MEMORIA CARTOGRÁFICA

INFORME DE SELECCIÓN ALEATORIA DE LA MUESTRA Y SOBREMUESTRA

PLAN DE ORDENACIÓN FORESTAL DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUALÍ

JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA - CORTOLIMA

ELABORADO:

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA -IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL
INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA

BOGOTA D.C, MAYO DE 2026

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		
Responsables por elaboración:	Nombre	Loren Sptefannie Baquero
Equipo técnico de Inventario Forestal Nacional	Firma	
	Nombre	Óscar Fabian Merchán
Responsable encargado por revisión:	Nombre	Claudia Patricia Olarte
Líder técnico del Inventario Forestal Nacional	Firma	
Responsable por aprobación:	Nombre	Raymond Jiménez Arteaga
Subdirectora Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental	Firma	
	Fecha	04 mayo de 2025

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. Revisión de Información Geográfica 5
1.1 Determinación del área efectiva de análisis en POF 7
1.2 Determinación de grillas de equidistancias 10
2. Diseño muestral 12
2.1 Generación de puntos aleatorios para la grilla de 1.5 km x 1.5 km 12
2.2 Selección de puntos de muestreo (conglomerados) en el Plan de Ordenación Forestal (POF) 14
3. Estructura de la información generada 16
3.1 Diccionario de datos 16
3.2 Referencias de consulta de información geográfica 18
BIBLIOGRAFÍA 18

Listado de Figuras

Tabla 1. Plan de Ordenación Forestal de la subzona hidrográfica del río Gualí (Cortolima - Tolima) 5
Tabla 2. Coberturas de la tierra 2022 (Cortolima- Tolima) 7
Tabla 3. Exclusiones del área de análisis (Cortolima- Tolima) 9
Tabla 4. SCG-MAGNA SIRGAS - Inventario Forestal Nacional 16
Tabla 5. Diccionario de datos: Conglomerados de Muestra Cortolima 16
Tabla 6. Diccionario de datos: Conglomerados de Sobremuestra Cortolima 17

Listado de Tablas

Figura 1. Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima 6
Figura 2. Coberturas de la tierra en Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima (Escala 1:25000) 8
Figura 3. Criterios de verificación de exclusión en Plan de Ordenación Forestal -Cortolima 9
Figura 4. Sobreposición de grilla 3.0 km x 3.0 km en Plan de Ordenación Forestal -POF (Cortolima, Tolima) 11
Figura 5. Generación de puntos aleatorios en Plan de Ordenación Forestal -POF (Cortolima, Tolima) 13
Figura 6. Muestra y Sobremuestra de conglomerados para Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima 15

INTRODUCCIÓN

El Inventario Forestal Nacional (IFN), tiene dentro de sus elementos de diseño un Marco Geoestadístico Nacional (MGEN), que se constituye en una herramienta fundamental para identificar el universo de estudio, soportar la muestra estadística y planificar el operativo en campo. El marco geoestadístico está conformado por elementos geográficos, tipo polígono, de dimensiones de 24 X 24 Km, divididos a su vez en cuadrantes de 12 X 12 Km. En su interior y a fin de que se permita una anidación escalar, para ejercicios locales y regionales, se definieron grillas de 6 X 6 Km, 3 X 3 Km y 1.5 X 1.5 Km.

A partir de MGEN y en concordancia con los elementos estadísticos que lo definen, y partiendo de los establecido en el Decreto 1655 de 2017, donde se señala que uno de los objetivos del IFN es el de *"…Proporcionar estándares, procedimientos, metodologías y herramientas para el levantamiento de información orientada a la caracterización de bosques y otras coberturas..."*. y con el fin de proporcionar lineamientos técnicos y metodológicos que sirvan de base en los procesos de formulación, actualización u homologación de los Planes de Ordenación Forestal, se entrega en este documento una memoria cartográfica de los procesos realizados para determinar el tamaño de muestra y su selección en el Plan de Ordenación Forestal de la subzona hidrográfica del río Gualí que se encuentran en los municipios Casabianca, Falan, Fresno, Herveo, Honda, Mariquita, Palocabildo y Villamaría, del departamento del Tolima. Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima.

1. Revisión de Información Geográfica

La información suministrada por parte de Cortolima corresponde al Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí, en el departamento del Tolima. La información geográfica suministrada corresponde a el área de estudio general del POF de Cortolima y a las coberturas de la tierra del año (metodología Corine Land Cover) 2022 asociadas a tierras forestales. Las áreas fueron calculadas en sistema de referencia proyección con un único Origen Nacional denominado CTM12 - EPSG: 9377; cómo se observa en la Tabla 1,

Tabla 1. Plan de Ordenación Forestal de la subzona hidrográfica del río Gualí (Cortolima - Tolima)

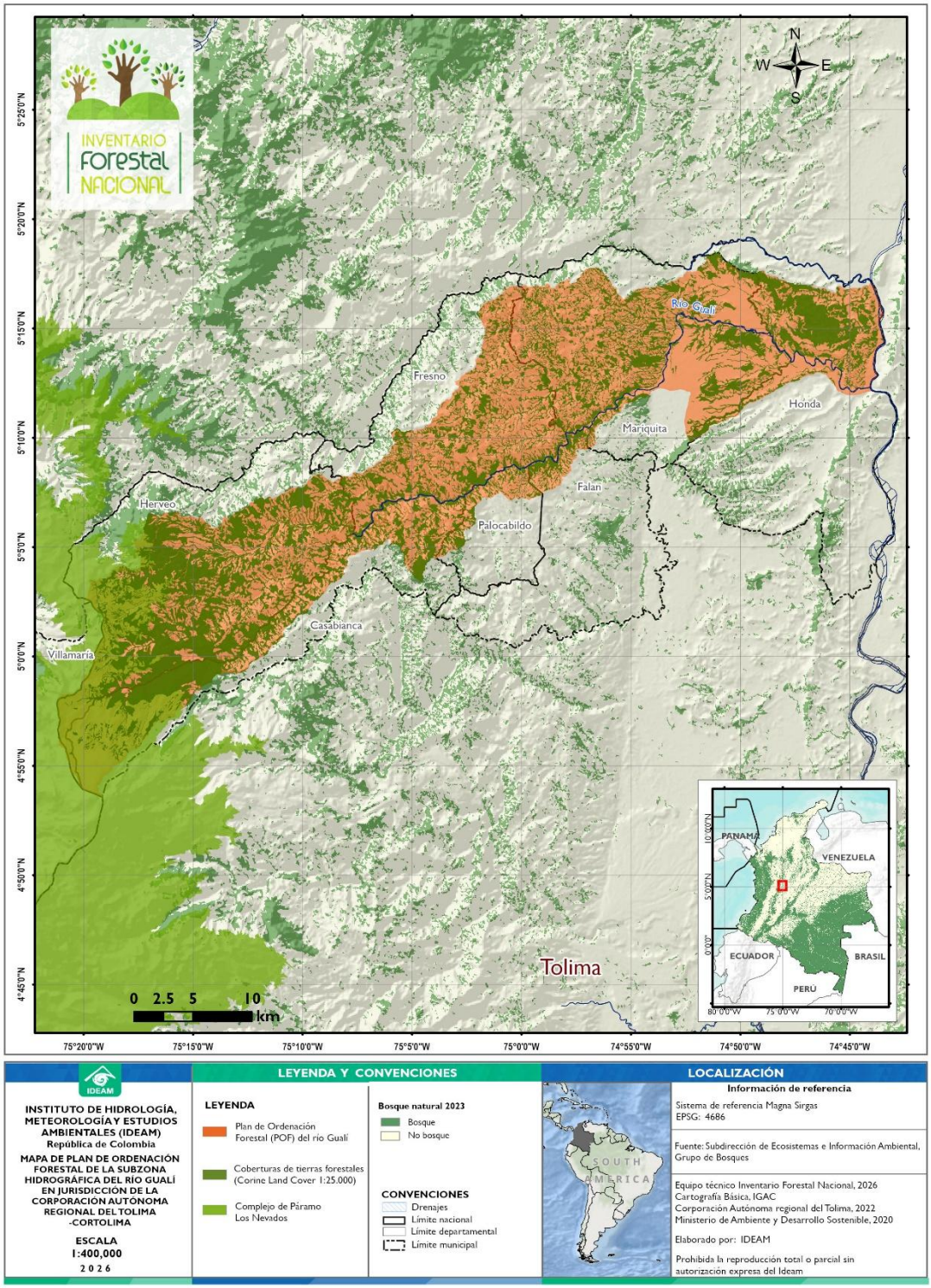
Plan de Ordenación Forestal (POF)	Área (Ha) CTM12- 9377
Plan de Ordenación Forestal de la subzona hidrográfica del río Gualí (Tolima)	83.952,95
Total	**83.952,95**

De la misma forma, la información geográfica suministrada por Cortolima estaba en formato *Shapefile (.shp),* tipo vector. Esta información está en proyección con un único Origen Nacional; por lo cual se mantuvo esta misma proyección durante todo el proceso para garantizar la consistencia entre las áreas reportadas (Figura 1). Las capas entregadas por la autoridad ambiental fueron:

- Shapefile del área de la Subzona Hidrográfica del río Gualí
- Shapefile de coberturas vegetales 2022 (Bosque – Corine Land Cover)
- Shapefile Complejo de Paramos Los Nevados

El IDEAM está trabajando con la actualización del sistema de referencia espacial de Colombia, a un único original nacional denominado CTM12, debido al ancho de la banda continental de 12° de longitud. El nuevo origen fue adoptado según la Resolución 471 de 2020 y la Resolución 529 de 2020, el cual *se tendrá en cuenta para efectos de este proceso*.

Figura 1. Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima



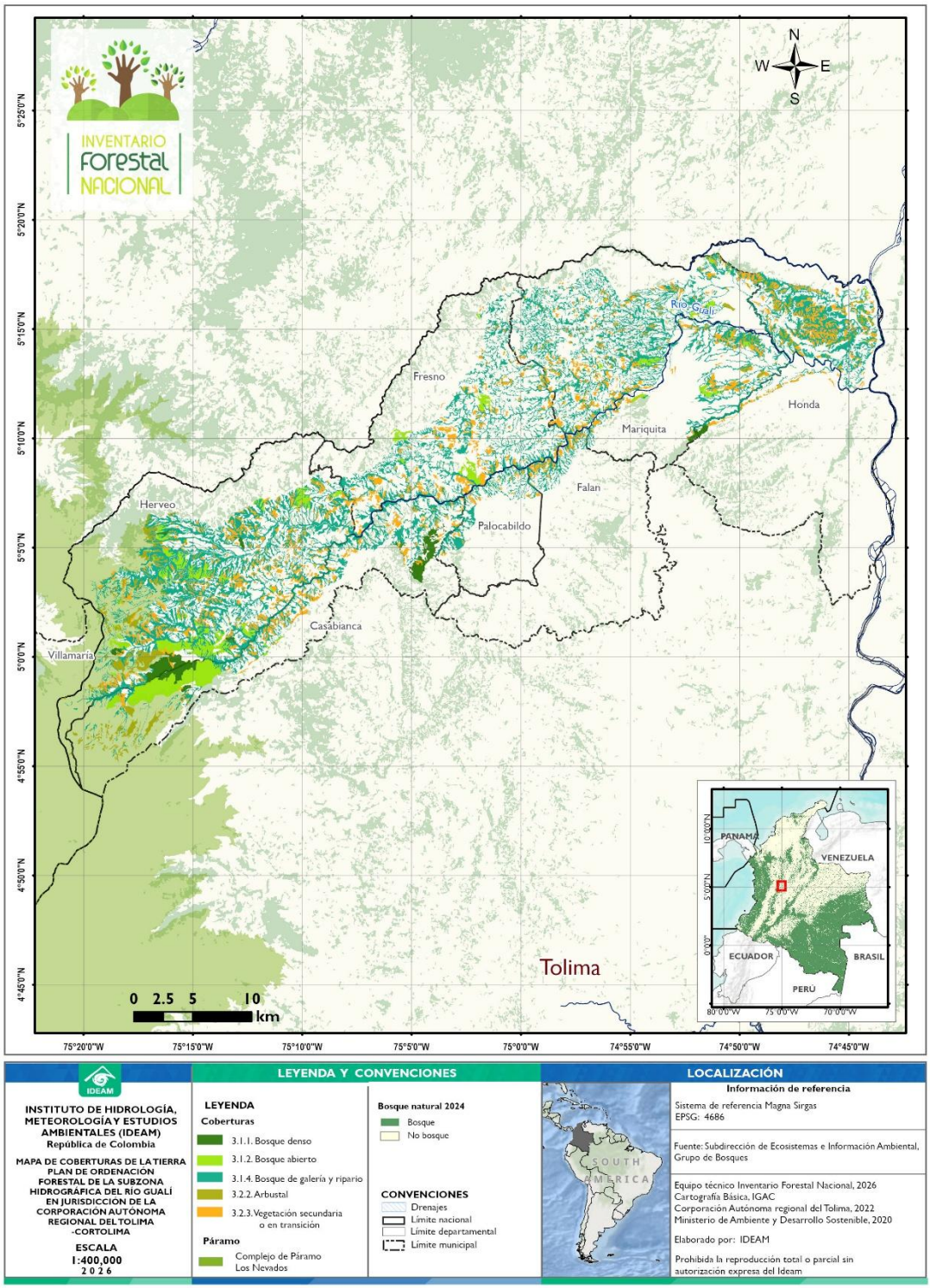
1.1 Determinación del área efectiva de análisis en POF

El área efectiva de análisis fue definida para: las coberturas de la tierra (Corine Land Cover; 1:25.000) asociada a las tierras forestales (Arbustal, Bosque, Vegetación Secundario) (ver **Error! Reference source not found.** y Figura 2) en el departamento de Tolima con área total de 37,077.80 has.

Tabla 2. Coberturas de la tierra 2022 (Cortolima- Tolima)

Coberturas de la tierra	Área (has)
3.1.1. Bosque denso	1,200.27
3.1.2. Bosque abierto	3,270.45
3.1.4. Bosque de galería y ripario	23,566.38
3.2.2. Arbustal	1,848.95
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	7,191.76
Total	**37,077.80**

Figura 2. Coberturas de la tierra en Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima (Escala 1:25000)

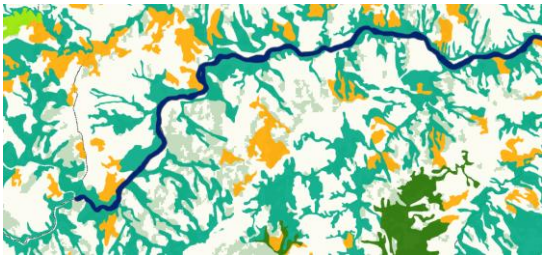
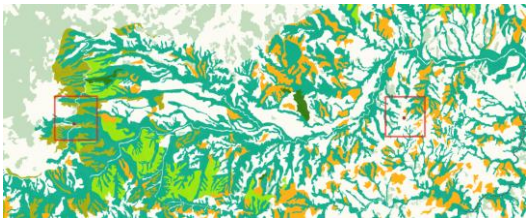


A partir de este polígono, se realizó el cruce de información, para la evaluación de pendientes (insumo STRM 30m), eventos de mina anti-persona al interior del polígono, verificación de unidades mínimas (áreas menores a 0.35 has) y áreas de influencia de rondas hídricas (Río Gualí). En resumen, para este conjunto de información, se realizaron las debidas exclusiones en el *área de interés*. Como resultado se tiene un área efectiva de **32,235.35** (ver **Error! Reference source not found.** y Figura 2)

Tabla 3. Exclusiones del área de análisis (Cortolima- Tolima)

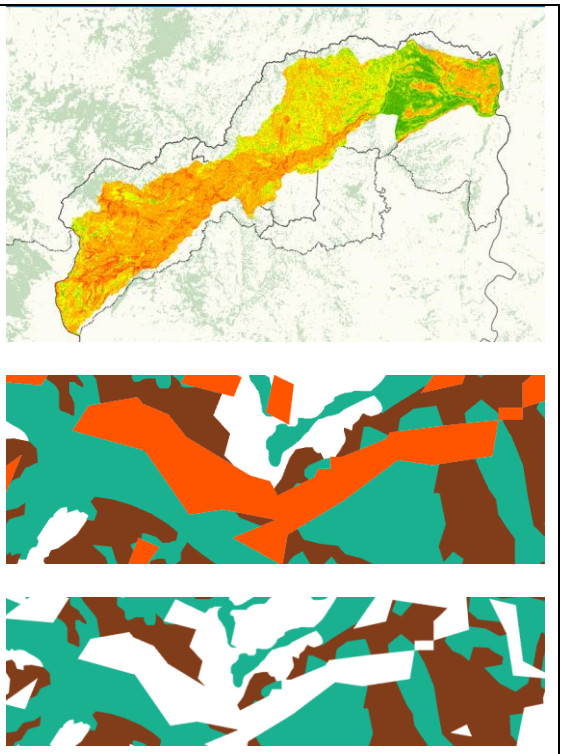
Descripción	Área (Has)	Áreas sustraídas (Has)
Unidad de Análisis	83,952.95	-
Coberturas 2022	37,077.80	46,875.15
Exclusiones		
Buffer 30 m rio Gualí	36,852.08	225.72
Minas Antipersona (3)	36,851.52	0.56
Exclusión por altas pendientes	32,409.73	4,441.78
Áreas mínimas (1736 polígonos)	**32,235.35**	174.39
Total, Sustracción		**51,717.61**

Figura 3. Criterios de verificación de exclusión en Plan de Ordenación Forestal -Cortolima

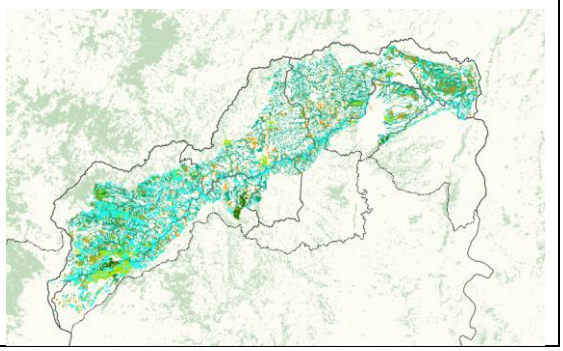
Rondas hídricas 30 m área de influencia - Verificación de exclusión de conglomerados de rondas hídricas con área de influencia de 30 m (Decreto 2811 de 1974. Art. 83) *Presencia del río Gualí*	
Eventos de Minas Antipersona (EMA) - Verificación de EMA en los polígonos de la Unidad de Ordenación Forestal *Con presencia de EMA (3)*	

<table>
<tr>
<td><u>Exclusión por pendiente</u>

- Exclusión de las áreas con pendientes mayores al 70 % (35°)

Con presencia de pendientes promedio mayor a 70%</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td><u>Áreas mínimas</u>

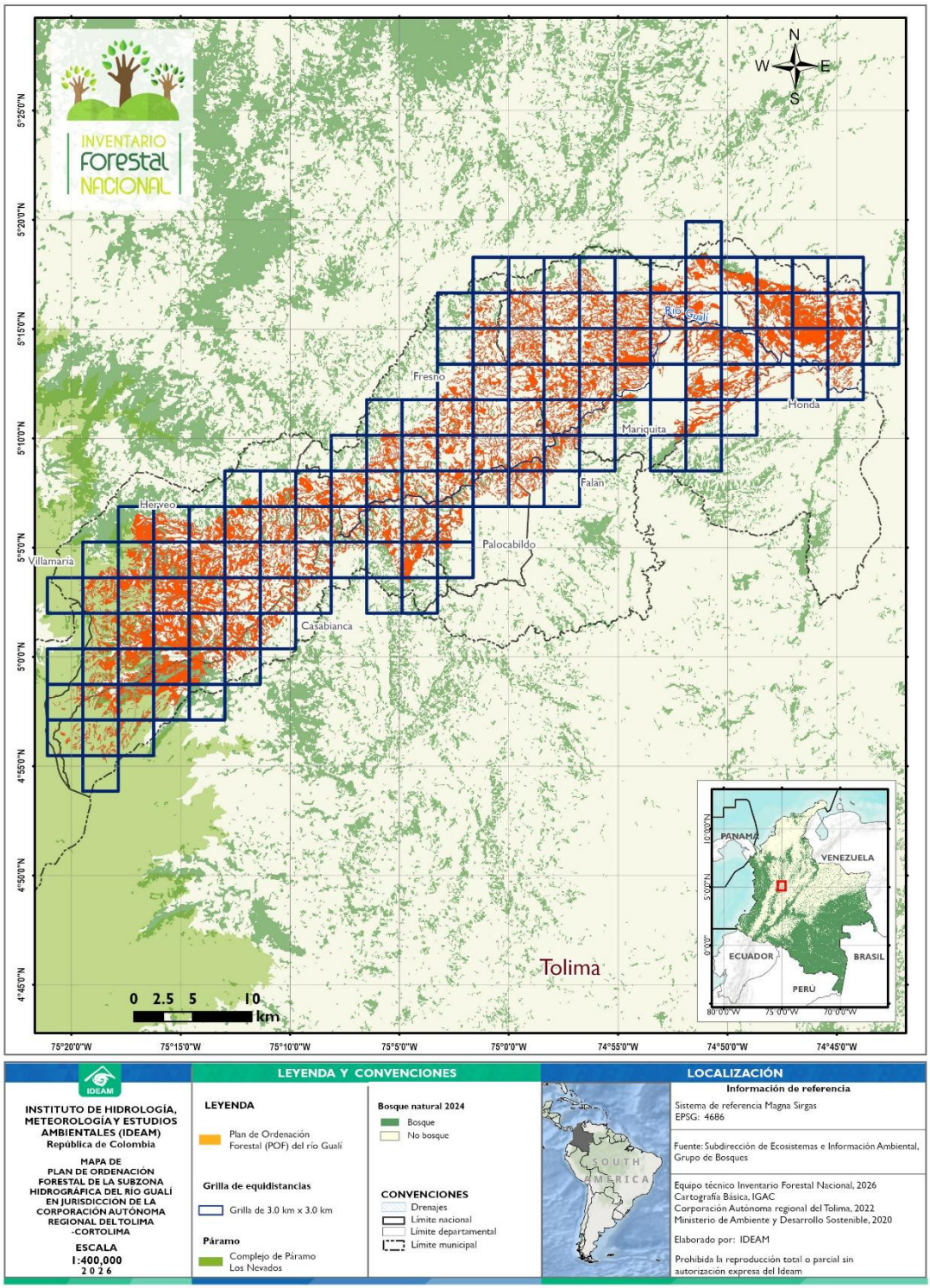
- Verificación de áreas mínimas de 0,3535 has.

Con áreas mínimas de 0.3535 has</td>
<td></td>
</tr>
</table>

1.2 Determinación de grillas de equidistancias

De acuerdo con la previa determinación del área efectiva del Plan de Ordenación Forestal -POF- en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima con área efectiva de **32,235.35** has, del departamento del Tolima (Municipios Casabianca, Falan, Fresno, Herveo, Honda, Mariquita, Palocabildo y Villamaría). Se determinó que la grilla de 3.0km x3.0km, es la adecuada ya que cubre el área de estudio (119,700 has – 133 cuadros), como se observa en Figura 4

Figura 4. Sobreposición de grilla 3.0 km x 3.0 km en Plan de Ordenación Forestal -POF (Cortolima, Tolima)



2. Diseño muestral

El diseño muestral planteado es **Muestreo Aleatorio Simple de Conglomerados (MASC)**. Los conglomerados corresponden al arreglo en cruz de las cinco subparcelas circulares mencionadas anteriormente.

2.1 Generación de puntos aleatorios para la grilla de 1.5 km x 1.5 km

El proceso de creación del marco interno de conglomerados basados en el área del conglomerado de 0.3535 Has, realizando la siguiente operación:

$$Conglomerados\ por\ grilla = \frac{\text{Área de bosque en la grilla}}{\text{Área del conglomerado}}$$

con base en el total por grilla se tiene el total de conglomerados en la zona:

$$Total\ conglomerados\ ordenación = \text{NI} = \sum_{g} Conglomerados\ por\ grilla$$

Este valor también es equivalente al cociente del área total de ordenación y el área del conglomerado, por lo cual tendríamos:

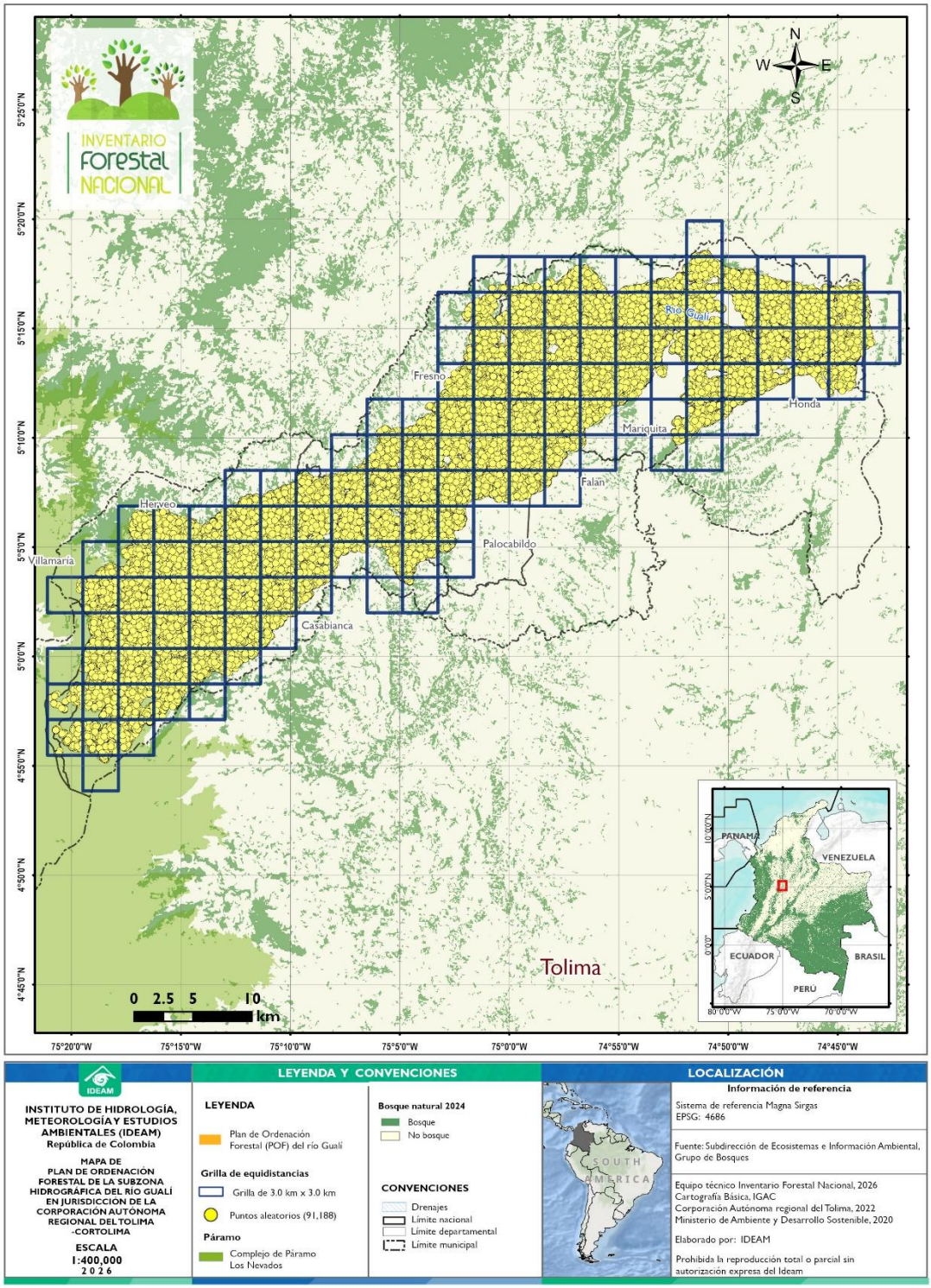
$$Total\ conglomerados\ ordenación = \frac{\mathbf{32,235.35}\ \text{has}}{\mathbf{0.3535}\ \text{has}}$$

Por tanto, el número de conglomerados generados para la UOF es de **91,188** cómo se observa en Figura 5

La definición de la unidad de muestreo es: *"Conglomerado de 3.535 m² conformado por cinco (5) subparcelas circulares dispuestas en forma de cruz de 15 m de radio cada una (707 m2), con una distancia de 80 m entre los centros*" (Olarte et al., 2021)

Definido el número total de conglomerados de ordenación (en área efectiva), se realiza la georeferenciación de estos; para ello, se generan puntos aleatorios con la herramienta de geoprocesamiento *Create Random Points* (ArcGIS), garantizando que se limiten únicamente al interior del área de análisis deseada (Figura 5**)**

Figura 5. Generación de puntos aleatorios en Plan de Ordenación Forestal -POF (Cortolima, Tolima)



2.2 Selección de puntos de muestreo (conglomerados) en el Plan de Ordenación Forestal (POF)

A partir de la generación de puntos se realizó la selección de la muestra, según lo establecido en el Marco Rector IFN:

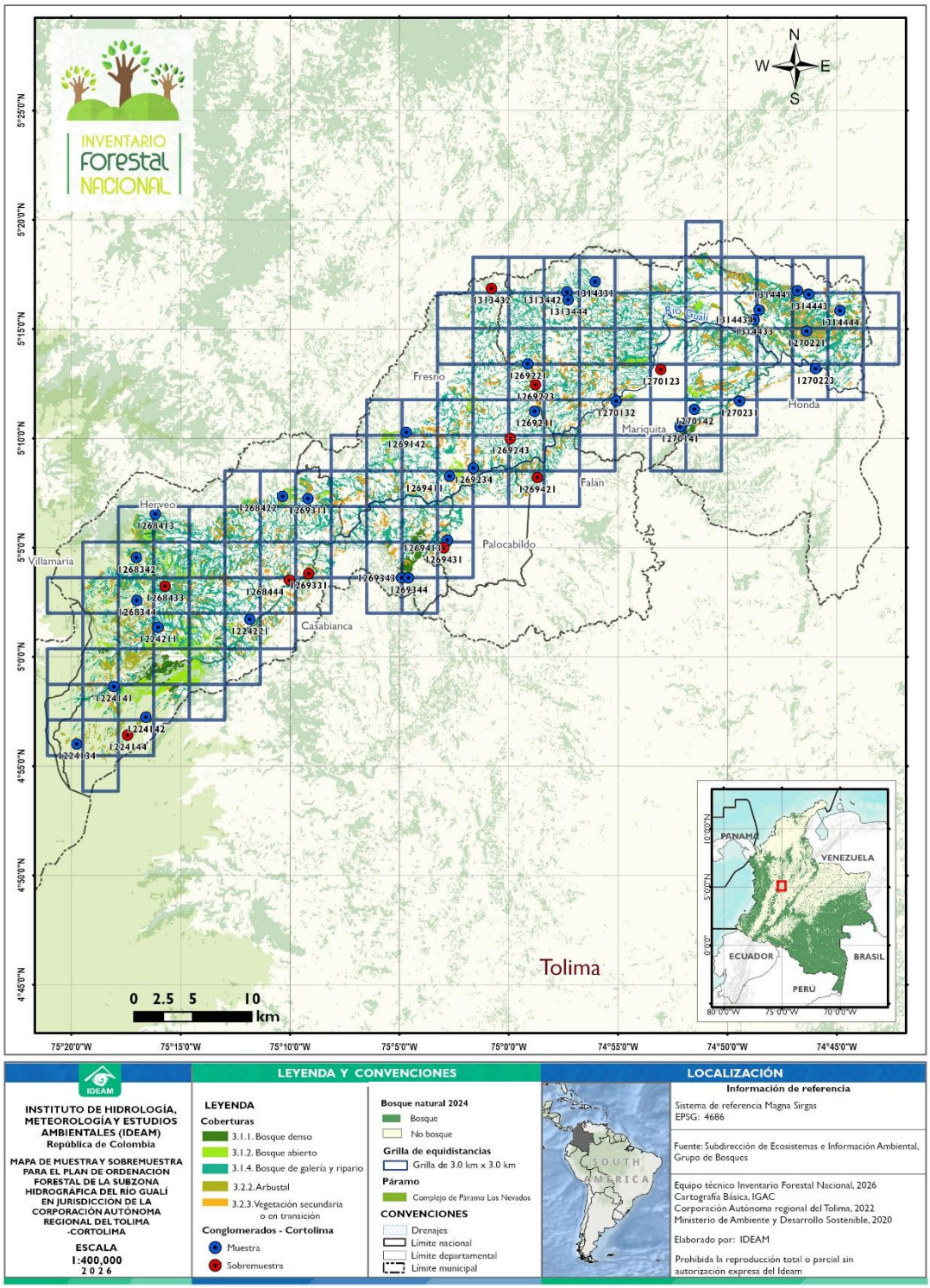
Para seleccionar la muestra M.A.S. de tamaño ***n***, se usa el algoritmo de Coordinado Negativo (Bautista, 1998) el cual tiene los siguientes pasos:

- Generar para todo k en el universo, un número aleatorio ξ_k de distribución uniforme entre cero y uno. Para ello se utiliza la función Runif en el software R.
- Ordenar las parejas (k , ξ_k) de menor a mayor respecto al número aleatorio ξ_k;
- Los primeros (n) elementos de este nuevo orden (ascendente) constituyen la muestra deseada (la programación del algoritmo en el software R se encuentra en el anexo de este documento)

Nota: Después de realizar el proceso con error muestral del 20% se seleccionaron ***32 conglomerados de Muestra*** y ***10 de Sobremuestra*** (el 30% de la muestra), para la Unidad de Ordenación Forestal.

Finalmente, se genera el número consecutivo (7 dígitos (Grilla de 3.0 km x 3.0 km) – Tener en cuenta el cero a la izquierda) y se generan las coordenadas a cada uno de los puntos aleatorios generados en el archivo Muestra_Cortolima _20260504_Final y Sobremuestra_ Cortolima _20260504_Final (Figura 6). Cada punto referidas al Sistema de Coordenadas Geográficas Magna-Sirgas.

Figura 6. Muestra y Sobremuestra de conglomerados para Plan de Ordenación Forestal (POF) de la subzona hidrográfica del río Gualí en jurisdicción de Cortolima



3. Estructura de la información generada

A continuación, se detalla la información contenida en las capas generadas de Muestra y Sobremuestra de conglomerados en POF, en formato shapefile (.shp), en el mismo Sistema de Coordenadas Geográficas (Tabla 4) y en la proyección con un único Origen Nacional – 9377:

Tabla 4. SCG-MAGNA SIRGAS - Inventario Forestal Nacional

Sistema de Coordenadas Geográficas – MAGNA -SIRGAS	
Elipsoide	GRS80
Datum	D_SIRGAS
Meridiano primario	Greenwich
Unidad angular	Grados

3.1 Diccionario de datos

La información en las capas se encuentra de la siguiente forma, en la Tabla 5 y Tabla 6:

Tabla 5. Diccionario de datos: Conglomerados de Muestra Cortolima

Descripción Tema		**Conglomerados de Muestra- POF- Cortolima**		
Feature Class		<<Muestra_Cortolima_20260504_Final.shp>>		
Feature Class		Muestra_Cortolima		
Nro. Total de filas		32		
Unidad Espacial Referencia		POF – Cortolima		
Geometría		Punto		
Campo	Alias	Tipo de Dato	Tamaño	Descripción
ID_Cong	ID_Conglomerado	Text	10	Número conglomerado de 7 dígitos
POINT_Y	Coordenada_Y	Double		Coordenada Y (Latitud): PCS 9377
POINT_X	Coordenada_X	Double		Coordenada X (Longitud): PCS 9377
Latitud_dd	Latitud_ Decimal Degree	Text	50	
Longitd_dd	Longitud_ Decimal Degree	Text	50	
Lat_N_S	Latitud_ N/S (Grados, Minutos, segundos)	Text	50	
Long_W	Longitud_ W (Grados, Minutos, segundos)	Text	50	
Cobertura	Bosque natural	Text	20	Corine Land Cover (1:25.000)
TIPO	Tipo de conglomerado	Text	20	Muestra

Tabla 6. Diccionario de datos: Conglomerados de Sobremuestra Cortolima

Descripción Tema		**Conglomerados de Sobremuestra- POF- Cortolima**		
Feature Class		<<Sobremuestra_Cortolima_20260504_Final.shp>>		
Feature Class		Sobremuestra_Cortolima		
Nro. Total de filas		10		
Unidad Espacial Referencia		POF – Cortolima		
Geometría		Punto		
Campo	Alias	Tipo de Dato	Tamaño	Descripción
ID_Cong	ID_Conglomerado	Text	10	Número conglomerado de 7 dígitos
POINT_Y	Coordenada_Y	Double		Coordenada Y (Latitud): PCS 9377
POINT_X	Coordenada_X	Double		Coordenada X (Longitud): PCS 9377
Latitud_dd	Latitud_ Decimal Degree	Text	50	
Longitd_dd	Longitud_ Decimal Degree	Text	50	
Lat__N_S_	Latitud_ N/S (Grados, Minutos, segundos)	Text	50	
Long_W	Longitud_ W (Grados, Minutos, segundos)	Text	50	
Cobertura	Bosque natural	Text	20	Corine Land Cover (1:25.000)
TIPO	Tipo de conglomerado	Text	20	Sobremuestra

Contenido de productos entregados por parte de IDEAM: La entrega de la información calculada para el plan de ordenación forestal (POF), contiene:

1. Documento: Memoria cartográfica: Selección aleatoria de la muestra-IFN, para el Plan de Ordenación Forestal de la subzona hidrográfica del río Gualí que se encuentran en los municipios Casabianca, Falan, Fresno, Herveo, Honda, Mariquita, Palocabildo y Villamaría, del departamento del Tolima. Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima.
2. Tabla con la identificación y localización de los conglomerados de Muestra y Sobremuestra
3. Información geográfica con dos archivos shapefile con Muestra y Sobremuestra.
4. Salidas gráficas de Muestra y Sobremuestra en POF en formato *.jpg* para su visualización (1, 2,4,5 y6)

3.2 Referencias de consulta de información geográfica

A continuación, se relaciona la información consultada para la verificación de la información geográfica:

Descripción de datos	Enlace de consulta
Cartografía base: Escala 1: 100.000	https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-82.43784778320864,-0.17644239911865092,-71.23179309571162,9.90326984502256,4686&b=igac&u=0&t=23&servicio=205
Áreas protegidas del SINAP inscritas en el RUNAP	https://runap.parquesnacionales.gov.co/cifras
Paramos Delimitados	https://geonetwork.minambiente.gov.co/geonetwork/srv/api/records/61f48c89-ce5a-442d-b790-e3c8b9267290

BIBLIOGRAFÍA

IDEAM. (2023, July 8). *Mapa de Superficie cubierta por bosque natural. Año 2023*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Murcia, G., & Camargo, L. (2020). *Lineamientos y guía para la Ordenación Forestal en Colombia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Lineamientos-y-guia-para-la-ordenacion-forestal-en-Colombia.pdf

Olarte, C., Merchán, O., Linares, R., Quintero, F., León, R., Rodríguez, A., & Montealegre, J. (2021). *Marco rector para la implementación del Inventario Forestal Nacional. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).*