas pues determina quien tiene más posibilidades de deforestar.

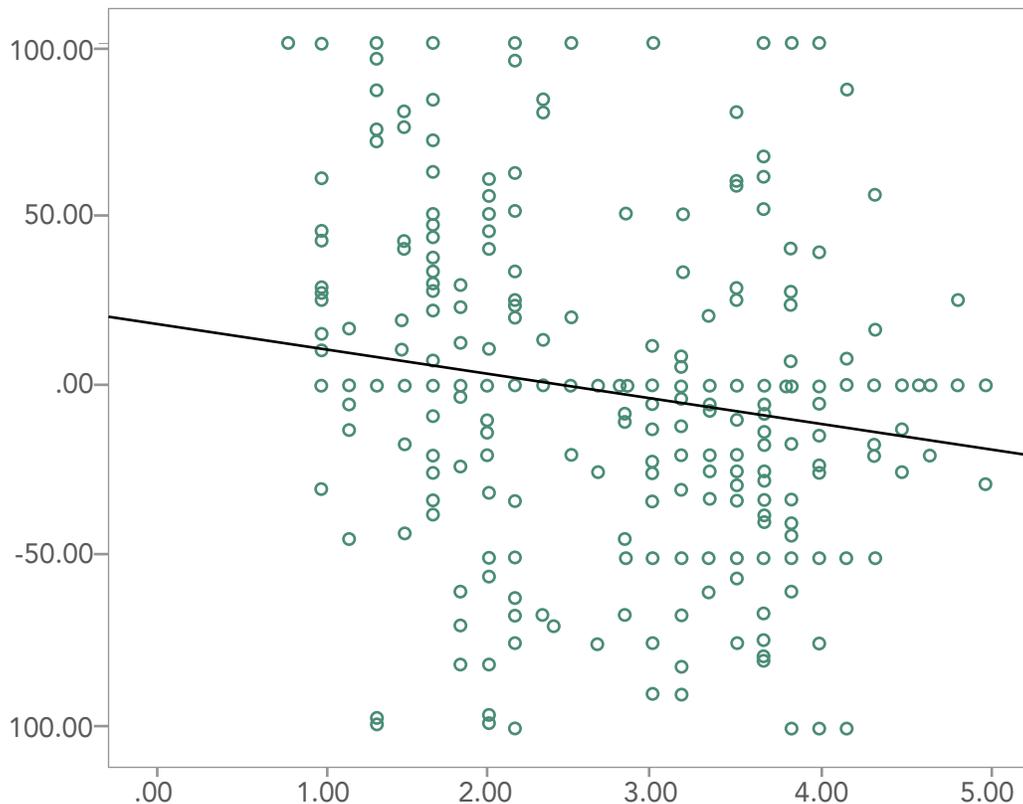
**Figura 18**



**Fuente:** Elaboración propia, con base en Robb et al, 2016

Figura 19

Análisis de regresión entre cobertura forestal (ha) (eje y) y el la puntuación del factor 1 (eje x) por participante para el conglomerado de datos Sartún-Motagua. Valores negativos representan pérdida de bosque. Las puntuaciones del factor representan la escala de Likert sonde 1= Muy de acuerdo, 3= No en acuerdo ni desacuerdo y 5= Muy en desacuerdo.



Fuente: Elaboración propia, con base en Robb et al, 2016

Puede ocurrir que los participantes del cuestionario representasen a grupos de actores muy diferentes y por ende sus valores son divergentes, en cuyo caso puede ser necesario analizar la base de datos por separado para proveer de información de valores, capacidades y causas adecuados para el grupo.

En el caso representado por estos datos, está claro que los dos grupos de actores de hecho tienen asociaciones similares con todos los valores, aunque varían significativamente en cuanto a su apreciación de valores individuales.

# 6

## Bibliografía

- ◆ **Ariza, A (2013).** Descripción y Corrección de Productos Landsat 8. LDCM (Landsat Data Continuity Mission) versión 1.0. Centro de investigación y desarrollo en información geográfica -CIAF Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia.
- ◆ **Bedford, A., 1997.** On Clark-Watson's tripartite model of anxiety and depression. *Psychological Reports*, (2), pp.125–126.
- ◆ **Browne, M.W., 2001.** An Overview of Analytic Rotation in Exploratory Factor Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 36(1), pp.111–150. Available at: [http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15327906MBR3601\\_05](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15327906MBR3601_05) [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Cattell, R.B., 1966.** The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1(2), pp.245–276. Available at: [http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327906mbr0102\\_10](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327906mbr0102_10) [Accessed January 20, 2015].
- ◆ **Chatterjee, S. & Hadi, A.S., 2006.** Regression Analysis by Example,
- ◆ **Comrey, A. & Lee, H., 2013.** A first course in factor analysis, Available at: <https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=RSsVAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=A+first+course+in+factor+analysis.&ots=I3KbbllldEf&sig=JFhsCgPJdYZyfeAhRLN989AYdwl> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Costello, A.B. & Osborne, J.W., 1994.** Denpasar Declaration on Population and Development. *Integration (Tokyo, Japan)*, (40), pp.27–29.
- ◆ **Cronbach, L.J., 1951.** Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), pp.297–334. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF02310555> [Accessed October 27, 2014].
- ◆ **Darnton, A., 2007.** 15 Principles for Practice from Behavioural Theory,
- ◆ **Denzin, N., 1973.** The research act: A theoretical introduction to sociological methods, Available at: <https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=UjcpxFE0T4cC&oi=fnd&pg=PA1&dq=The+Research+Act&ots=TqPxY9V-wi&sig=u-lahE0A2e4o8A0XZf8SCu72WYk> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Dillon, C. et al., 2012.** Collections Demography: Stakeholder Views on the Lifetime of Collections. In *Proceedings of the Climate for Collections: Standards and Uncertainties conference*, Munich, November 2012. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/278025498\\_Collections\\_Demography\\_Stakeholder\\_Views\\_on\\_the\\_Lifetime\\_of\\_Collections](https://www.researchgate.net/publication/278025498_Collections_Demography_Stakeholder_Views_on_the_Lifetime_of_Collections) [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Distefano, C., Zhu, M. & Míndril, D., 2009.** Understanding and Using Factor Scores: Considerations for the Applied Researcher. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 14(20), pp.1–11.
- ◆ **Dziuban, C. & Shirkey, E., 1974.** When is a correlation matrix appropriate for factor analysis? Some decision rules. *Psychological Bulletin*. Available at: <http://psycnet.apa.org/journals/bul/81/6/358/> [Accessed May 22, 2016].

- ◆ **FAO y JRC (2012).** Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005. E.J. Lindquist, R.D'Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, H.D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayán & H.-J. Stibig. Documento Forestal 169 FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Roma, FAO
- ◆ **Fabrigar, L.R. et al., 1999.** Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), pp.272–299. Available at: [http://apps.isiknowledge.com/full\\_record.do?product=UA&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=Y21EPe4gepg18cMA6Fe&page=1&doc=8&colname=WOS](http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=Y21EPe4gepg18cMA6Fe&page=1&doc=8&colname=WOS).
- ◆ **FCPF (2013).** Marco metodológico del Fondo del Carbono del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. Versión final.
- ◆ **Fishbein, M. & Ajzen, I., 1975.** Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An introduction to theory and research,
- ◆ **Foddy, W., 1994.** Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social research, Available at: [https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=tok\\_OKwywQIC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Constructing+questions+for+interviews+and+questionnaires.+Theory+and+practice+in+social+research&ots=Ty9fg3OZLO&sig=OGqNt4QxQws-641gecpvO3tn4rms](https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=tok_OKwywQIC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Constructing+questions+for+interviews+and+questionnaires.+Theory+and+practice+in+social+research&ots=Ty9fg3OZLO&sig=OGqNt4QxQws-641gecpvO3tn4rms) [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Geist, H.J. & Lambin, E.F., 2001.** What Drives Tropical Deforestation?,
- ◆ **Gorsuch, R., 1983.** Factor Analysis - 2nd Edition by Richard L. Gorsuch, 1983 | Online Research Library: Questia 2nd ed., Wiley & Sons, Chichester, UK. Available at: <https://www.questia.com/library/91180697/factor-analysis> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Hair, J.F. et al., 1995.** Multivariate data analysis (4th ed.): with readings. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=207590> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **INAB, CONAP, UVG, URL. 2012.** Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010. Guatemala.
- ◆ **IPCC (2003)** Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)
- ◆ **Jean Lee, S.K., 1992.** Quantitative versus qualitative research methods - Two approaches to organisation studies. *Asia Pacific Journal of Management*, 9(1), pp.87–94.
- ◆ **Ledesma, R.D. et al., 2007.** Determining the Number of Factors to Retain in EFA: an easy-to-use computer program for carrying out Parallel Analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(2), pp.2–11.
- ◆ **Mulaik, S. a, 1987.** A Brief History of the Philosophical Foundations of Exploratory Factor Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 22(July), pp.267–305.
- ◆ **Norris, M. & Lecavalier, L., 2010.** Evaluating the use of exploratory factor analysis in developmental disability psychological research. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(1), pp.8–20.
- ◆ **OED, 2016.** Oxford English Dictionary Online. Available at: <http://www.oed.com/view/Entry/17368?redirectedFrom=belief>.
- ◆ **Oppenheim, A., 2000.** Questionnaire design, interviewing and attitude measurement, Available at: <https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=6V4GnZS7TO4C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Questionnaire+Design,+Interviewing+and+Attitude+Measurement.&ots=sBI47IUliE&sig=RRfr8kvJk1Dj7MG-bZt5pyCkzWs> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Pedroni, L. 2011.** Methodology for unplanned deforestation. Amazonas Sustainable Foundation, BioCarbon Fund, Carbon Decisions International, Institute for the Conservation and Sustainable Development of Amazonas. Verified Carbon Standard. Washington, DC, USA. 184 p.
- ◆ **Robb, et al. 2016.** Exploring Drivers of Deforestation and Forest Degradation using Behavioural Theory and the Capability Approach: Methodology. Natural Resources Institute, University of Greenwich, UK.

- ◆ **Robeyns, I., 2005.** The Capability Approach: a theoretical survey. *Journal of Human Development*, 6(1), pp.93–117. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/146498805200034266>.
- ◆ **Robeyns, I., 2003.** The capability approach: an interdisciplinary introduction. 3rd International Conference on the Capability Approach, Pavia, Italy, pp.1–57. Available at: [http://www.soc.spbu.ru/img/up/files/File/1.8\\_Robeyns\\_The\\_Capability\\_Approach.\\_An\\_Interdisciplinary\\_Introduction.pdf](http://www.soc.spbu.ru/img/up/files/File/1.8_Robeyns_The_Capability_Approach._An_Interdisciplinary_Introduction.pdf).
- ◆ **Rokeach, M., 1973.** The nature of human values, Available at: [https://www.uzh.ch/cms-ssl/suz/albert/lehre/wertewandel2011/B01\\_Rokeach1973.pdf](https://www.uzh.ch/cms-ssl/suz/albert/lehre/wertewandel2011/B01_Rokeach1973.pdf) [Accessed May 19, 2016].
- ◆ **Schuman, H. & Presser, S., 1996.** Questions and Answers in Attitude Surveys: Experiments on Question Form, Wording, and Context, SAGE Publications. Available at: [https://books.google.co.uk/books/about/Questions\\_and\\_Answers\\_in\\_Attitude\\_Survey.html?id=Je640UKqNaYC&pgis=1](https://books.google.co.uk/books/about/Questions_and_Answers_in_Attitude_Survey.html?id=Je640UKqNaYC&pgis=1) [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **SEP, 2014.** Stanford Encyclopedia of Philosophy.
- ◆ **Tabachnick, B. & Fidell, L., 2008.** Using multivariate statistics 5th ed., Available at: <https://www.ulb.tu-darmstadt.de/tocs/135813948.pdf> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Taherdoost, H., Sahibuddin, S. & Jalaliyoon, N., 2004.** Exploratory Factor Analysis ; Concepts and Theory 2 Factor Analysis 3 Types of Factor Analysis 4 Exploratory Factor Analyses. , pp.375–382.
- ◆ **VCS (2012)** Methodology for Avoided Unplanned Deforestation. VM0015. Version 1.1
- ◆ **VCS (2013).** Jurisdictional and Nested REDD+ (JNR) Requirements. Version 3
- ◆ **Velicer, W. & Fava, J., 1998.** Affects of variable and subject sampling on factor pattern recovery. *Psychological methods*. Available at: <http://psycnet.apa.org/journals/met/3/2/231/> [Accessed May 22, 2016].
- ◆ **Williams, B., Brown, T. & Onsmann, A., 2012.** Exploratory factor analysis : A five-step guide for novices. *Journal of Emergency Primary Health Care (JEPHC)*, 8(3), pp.1–13.
- ◆ **Zwick, W.R. & Velicer, W.F., 1986.** Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99(3), pp.432–442. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/280794624\\_Comparison\\_of\\_Five\\_Rules\\_of\\_Determining\\_the\\_Number\\_of\\_Components\\_to\\_Retain](https://www.researchgate.net/publication/280794624_Comparison_of_Five_Rules_of_Determining_the_Number_of_Components_to_Retain) [Accessed May 22, 2016].



# 7

## Anexo

Cuadro 7

Datos usados para el análisis histórico de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (Entrenamiento, Relleno, Clasificación)

Satélite/Sensor	Resolución		Cobertura	Fecha de adquisición	Identificacor	Utilización
	Espacial metros	Espectral Bandas	Km <sup>2</sup>		Path/Row	
Landsat 5 TM L1T	metros	Espectral	35,197	31/03/2001	19/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	bandas	7	27,497	21/03/2006	19/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,507	06/04/2006	19/49	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,501	13/01/2005	19/49	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	28,205	24/03/2013	19/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	28,172	28/04/2014	19/49	Relleno
Landsat 5 TM L1T	30	7	11,421	27/03/2011	19/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 8 OLI_TIRS_L1T	30	11	37,384	04/04/2013	19/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC ON	30	7	34,931	23/01/2000	20/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,473	12/03/2006	20/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,454	25/03/2005	20/49	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,506	27/02/2007	20/49	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	35,610	26/04/2011	20/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 8 OLI_TIRS_L1T	30	11	37,381	04/12/2013	20/49	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 5 TM	30	7	35,266	31/03/2001	19/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,502	16/01/2006	19/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,474	21/03/2006	19/50	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	35,692	26/04/2011	19/50	Entrenamiento-Clasificación

Satélite/Sensor	Resolución		Cobertura	Fecha de adquisición	Identificador	Utilización
	Espacial metros	Esppectral Bamdas	Km <sup>2</sup>		Path/Row	
Landsat 8 OLI_TIRS_L1T	30	11	37,368	19/03/2014	19/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	34,983	08/12/2000	20/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,450	23/11/2006	20/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,462	12/03/2006	20/50	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	27,496	27/02/2007	20/50	Relleno
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	7	35,426	23/03/2011	20/50	Entrenamiento-Clasificación
Landsat 7 ETM+ SLC-off	30	30	27,496	27/02/2007	20/50	Relleno

Fuente: <http://glovis.usgs.gov/>

**Cuadro 8** Datos usados para el análisis histórico de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (Entrenamiento y Verificación)

Satélite/Sensor	Resolución		Cobertura	Fecha de adquisición	Identificador	Utilización
	Espacial metros	Esppectral Bamdas	Km <sup>2</sup>		Path/Row	
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,287	13/03/2001	D2920622001072PAOCPE 292-62-A-2001	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	4,808	21/12/2000	C2820632000356PC0NOK 282-63-C-2000	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,256	21/12/2000	C2820632000356PA0NOK 282-63-A-2000	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,279	21/12/2000	C2820622000356PC0NOK 282-62-C-2000	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,305	21/12/2000	C2820622000356PA0NOK 282-62-D-2000	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,286	15/04/2001	C2810622001105PD0NOK 281-62-D-2001	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,302	15/04/2001	C2810622001105PB0NOK 281-62-B-2001	Entrenamiento y Verificación
IRS 1/C PAN, LISS-III, WiFS	5	1	5,256	16/12/2000	C281062000351PA0NOK 281-62-A-2000	Entrenamiento y Verificación
Ortofotos	0.5	1	22,03	2006	Bloques 2, 3, 4 y 5	Entrenamiento y Verificación

Fuente: Metadatos de la imágenes que se listan en el cuadro.

Cuadro  
9

## Información disponible que se utilizó como apoyo al análisis de imágenes

CAPA	INSTITUCIÓN	ESCALA	FORMATO	AÑO
Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra	MAGA	1:50,000	raster	2003
Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra	MAGA	1:50,000	raster	2010
Cobertura Forestal	INAB, CONAP, UVG, URL	1:50,000	Vector y raster	2010
Dinámica de la Cobertura Forestal	INAB, CONAP, UVG, URL	1:50,000	raster	2006-2010
Dinámica de la Cobertura Forestal	INAB, CONAP, UVG, URL	1:50,000	raster	2001-2006
Café	INAB, CONAP, UVG, URL	1:50,000	raster	2007
Palma Africana	URL	1:50,000	Vector y raster	2006, 2010

**Fuente:** Catalán, M (2014) Informe de consultoría Mapa Nacional de Uso/Cobertura/Carbono, 2012. Programa REDD- CCAD/GIZ.

Cuadro  
10Área y porcentaje de ocupación para las clases definidas en los años de interés  
2001, 2006, 2010 y 2014

Nombre de la clase	Años							
	2001		2001		2001		2001	
	Área (Ha)	Porcentaje %						
Tierras forestales	608,086	36	597,210	36	570,287	34	556,376	33
Tierras de Cultivo	940,244	56	939,899	57	962,154	58	966,479	58
Palma Africana	5,479	0.33	12,700	1	13,908	1	17,972	1
Hule	2,220	0.2	4,540	0.13	4,816	0.16	5,698	0.38
Café	29,687	2	31,367	2	34,552	2	39,191	2
Asentamientos*	4,047	0.24	4,047	0.24	4,047	0.24	4,047	0.24
Humedal*	5,171	0.31	5,171	0.31	5,171	0.31	5,171	0.31
Agua	74,646	4	74,646	4	74,646	4	74,646	4
<b>Totales</b>	<b>1,669,581</b>	<b>100</b>	<b>1,669,581</b>	<b>100</b>	<b>1,669,581</b>	<b>100</b>	<b>1,669,581</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Anexo 1: Hoja de cálculos \_ Línea Base Sarstún Motagua.

Cuadro  
11Tasa neta de deforestación para los años  
2001, 2006, 2010 y 2014

Periodo	Años Promedio	Cambio Neto (Ha)	Cambio Neto Anual (Ha/Año)	Tasa de Cambio Anual (%)	Perdida Bruta (Ha)	Perdida Bruta Anual (Ha/Año)
2001-2006	5	(10,875)	(1,989)	(2)	88,827	16,243
2006-2010	5	(26,923)	(5,742)	(5)	97,681	20,832
2010-2014	4	(147,615)	(35,505)	(2)	80,763	19,426
2001-2014	13	(267,434)	(20,085)	(9)	159,572	11,984

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro  
12

## Descripción general de la fuente de datos utilizados para el análisis de ecuaciones de biomasa para bosques naturales de Guatemala

Nombre	Tipo de Investigación	Autor	Año Colecta	Cantidad Árboles
<b>Latifoliadas</b>				
Estudio preliminar para la Estimación de Biomasa y cuantificación de carbono para <i>Vochysia guatemalensis</i> , <i>Calophyllum brasiliense</i> y <i>Cyrtosperma donnell-smithii</i> en Bosques de Guatemala.	Trabajo de Tesis.	56	939,899	57
	Glenda Lee	2,002	60	1
Elaboración de una ecuación de biomasa para <i>Quercus</i> spp. en Guatemala.	Proyecto FODECYT	0.2	4,540	0.13
"Mapa de Carbono", 2010	Alma Quilo	2,006	20	2
Generación de un Modelo Matemático Para La Estimación De Biomasa y Cuantificación De Carbono en la Especie De Nogal ( <i>Junglans olanchana</i> Standl & L.O. Williams), en bosques naturales del Corredor Biológico del bosque nuboso, en Purulhá, Baja Verapaz.	Trabajo de Tesis.	0.24	4,047	0.24
			<b>Total</b>	<b>80</b>
<b>Coníferas</b>				
Estimación de Biomasa y Carbono para <i>Pinus oocarpa</i> Schiede, <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore y <i>P. caribaea</i> Morelet. var <i>hondurensis</i> en algunos bosques naturales de Guatemala.	Trabajo de Tesis.	Lorena Córdova	2,002	60
Generación De Un Modelo Matemático Para La Estimación De Biomasa y Carbono para <i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz & J.P. Perry, en Bosques Naturales de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), San Jerónimo, Baja Verapaz.	Facultad de Agronomía	Néstor Sagüi	2,011	20
			<b>Total</b>	<b>80</b>

Fuente: Elaboración propia.



Este documento es posible gracias al generoso apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de su Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este documento es responsabilidad de la Universidad del Valle de Guatemala y no necesariamente refleja las opiniones de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos de América.

