



## TÍTULO

DISEÑO DE APLICACIONES WEB CON ARCGIS, PARA LA  
MONITORIZACIÓN DE LA SUPERFICIE BOSCOA DE COLOMBIA  
DE 1990 A 2018

## AUTORA

**Kelly Johana Castañeda Retavizca**

**Esta edición electrónica ha sido realizada en 2021**

<b>Tutores</b>	Dr. D. José Enrique García Ramos ; Dr. D. Ángel Mena Nieto
<b>Instituciones</b>	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Huelva
<b>Curso</b>	<i>Máster Oficial Interuniversitario en Tecnología Ambiental (2019/20)</i>
©	Kelly Johana Castañeda Retavizca
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
<b>Fecha documento</b>	2020



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas  
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



DISEÑO DE APLICACIONES WEB CON ARCGIS,  
PARA LA MONITORIZACIÓN DE LA SUPERFICIE  
BOSCOSA DE COLOMBIA DE 1990 a 2018.

Kelly Johana Castañeda Retavizca.

Trabajo entregado para la obtención del grado de Máster Oficial  
en Tecnología Ambiental.

Modalidad: Profesional

JUNIO/2020

Directores:

José Enrique García Ramos.

Ángel Mena Nieto

José Enrique García Ramos, catedrático de universidad  
y Ángel Mena Nieto, Profesor titular de la universidad

**INFORMAN:**

Que el trabajo titulado “Diseño de aplicaciones web con ArcGIS, para la monitorización de la superficie boscosa de Colombia de 1990 a 2018” presentado por **Kelly Johana Castañeda Retavizca, con Pasaporte:** , ha sido realizado, bajo mi dirección, y autorizo su presentación y defensa como **Trabajo Fin de Máster** (Modalidad: Profesional), para el Máster Universitario en Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva.

En Huelva, a 16 de Junio de 2020

Fdo.: José Enrique García Ramos y Ángel Mena Nieto

## RESUMEN

El presente trabajo fin de Máster de modalidad profesional, denominado “**Diseño de aplicaciones web con ArcGIS, para la monitorización de la superficie boscosa de Colombia de 1990 a 2018**”, nace, con la finalidad de diseñar un sistema de información geográfica que permita analizar los cambios de cobertura vegetal a nivel multitemporal de Colombia, por medio de la cual se logre identificar espacialmente las zonas más influenciadas por la deforestación y la regeneración de la cobertura vegetal.

Este análisis se realizó de manera cualitativa y cuantitativa, cualitativamente se identificaron los factores sociales, políticos y/o culturales que han potencializado los cambios de cobertura vegetal, los cuales potencializan la emisión de gases efecto invernadero por parte de Colombia; El análisis cuantitativo se realizó a través de datos extraídos de la cartográfica recopilada.

Teniendo en cuenta que los Sistemas de Información Geográficos permiten capturar, almacenar, gestionar, analizar y presentar los datos de manera diferente. Por medio de este trabajo final de master se realizó una recopilación de información cartográfica de Colombia, que se almacenó en la plataforma de ArcGIS Online de Esri, luego se gestionó y analizó por medio de la plataforma de ArcGIS Pro de Esri y para la presentación de todo el trabajo realizado se utilizaron herramientas de ArcGIS Online como Swype, Dashboards y History Maps, estas herramientas las ofrece ArcGIS para la presentación de los SIG de una manera dinámica y que permita el fácil entendimiento para todos los usuarios.

## **ABSTRACT**

This final work of the Professional modality Master, called "Design of web applications with ArcGIS, for the monitoring of the wooded area of Colombia from 1990 to 2018", was born, with the aim of designing a geographic information system that allows analyzing the plant cover changes at a multi-temporal level in Colombia, through which the areas most influenced by deforestation and regeneration of plant cover can be spatially identified.

This analysis was carried out qualitatively and quantitatively, qualitatively the social, political and / or cultural factors that have potentiated the changes in vegetation cover were identified, which potentiate the emission of greenhouse gases by Colombia; The quantitative analysis was performed using data extracted from the collected cartography.

Taking into account that the Geographic Information Systems allow to capture, store, manage, analyze and present the data in a different way. Through this final master's work, a compilation of cartographic information from Colombia was made, which was stored on the ArcGIS Online platform from Esri, then it was managed and analyzed through the ArcGIS Pro platform from Esri and for the presentation of All the work carried out using ArcGIS Online tools such as Swype, Dashboards and History Maps, these tools are offered by ArcGIS for the presentation of GIS in a dynamic way and that allows easy understanding for all users.

## **ABREVIATURAS**

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica

**ESRI:** Environmental Systems Research Institute

**CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

**GEI:** Gases Efecto Invernadero

**INDC:** Intended Nationally Determined Contributions

**AFOLU:** Agriculture, Forestry and Other Land Use

**HFC:** hidrofluorocarbonados

**SF<sub>6</sub>:** Hexafloruros

## Contenido

<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.....	11
1.2. LOS COMPONENTES BASICOS DE UN SIG.....	13
<i>ArcGIS PRO</i> .....	14
<i>ArcGIS Online</i> :.....	16
1.3. CONTEXTUALIZACIÓN DE COLOMBIA.....	17
<i>Descripción de Colombia</i> .....	17
<i>Biodiversidad en Colombia</i> .....	18
<i>Deforestación en Colombia</i> .....	18
<i>Emisiones de GEI en Colombia</i> .....	20
<i>Absorción de GEI en Colombia</i> .....	23
<b>2. ACUERDOS INTERNACIONALES</b> .....	<b>24</b>
2.1. CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	24
2.2. CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN Y LA SEQUÍA (UNCCD).....	24
2.3. ACUERDO DE PARÍS DE 22 DE ABRIL DE 2016.....	24
<b>3. MATERIALES</b> .....	<b>25</b>
3.1. BASES DE DATOS.....	25
3.2. SOFTWARE.....	26
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
4.1. SWIPE.....	27
4.2. DASHBOARD.....	28
4.3. STORY MAPS.....	29
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	31
5.2. INFORMACIÓN CARTOGRAFICA DESARROLLADA.....	34
5.3. DESARROLLO DE APLICACIONES WEB.....	42
5.3.1. <i>SWYPE</i> .....	42
5.3.2. <i>DASHBOARD</i> .....	50
5.4. STORY MAPS.....	59
<b>6. RESUMEN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>62</b>

## LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1 Características de las herramientas SIG. ....	12
Tabla 2 Datos extraídos de la Cartografía.....	40
Tabla 3 Datos de la Dashboard Nacional .....	51

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Partes de un Sistema de Información Geográfico. ....	13
Ilustración 2 Interfaz ArcGIS Pro .....	15
Ilustración 3 Interfaz ArcGIS Online .....	16
Ilustración 4 Regiones de Colombia .....	17
Ilustración 5 Problemática de la Deforestación en Colombia.....	20
Ilustración 6 Porcentaje de GEI de las emisiones totales 2014.....	21
Ilustración 7 Participación promedio histórica por GEI en el total de emisiones.....	21
Ilustración 8 Participación por sectores de la emisión de GEI. ....	22
Ilustración 9 Participación por subcategorías en las absorciones de CO2 en el año 2014.....	23
Ilustración 10 Tendencia de emisiones de CO2 de 1990-2014 .....	24
Ilustración 11 Materiales.....	26
Ilustración 12 SWIPE.....	28
Ilustración 13 Dashboard.....	29
Ilustración 14 Story Maps .....	30
Ilustración 15 Metodología.....	31
Ilustración 16 Principales causas de deforestación .....	32
Ilustración 17 Legislación Nacional contra la deforestación .....	33
Ilustración 18 Convenios Internacionales sobre Cobertura Vegetal .....	33
Ilustración 19 Tratamiento de datos Cartográficos .....	35
Ilustración 20 Resultados del Tratamiento Cartográfico .....	35
Ilustración 21 Regiones de Colombia .....	41
Ilustración 22 Mapa de departamentos de Colombia .....	42
Ilustración 23 Swipe Nacional.....	43
Ilustración 24 Comparación datos 1990-2000 y 2017-2018 .....	44
Ilustración 25 Análisis Multitemporal de la zona Noroeste del Amazonas .....	46
Ilustración 26 Resumen Deforestación.....	50
Ilustración 27 Análisis multianual del cambio de cobertura vegetal en Colombia.....	51
Ilustración 28 Tasa de Deforestación - Hectareas Vs Años.....	52
Ilustración 29 Tasa de Regeneración Nacional - Hectareas Vs Años.....	53
Ilustración 30 Cobertura de Bosques - Hectareas Vs Años.....	54
Ilustración 31 Porcentaje de deforestación en Colombia – Años Vs porcentaje de cobertura boscosa .....	54
Ilustración 32 Análisis de la tasa de Cobertura vegetal, deforestación y Regeneración a nivel Nacional - Hectareas Vs Años.....	55
Ilustración 33 Dashboard de la Región Amazonia.....	56
Ilustración 34 Tasa de deforestación en la Amazonia - Hectareas Vs Años.....	56
Ilustración 35 Tasa de Regeneración en la Región Amazonia. - Hectareas Vs Años. ....	57
Ilustración 36 Cobertura de Bosque en la Amazonia - Hectareas Vs Años.....	57
Ilustración 37 Análisis de la cobertura vegetal, deforestación y regeneración. - Hectareas Vs Años.....	58

Ilustración 38 Análisis de la deforestación en la Amazonia 2017. ....	58
Ilustración 39 Interfaz Story Maps .....	59

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

- Diseñar un Sistema de Información geográfica para analizar los cambios de cobertura de bosque en Colombia desde el año 1990 a 2018, el cual se visualiza a través de aplicaciones web, utilizando las plataformas de ArcGIS Pro y ArcGIS Online.

### **Objetivos específicos.**

- Utilizar la plataforma de ArcGIS Pro para realizar el análisis, tratamiento y clasificación de la información cartográfica y estadística.
- Manejar la plataforma de ArcGIS Online para generar aplicaciones web que permitan interactuar de manera dinámica con la información.
- Analizar los acuerdos nacionales e internacionales a los que se ha comprometido Colombia para la reducción de las tasas de deforestación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia en la conferencia de las Naciones Unidas en Rio de Janeiro del 20 de Noviembre de 1989 adoptó el compromiso ante la **Convención de las Naciones Unidas contra la deforestación**, donde la desertificación, el Cambio Climático y la pérdida de biodiversidad fueron identificados como los retos más importantes para el desarrollo sostenible (IDEAM - Instituto de Hidrología, 2014).

En el año 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas en Rio de Janeiro sobre el Medioambiente y desarrollo, se aprobó una resolución con la finalidad de parar y reducir el impacto causado por el deterioro ambiental y lograr un desarrollo sostenible, para ello se creó un plan general llamado “Agenda 21”.

Este plan además de tratar temas medioambientales a nivel mundial sirvió para calificar desde esta conferencia la información geográfica como importante y critica para el soporte de decisiones y la gestión a nivel nacional, regional y global.

En el documento de la Agenda 21, en el capítulo sobre “información para la adopción de decisiones” se menciona expresamente la importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la necesidad de armonizar los datos. En dicho documento se comentan las acciones que deben tomar los países y las organizaciones para lograr un desarrollo sostenible y muchas de esas acciones están relacionadas directa o indirectamente con la información geográfica. (Unidas, 1992)

Teniendo en cuenta la importancia y los compromisos que adquirió Colombia desde la Declaración de Rio sobre medio ambiente y el desarrollo, se realizó un análisis del Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia el cual fue entregado en el mes de octubre del 2018 ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En este reporte se evidencia que, en el año 1994, cuando se inició el convenio, la cobertura boscosa de Colombia era de un 54%, pero con el constante crecimiento de las dinámicas socioeconómicas, se ha reducido progresivamente este porcentaje a un 50%.

La disminución de la cobertura vegetal repercute directamente en el aumento de la emisión de gases efecto invernadero lo que se comprueba debido a que de acuerdo con el Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia el 55% de las emisiones de Colombia son por los cambios de cobertura vegetal.

## 1.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

En la actualidad la información y el acceso a la misma juegan un papel fundamental en el día a día. Por ende, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se han posicionado como una tecnología para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y representar datos espaciales georreferenciados.

Es muy importante saber que los SIG no son meramente un programa de cartografía por ordenador, ni un software para “hacer mapas”. Lo más importante de los SIG es la capacidad para almacenar grandes volúmenes de información georreferenciada y su potencia para el análisis de la misma, motivos por los que resultan herramientas idóneas para abordar problemas de planificación y gestión en la toma de decisiones, por medio de la relación entre diferentes elementos geográficos y sus atributos.

Podemos decir que los SIG, utilizan información espacial y georreferenciada, con una serie de operaciones que capturan, almacenan, gestionan, analizan y presenta sus resultados para finalmente intentar resolver problemáticas que afecta al territorio. (SANTOS PRECIADO, 2004).

- **Captura de Datos:**

Hace referencia a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos en un formato digital.

Es importante tener en cuenta que se deben ingresar dos diferentes tipos de datos al SIG: la referencia geográfica y atributos. Los datos de referencia geográfica son las coordenadas ( sean en términos de latitud y longitud) que fijan la ubicación de la información que está ingresando. Los datos de atributos asignan un código numérico a cada casilla o conjunto de coordenadas y a cada variable, o para connotar tipos de datos categóricos. La rutina de ingreso de datos requiere una cantidad considerable de tiempo. ((USAID, 1993)

- **Almacenamiento de datos:**

El almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo con la ubicación, interrelación, y diseño de atributos. ((USAID, 1993)

- **Gestión y análisis de los datos**

La gestión y análisis de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones:

- Operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos actuales
- Operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario.

El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobre posición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispares, de una gran variedad de fuentes. ((USAID, 1993)

- **Presentación de datos**

La presentación de datos se realiza comúnmente mediante mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para mayores análisis. ((USAID, 1993)

A continuación, se diferencia lo que diferencia a una herramienta de tipo SIG de una que no lo es.

*Tabla 1 Características de las herramientas SIG.*

<b>SI</b>	<b>NO</b>
Herramienta analítica	Herramienta para hacer mapas
Crea una vista de un espacio a partir de una petición concreta	Almacena mapas o vistas particulares de un mapa

Fuente: Propia

El objetivo principal de los SIG es simplificar el procesamiento y visualización de la información geográfica para la posterior toma de decisiones.

Realizar esta labor con un SIG resulta más ventajosa que con cualquier otro método de análisis tradicional por distintas razones:

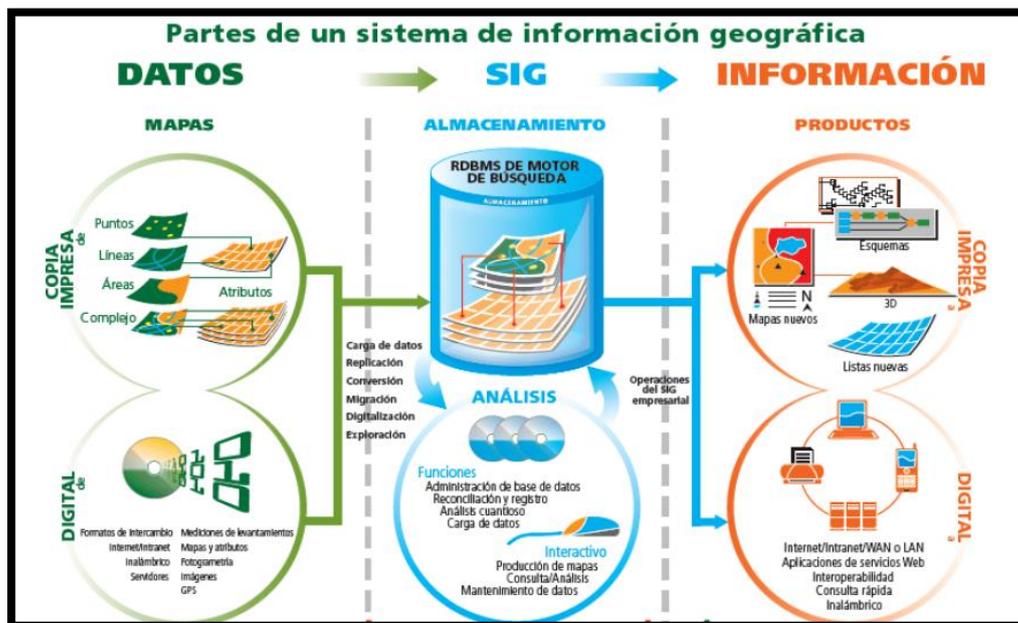
- Trabaja en formatos digitales, y por tanto es compacto, lo que se traduce en ahorro de espacio y tiempo.
- Permite mantener y recuperar grandes cantidades de datos con gran rapidez.
- Es capaz de analizar, manipular e integrar datos de diferentes tipos, tanto espaciales como no espaciales, así como sus correspondientes atributos a gran velocidad. Esto aumenta la productividad y la competitividad ya que aporta eficiencia a los proyectos.
- Proporciona productos cartográficos de gran variedad y calidad con una mínima inversión de tiempo.

- Puede presentar los resultados de una manera rápida, racional y fácilmente inteligible para el usuario. Esto permite una evaluación ágil y sencilla.

## 1.2. LOS COMPONENTES BASICOS DE UN SIG

El software está integrado por una serie de programas informáticos que nos permite realizar una gran cantidad de funciones: captura de información, su almacenamiento en bases de datos, la gestión y análisis de la información y finalmente herramientas para la visualización durante el proceso de trabajo y presentación de resultados en el momento final. Otras tareas específicas del software son las de importación y exportación de datos.

*Ilustración 1 Partes de un Sistema de Información Geográfica.*



Fuente: Tomlinson, R. (2007). Pensando en el SIG – “Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes.

Es importante tener en cuenta que este conjunto de componentes básicos es fundamental para que los datos del SIG respondan a tres dimensiones: la espacial, la temática y la temporal.

1. El componente espacial alude a la información sobre la localización (coordenadas), las propiedades espaciales (longitud, superficie, forma, etc) y las relaciones espaciales. Estas últimas pueden ser unas veces cuantitativas y otras cualitativas o topológica, tales como las que nos expresan la situación relativa entre dos entidades.

2. La componente temática alude a las características de los atributos de las entidades reales que se traducen en números o textos. Los datos deben ser manejados con procedimientos acorde con su naturaleza, tanto a la hora de representarlos cartográficamente (simbología), como a la hora de realizar operaciones aritméticas o lógicas.
3. La componente temporal nos recuerda que, por un lado, los datos siempre están referidos a un momento, por lo que hay que valorar la eventual falta de sincronía entre los datos que integramos en las distintas capas de los SIG

### *ArcGIS PRO.*

ArcGIS Pro es el principal software de ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) ; ,empresa líder a nivel mundial del desarrollo y comercialización de software para los SIG.

La plataforma de ArcGIS Pro se caracteriza por ser moderno, rápido y potente; por medio de esta herramienta se puede visualizar, editar y analizar datos geográficos. (ESRI, España, 2019).

Los módulos básicos del software son:

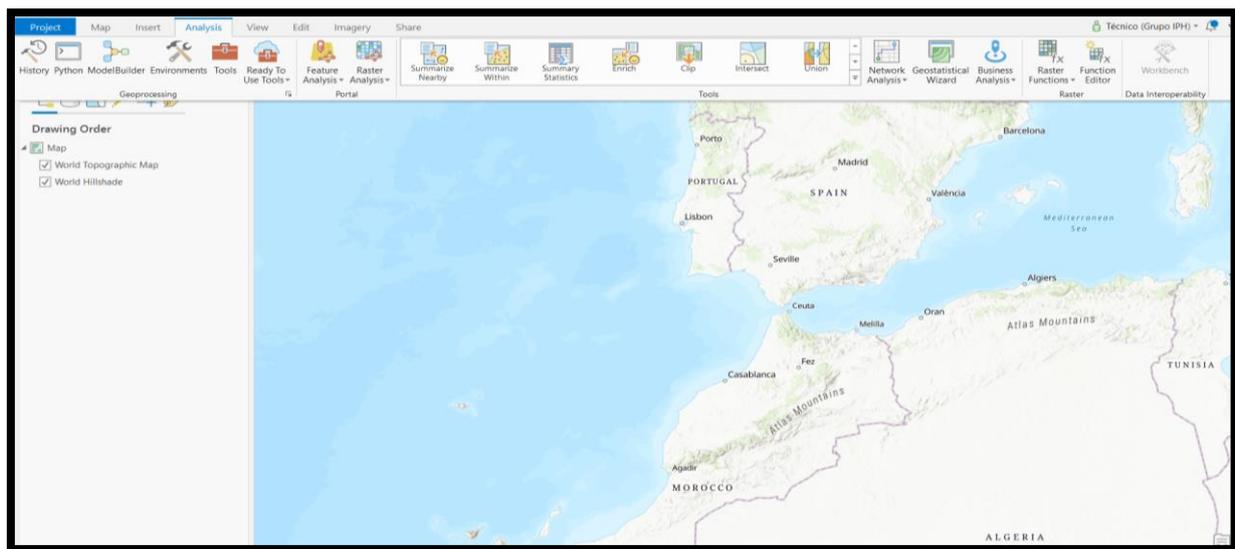
- ArcCatalog: Esta herramienta se utiliza para la organización, gestión, exploración, búsqueda y previsualización de los archivos de geodatos y de los metadatos y la creación de bases de datos.
- ArcMap: Es el módulo principal y contiene funciones de entrada, visualización, consultas y tratamientos de la información geográfica.
- ArcToolbox: realiza la implantación, exportación y conversión de geodatos, así mismo ofrece unas amplias opciones para el análisis espacial y geoprocementos.
- ArcInfo: Contiene la totalidad de las herramientas mientras que ArcView y Arc Editor ofrecen subconjuntos bastantes menores de ellas.

A continuación, se muestra la Interfaz de la plataforma de ArcGIS Pro, la cual se caracteriza por tener pestañas emergentes de acuerdo al tipo de información que se está analizando, por ejemplo, si se desea trabajar con archivos Ráster, las pestañas que se muestran de la interfaz solo hacen referencia al tratamiento de este tipo de archivos.

De forma general esta Interfaz cuenta con la pestaña de:

- Proyecto: se encuentran las opciones de apertura, configuración, de nuevos proyectos
- Map: se encuentra las opciones para agregar datos, modificar el mapa base, hacer diferentes tipos de selección y medición de la información.
- Insert: se encuentran las opciones para incorporar nuevos mapas, layouts y conexiones.
- Analysis: se encuentran las herramientas para realizar diferentes tipos de análisis de la información como los Model Builder y la caja normal de herramientas de ArcGIS.
- View: se encuentra las diferentes opciones para visualizar las ventajas emergentes como el Arc Catalog, la Tabla de contenido, la visualización del mapa en escala local o global, entre otro tipo de visualizaciones
- Edit: Se encuentran las diferentes herramientas para editar los Shapefiles,
- Imagery: Se encuentran las herramientas para el análisis de imágenes como por ejemplo georreferenciación y su medición.
- Share: se encuentran las diferentes opciones para compartir en el proyecto,

*Ilustración 2 Interfaz ArcGIS Pro*



Fuente: Software ArcGIS PRO.

Es importante resaltar que las extensiones o las herramientas que se utilizan para el tratamiento y análisis de la información se adquieren por separado, pero para el presente trabajo fin de máster se utilizaron:

- Spatial Analyst: herramienta que permite visualizar, analizar y modelar información ráster.

Otras herramientas que nos ofrece este software son :

- 3D Analyst: herramienta que sirve para la visualización y tratamiento tridimensional.

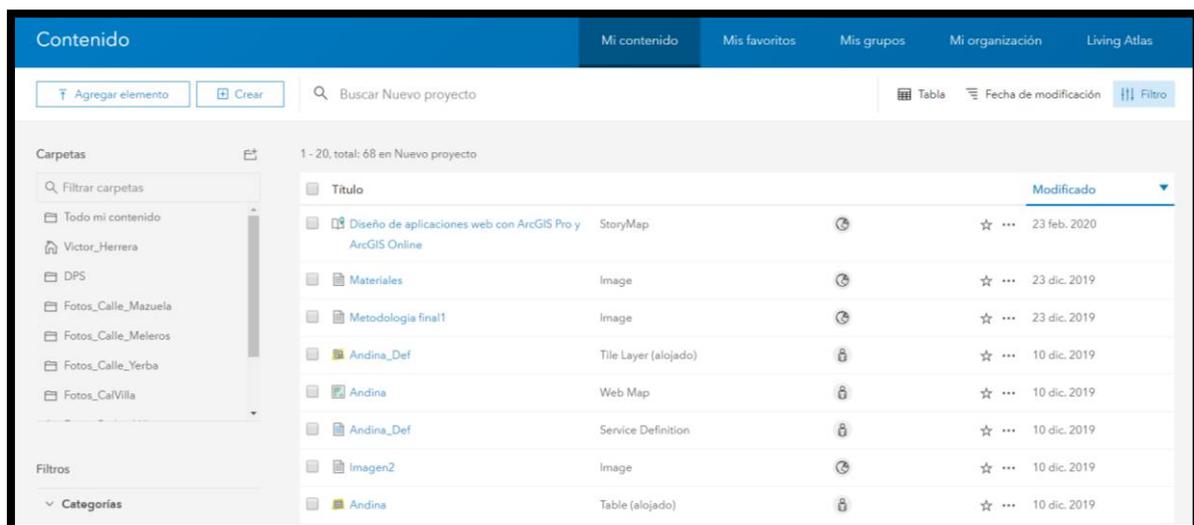
- Network Analyst: herramienta útil para la representación y técnicas aplicables a las redes. (no lo entiendo).
- Image Analysis: Permite el análisis de imágenes remotas digitales.

### ArcGIS Online:

Es una plataforma que almacena datos en la nube, gestiona, publica, y analiza mapas tanto en 2D como en 3D, para analizar cualquier tipo de dato geográfico, teniendo la gran utilidad de generar aplicaciones con contenidos, imágenes o una galería de mapas base y herramientas que facilitan la interacción con la información. (ESRI, 2019).

A continuación, se muestra la interfaz de ArcGIS Online.

*Ilustración 3 Interfaz ArcGIS Online*



Fuente: Software ArcGIS Online.

Es importante resaltar que, para utilizar ArcGIS Online, primero se debe hacer un tratamiento de la información en ArcGIS Pro, ya que la finalidad de este software es generar aplicaciones online.

Algunas de las aplicaciones web que se generaron con esta plataforma para el presente trabajo son Dashboard, Swipe, y History Maps,

### Dashboard

Es un cuadro de mando con una vista de información geográfica que ayuda a monitorizar eventos o actividades. Los cuadros de mando se han diseñado para mostrar varias visualizaciones que trabajan juntas en una sola pantalla. Ofrecen una vista integral y atractiva de datos, así como información clave para tomar decisiones

de un vistazo. Al igual que los y las , los cuadros de mando forman parte del . (ArcGIS, 2019)

### Swipe

El Swipe permite comparar fácilmente el contenido de distintas capas de un mapa, proporcionando los modos de vista horizontal, vertical y lupa. Puede deslizar la herramienta Swipe o desplazar el ratón para ver el contenido de otra capa. Por ejemplo, quizás le interese utilizarla para mostrar las imágenes antes y después de una inundación, o mostrar dos capas temáticas asociadas en un mapa. (ArcGIS, 2019)

### Story Maps

Los Story Maps son una forma excelente de combinar mapas con texto narrativo, imágenes y contenido multimedia para crear aplicaciones web atractivas e intuitivas y listas para ser consultadas en la web. (ArcGIS L. , 2019)

## 1.3. CONTEXTUALIZACIÓN DE COLOMBIA

### *Descripción de Colombia.*

Según la oficina de información diplomática del Ministerio de Asuntos exteriores, Unión Europea y Cooperación, Colombia tiene una superficie de 1.147.748 Km<sup>2</sup>, limitando al norte con el mar de las Antillas, al este con Venezuela, Brasil, al oeste con el océano pacífico, al noroeste con Panamá y al sur con Perú y Ecuador (Ministerio de Asuntos Exteriores, Union Europea y Cooperación., 2019).

Su población estimada en el 2019 equivale a unas 50.400.000 personas, su división administrativa está constituida por cinco (5) regiones, treinta y dos (32) departamentos y un (1) distrito capital. (Ministerio de Asuntos Exteriores, Union Europea y Cooperación., 2019).

*Ilustración 4 Regiones de Colombia*



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

### *Biodiversidad en Colombia.*

Según la WWF, Colombia es un país privilegiado por su diversidad biológica. En su territorio nacional se concentra aproximadamente el 10% de la biodiversidad mundial a pesar de que su territorio no representa sino el 0,22% de la proporción terrestre global. Esta característica hace que sea considerado uno de los 14 países megadiversos, llamados de esta forma por tener el 70% de la biodiversidad mundial y por tener intereses afines.

Colombia le debe gran parte de su biodiversidad a sus bosques: en ellos viven millones de especies y se producen los servicios ecosistémicos que necesitamos para sobrevivir, sin embargo, debido a la deforestación y a la transformación no sostenible del territorio, Colombia ha ido perdiendo su biodiversidad a un paso alarmante (WWF, 2019)

### *Deforestación en Colombia.*

Históricamente Colombia ha tenido un gran reconocimiento a nivel mundial por ser un país Megadiverso, ocupando el primer lugar en número de especies de aves y orquídeas, el segundo lugar por su riqueza en plantas, anfibios, mariposas y peces de agua dulce, el tercer lugar lo ocupa con respecto a diversidad de palmas y reptiles y el cuarto por mamíferos.

Este ranking mundial de biodiversidad trae consigo una gran responsabilidad en cuanto a protección y conservación de especies de flora y fauna, pero es importante resaltar que las dinámicas sociales y culturales conllevan a tener una gran necesidad de alterar el territorio generando cambios en las coberturas vegetales y los usos de la tierra.

Por lo tanto, esta Biodiversidad que enorgullece a Colombia ha estado siendo amenazada principalmente por la deforestación como consecuencia de cuatro grandes grupos de importantes agentes de transformación de la cobertura boscosa a nivel nacional como lo son la agricultura, la ganadería, las empresas mineras y los actores armados, de acuerdo con el "análisis de tendencias y patrones especiales de deforestación en Colombia" (Instituto de Hidrología, 2011).

- *Agricultura*

De acuerdo con el "Informe de análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia", la problemática se origina por los cambios en el uso de la tierra debido a la competencia entre coberturas forestales y los usos agrícolas por recurso tierra. Los agricultores generalmente se ven incentivados a deforestar si una baja productividad de la tierra no les permite materializar las expectativas de ganancia. (Instituto de Hidrología, 2011).

- Ganadería

De acuerdo con el "Informe de Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia", en esta categoría se agrupan los agentes dedicados principalmente a la ganadería extensiva, con fines productivos y la tenencia de la tierra mediante la introducción de ganado de pie afectan gravemente a la extensión de cubierta boscosa. (Instituto de Hidrología, 2011)

- Empresas mineras

En esta categoría se incluye la exploración petrolera, aunque el principal impacto de estos agentes no es necesariamente la deforestación. Su principal problemática es debido a sus actividades que tienen un efecto indirecto en la cobertura boscosa, específicamente debido a las alteraciones generadas por la construcción de vías de acceso, que permiten la llegada de otras clases de agentes transformadores a las explotaciones (Instituto de Hidrología, 2011).

- Actores armados

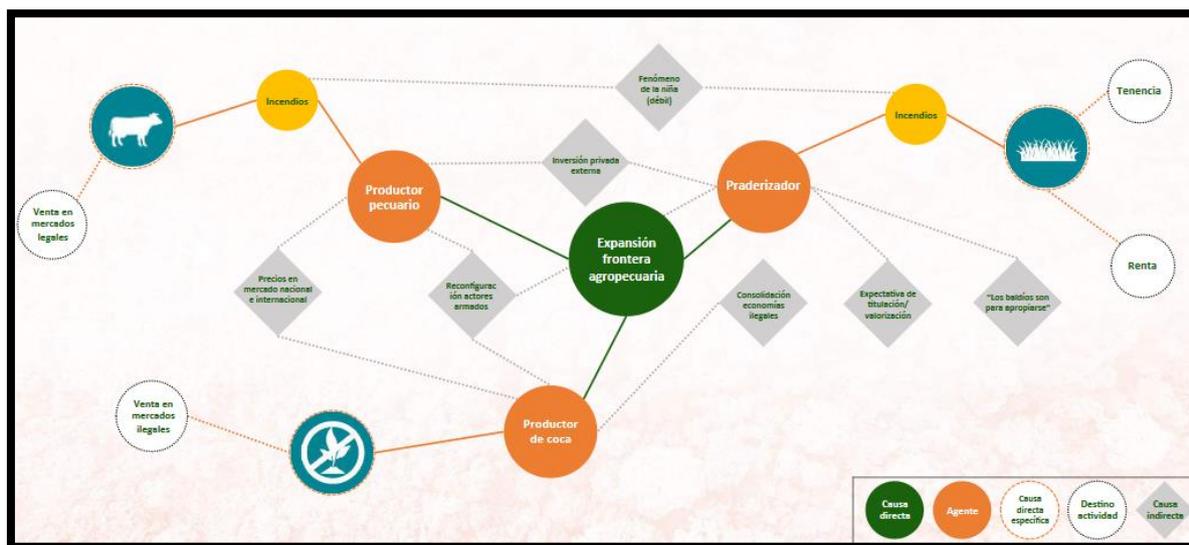
Históricamente los grupos armados han sido agentes claves en los procesos de transformación de los ecosistemas forestales. La presencia de actores armados en un área de condiciones de enfrentamiento directo conduce a migración interna, lo cual conlleva al abandono de tierras y a la posible recuperación de bosques si la duración del conflicto es razonablemente extensa.

Sin embargo, también es factible que algunos de los actores armados se dediquen a actividades agropecuarias, principalmente cultivos ilícitos en las áreas en las que ejercen control, lo cual puede conllevar a procesos de deforestación. Igualmente, la presencia de actores armados afecta el ejercicio de las instituciones del estado y pueden limitar el efectivo control sobre los usos del suelo aun en áreas legalmente protegidas. (Instituto de Hidrología, 2011)

La deforestación acelera la pérdida de la biodiversidad, afecta al ciclo del agua, erosiona los suelos, degrada los bosques y además contribuye el Cambio Climático. Es de destacar que en América Latina la principal causa de emisiones de gases efecto invernadero es la deforestación. (WWF, 2019).

A continuación, se presenta una imagen que resume estas dinámicas

Ilustración 5 Problemática de la Deforestación en Colombia.



Fuente: (Colombia G. d., 2017)

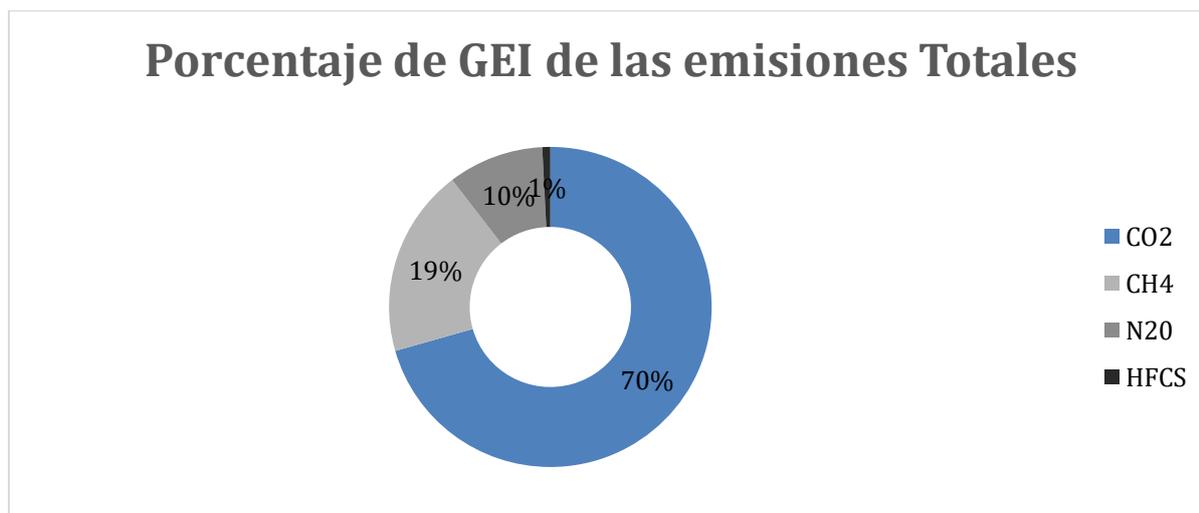
De acuerdo con este esquema realizado por el Gobierno de Colombia en el año 2017, sobre la deforestación; la principal causa de la deforestación se debe a la expansión de la frontera agrícola, cambiando el uso del suelo para la producción pecuaria, producción de coca y praderización lo que se traduce en ganadería, cultivos ilícitos y praderas.

Este cambio de coberturas tiene como finalidad la venta en mercado legales e ilegales, la tenencia de la tierra y la renta, trayendo consigo un sinfín de problemáticas indirectas como el fenómeno de La Niña (fase positiva del ENSO), consolidación de economías ilegales, reconfiguración de factores armados entre otros.

### *Emisiones de GEI en Colombia.*

De acuerdo con el "Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC, (Gobierno de Colombia, 2018) el país en el año 2014 emitió 236.973 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La distribución porcentual de los diferentes Gases de Efecto invernadero (GEI) se representa en la siguiente grafica.

Ilustración 6 Porcentaje de GEI de las emisiones totales 2014

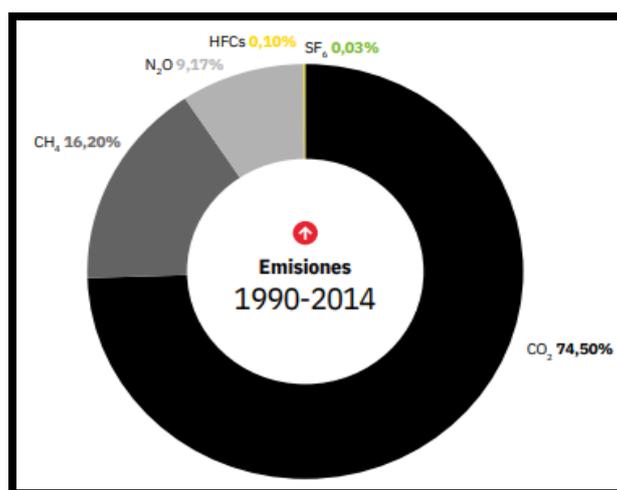


Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

El GEI que más se emite a la atmósfera es el dióxido de carbono con un 70% de emisión equivalente correspondiente 186,101 Gg de CO<sub>2</sub>, el segundo gas en magnitud de emisión es el metano con un 19% que equivale a un 50.15 Gg de CH<sub>4</sub>, los óxidos de nitrógeno equivalen a un 10% y se corresponden con 25.35 Gg de N<sub>2</sub>, y los GEI que emite Colombia en menor cantidad son los hidrofluorocarbonados y los Hexafluoruros, con un 1% y 0,02% equivalente a 2.11 Gg de HFCs y 0.26 Gg de SF<sub>6</sub>, respectivamente

Evaluando a través del tiempo desde el año 1990 a 2014 las emisiones promedio históricas de GEI, vemos que la proporción de los diferentes GEI se mantiene constante a través del tiempo como se puede observar en la gráfica número 2.

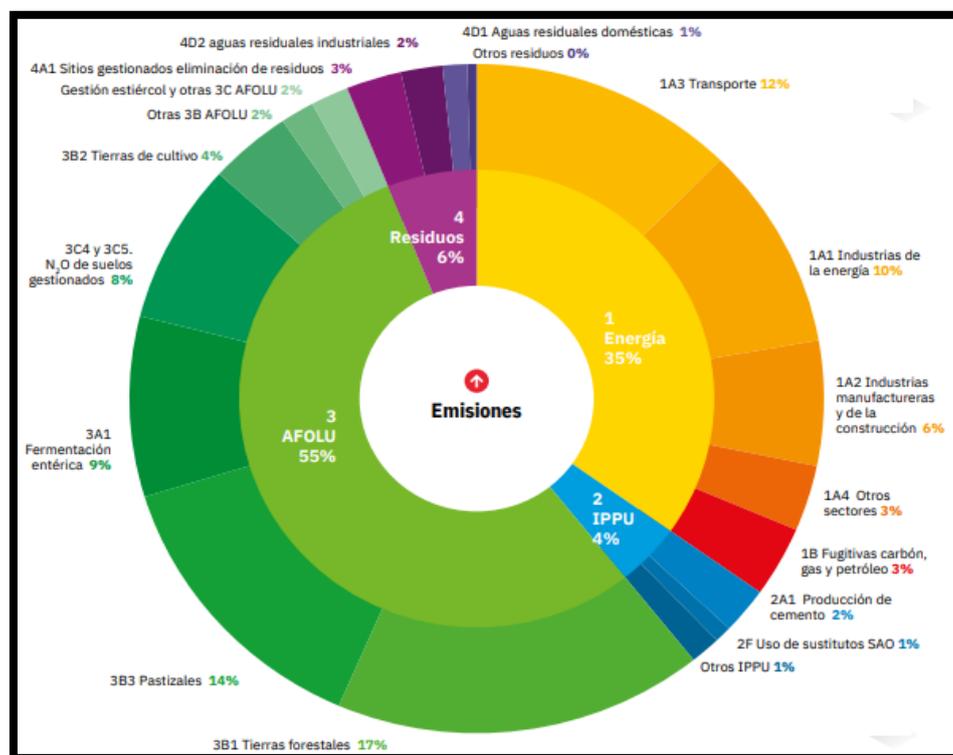
Ilustración 7 Participación promedio histórica por GEI en el total de emisiones.



Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

Ahora bien, es importante conocer de este porcentaje de GEI emitidos, cuáles son los principales sectores que tienen un mayor porcentaje de participación, como se muestra en la gráfica número 3.

Ilustración 8 Participación por sectores de la emisión de GEI.



Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

Del informe realizado por el Gobierno de Colombia (Gobierno de Colombia, 2018) se puede evidenciar que el 55% del total de las emisiones corresponde a la categoría AFOLU y un 35% corresponde a la categoría de Energía, que en conjunto son el 90% de las emisiones del país.

Analizando las subcategorías, en primer lugar encontramos las tierras forestales (17%) que corresponde a la emisión por cambios entre el bosque natural y otras tierras forestales, las emisiones propias del bosque, y las derivadas de la cosecha y renovación de plantas forestales.

Por otro lado, encontramos los pastizales (14%) que hacen referencia a aquellas emisiones propias del pastizal o por la conversión de bosques naturales a pastizales. Le sigue el transporte (12%) en el cual se incluyen las emisiones por aviación civil y otros medios de transporte, y las industrias energéticas (10%), que corresponden a la fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas.

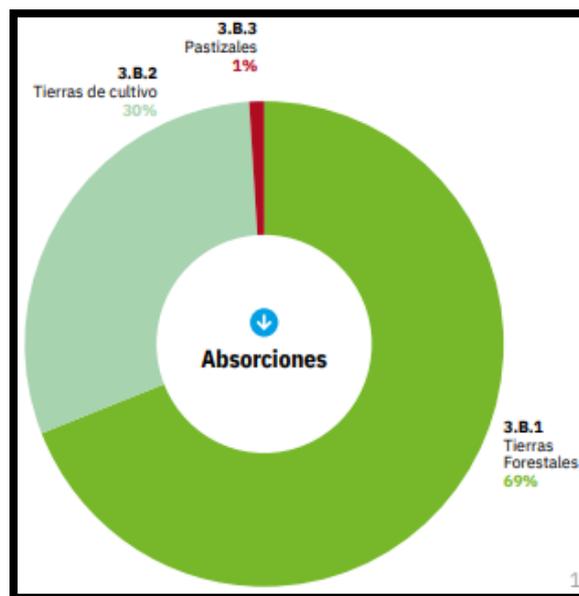
En conclusión, las 4 subcategorías mencionadas anteriormente equivalen al 53% de las emisiones totales de GEI de Colombia para el año 2014.

### *Absorción de GEI en Colombia.*

Las absorciones para el año 2014 estimadas, corresponden en un 69% por tierras forestales que permanecen como tales, las cuales se constituyen por plantaciones forestales comerciales y cambio de otras tierras forestales a bosque natural. El 30% corresponde al crecimiento de las tierras de cultivo y el restante 1% a las absorciones por pastizales, como se puede observar en la gráfica número 4.

Cabe resaltar que este comportamiento es similar al que históricamente se ha presentado en el país

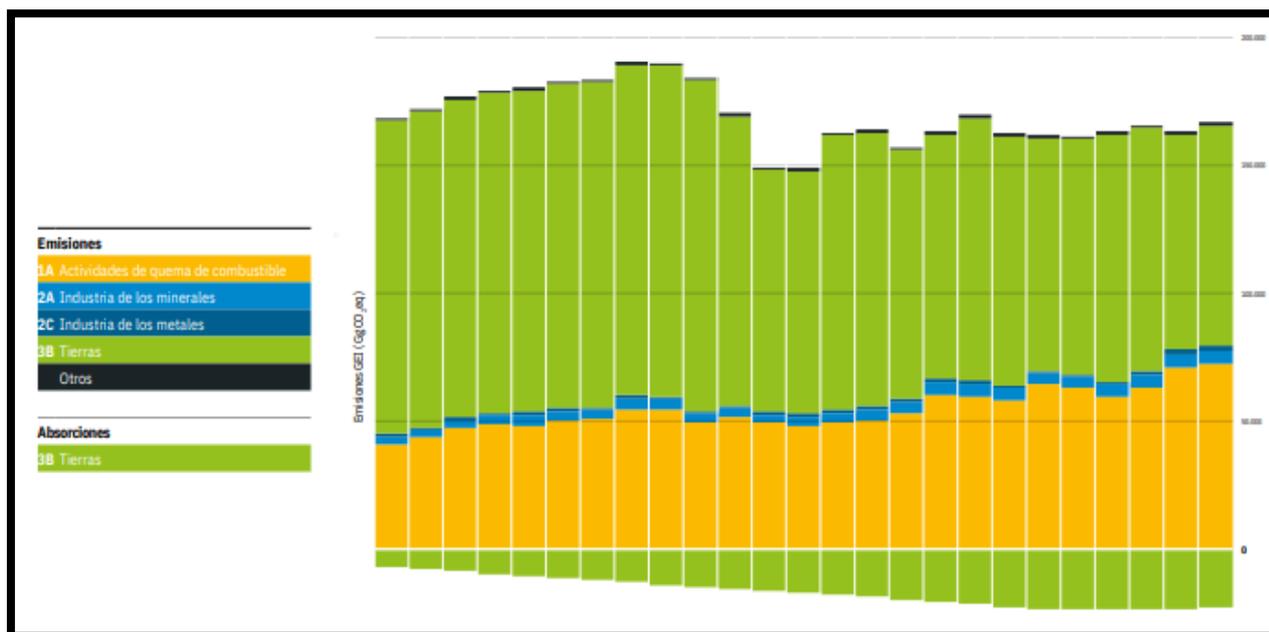
*Ilustración 9 Participación por subcategorías en las absorciones de CO2 en el año 2014.*



Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

Como se mencionó anteriormente el CO<sub>2</sub> es el GEI que más se emite a la atmosfera; en la gráfica número 5 se muestra una comparación entre las emisiones y la absorción a través del tiempo del dióxido de carbono.

Ilustración 10 Tendencia de emisiones de CO2 de 1990-2014



Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

## 2. ACUERDOS INTERNACIONALES.

A continuación, se presenta un resumen de los acuerdos más importantes internacionalmente relacionados con la protección de la cobertura boscosa.

### 2.1. Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Este convenio es el principal instrumento jurídico de respuesta internacional ante el Cambio Climático y persigue estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera para así impedir perturbaciones peligrosas de carácter antropogénico en el sistema climático. (España, 2020)

### 2.2. Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD)

Este acuerdo internacional se creó con el fin de promover una respuesta Global para la desertificación. La cumbre para la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 fue la génesis de esta convención, la cual entró en vigor en 1996. (México, 2020)

### 2.3. Acuerdo de París de 22 de abril de 2016

Por medio de este acuerdo se establecen medidas reductoras de emisiones de gases efecto invernadero a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos de calentamiento global. (España, 2020)

### **3. MATERIALES.**

Se realizó una recopilación de bases de datos, informes, imágenes ortofoto, extraídas de fuentes de información oficial, pero con el fin de realizar su respectivo análisis y tratamiento de información se utilizaron dos tipos de software.

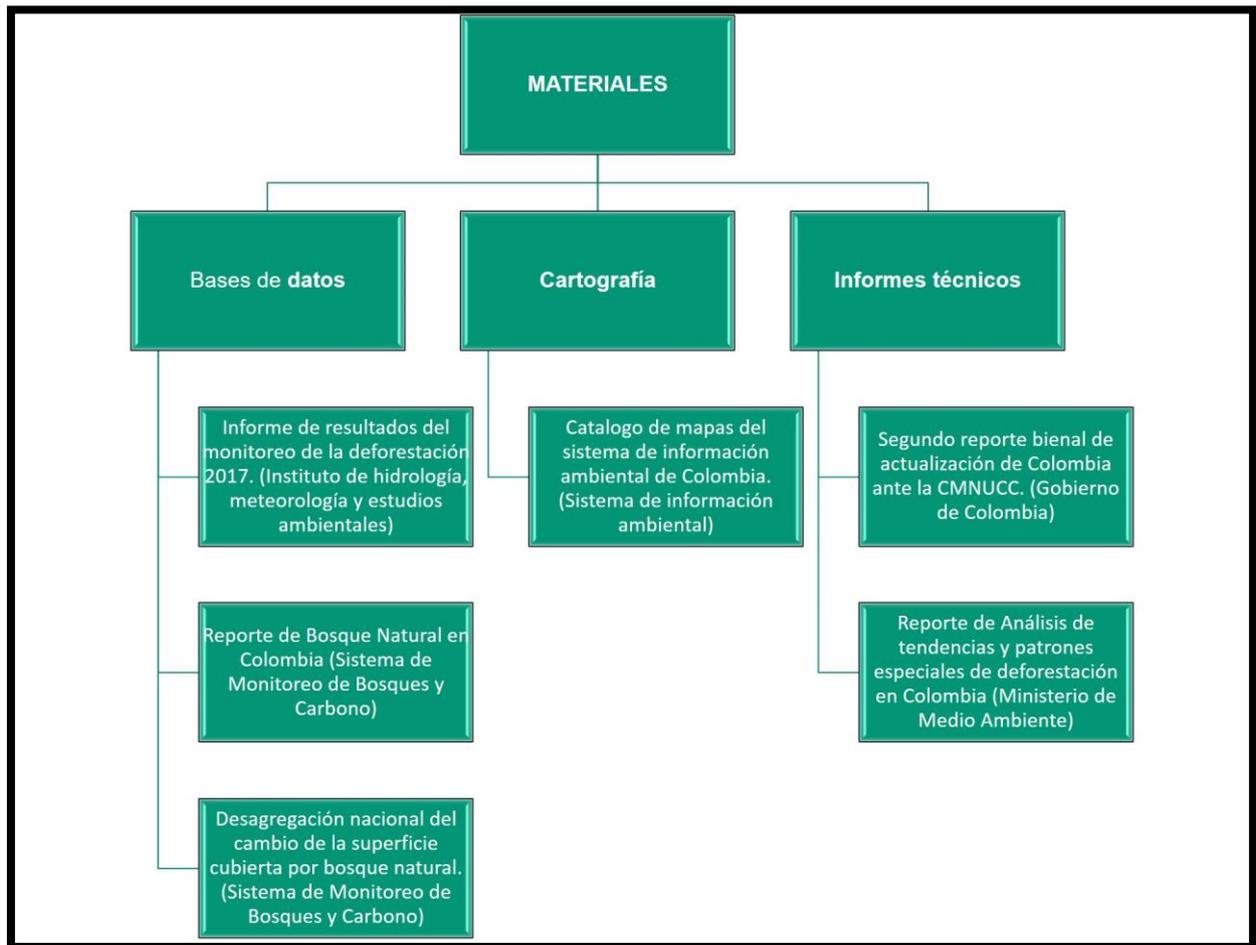
#### **3.1. Bases de datos.**

Para el presente trabajo fin de Máster se necesitaron bases de datos en formato .txt, imágenes ortofoto, informes técnicos de las siguientes fuentes y entidades:

- Segundo reporte bienal de actualización de Colombia ante la CMNUCC. (Gobierno de Colombia) (Gobierno de Colombia, 2018)
- Reporte de Análisis de tendencias y patrones especiales de deforestación en Colombia (Ministerio de Medio Ambiente) (Instituto de Hidrología, 2011)
- Catálogo de mapas del sistema de información ambiental de Colombia. (Sistema de información ambiental) (Colombia M. d., 2020)
- Informe de resultados del monitoreo de la deforestación 2017. (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales) (Colombia G. d., 2017)
- Reporte de Bosque Natural en Colombia (Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono) (IDEAM, Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia , 2020)
- Desagregación nacional del cambio de la superficie cubierta por bosque natural. (Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono) (Colombia G. d., 2017)

En la siguiente figura se presenta un esquema de los materiales que se utilizaron para la elaboración del presente trabajo fin de Master donde se diferencian tres categorías diferentes: bases de datos, cartografía e informes técnicos.

Ilustración 11 Materiales



Fuente: (Gobierno de Colombia, 2018)

### 3.2. Software

Con el objetivo de realizar un análisis de la información cartográfica, y generar aplicaciones web que faciliten la interacción de la información en una sola plataforma online se utilizaron:

- ArcGIS Pro-versión 2.3
- ArcGIS Online

## **4. METODOLOGIA.**

Para el desarrollo del presente trabajo final de Master se siguió la siguiente metodología.

Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica de las problemáticas medio ambientales de mayor impacto de Colombia por medio del Segundo reporte bienal de actualización de Colombia ante la CMNUCC.

En este informe se evidencia que el 55% de las emisiones son por los AFOLU, lo que indica que los cambios de cobertura vegetal son la mayor fuente de emisión de gases efecto invernadero, por lo tanto, se realizó un análisis de los diferentes acuerdos a nivel nacional e internacional a los cuales Colombia se ha comprometido para combatir la deforestación.

Teniendo claro que no hay una concordancia entre los principales acuerdos a los que se ha comprometido Colombia con la realidad, se hizo una revisión cartográfica y estadística de los cambios de cobertura vegetal en Colombia.

Para ello se descargaron datos cartográficos del Sistema de monitoreo y Bosques de Colombia donde por medio de la plataforma ArcGIS Pro, se cambió la información cartográfica de formato TIFF a formato ráster para poder realizar el manejo y extracción de la información.

Luego la información cartográfica arrojada se corroboró con la información arrojada por el "Reporte de Análisis de tendencias y patrones especiales de deforestación en Colombia". Una vez que se comprobó la concordancia de los datos, se realizó una recopilación de datos desde el año 1994 hasta el 2018 de cobertura de bosque, deforestación y regeneración, luego se determinó el porcentaje de cobertura boscosa.

Una vez que se tuvieron las imágenes Ráster y las estadísticas, se publicó toda la información en la plataforma de ArcGIS Online para generar las aplicaciones Web que se desarrollaron de la siguiente manera:

### **4.1. Swipe.**

Para realizar el Swipe, se optó por realizarlo por medio del Widget de la Web App Builder de ArcGIS Online, la cual permite realizar la comparación de varias capas.

Para ello se siguió la siguiente metodología.

- I. Descargar la información cartográfica como archivo .jpg de la página del IDEAM del Sistema de monitoreo de Bosques y Carbono, desde 1990 hasta 2018.
- II. Cargar esta información en ArcGIS Pro.
- III. Realizar la transformación de coordenadas de Datum Bogotá a WGS 1984.

- IV. Exportar el ráster.
- V. Realizar la digitalización de las Regiones de Colombia.
- VI. Compartir la información ráster y los polígonos en ArcGIS Online.
- VII. Generar un nuevo mapa con todas las capas que se desean comparar en este caso son 10 capas de imágenes Ráster y 5 capas de las Regiones de Colombia.
- VIII. Compartir este mapa y generar una Web App Builder.
- IX. Seleccionar el Widget de Swipe.
- X. Configurar las propiedades del Swipe.

Ilustración 12 SWIPE



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM) .

## 4.2. Dashboard.

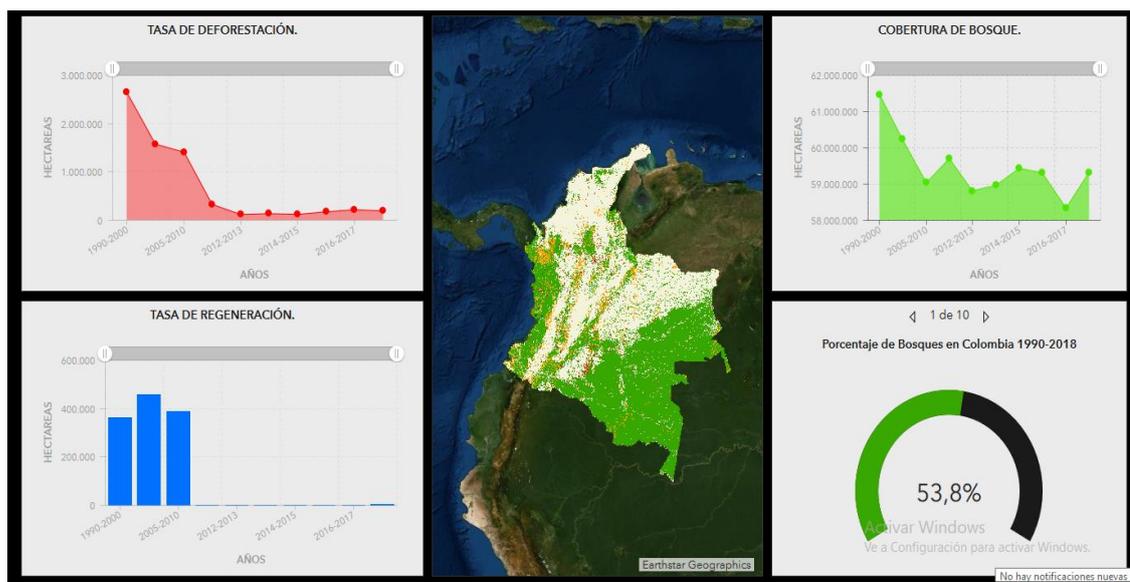
La dashboard tiene como finalidad realizar el análisis multianual de deforestación en Colombia. Lo que significa que se representan de manera gráfica los datos de tasa de deforestación, tasa de regeneración, cobertura de bosque y porcentaje de bosques en Colombia desde el año 1990 a 2018.

Para ello se siguió la siguiente metodología.

- I. Exportar de ArcGIS Pro los datos de parámetros como bosque estable, deforestación y regeneración.
- II. Organizar los datos en un archivo .txt de tal manera que los parámetros estén perfectamente definidos por años.
- III. Por medio de la plataforma de ArcGIS Online, publicar el archivo txt.

- IV. Crear un nuevo mapa en ArcGIS Online con la representación cartográfica que se desee analizar; en este caso escogimos el archivo ráster del año 2017-2018, el cual brinda una perspectiva actual del estado de cobertura de bosque en el país.
- V. Compartir el mapa y generar una dashboard.
- VI. Realizar la respectiva configuración de las gráficas que se desean representar, por cada parámetro.

*Ilustración 13 Dashboard*



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

### 4.3. Story Maps.

Se desarrolló con el objetivo de integrar las aplicaciones web con texto e imágenes, que permitan contar de una manera detallada, completa y dinámica el análisis realizado.

Para ello se siguió la siguiente metodología:

- I. Hacer públicas las aplicaciones
- II. Establecer la organización de la narrativa, imágenes, mapas y aplicaciones Web.
- III. Crear un Story Maps.
- IV. Realizar la configuración de la aplicación párrafo por párrafo, anexando las imágenes pertinentes y las aplicaciones que se deseen dar a conocer.

Es importante resaltar que este tipo de aplicación se desarrolló con el objetivo de cambiar la forma convencional de presentaciones de trabajos final de máster basados en presentaciones Power Point o Prezi, y dar a conocer una herramienta diferente como es ArcGIS Online.

### Ilustración 14 Story Maps

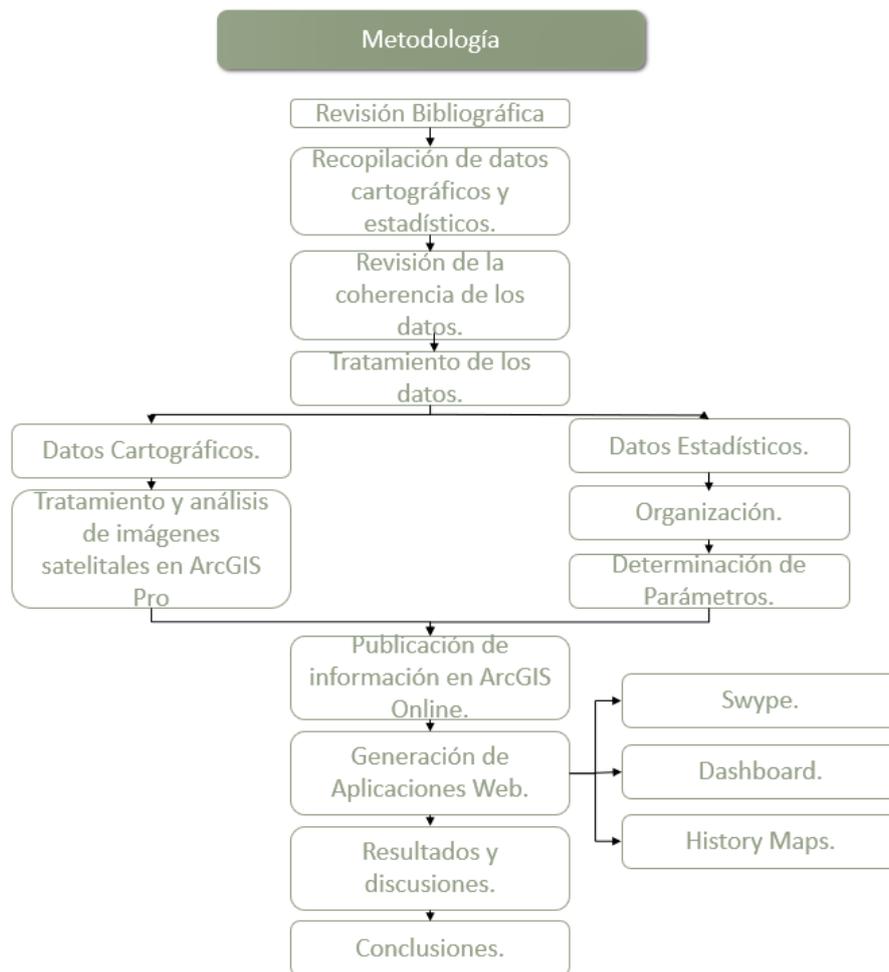


Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Una vez se desarrollaron las aplicaciones se realizó un análisis de la información obtenida comparándola con los acuerdos a los que se comprometió Colombia.

A continuación, se presenta un esquema general y de resumen de la metodología empleada para el presente trabajo fin de Máster.

Ilustración 15 Metodología



Fuente: Propia

## 5. RESULTADOS

### 5.1. RECOPIACIÓN DE DATOS.

Inicialmente se realizó una revisión de las principales problemáticas medioambientales de Colombia, que de acuerdo con el informe realizado por el Gobierno de Colombia se puede evidenciar que el 55% del total de las emisiones corresponde a la categoría AFOLU, donde la problemática más importante es el cambio de cobertura vegetal por la deforestación.

Esta deforestación de acuerdo al Informe del Gobierno de Colombia (Bosques Territorios de Vida, 2017) se debe principalmente a la expansión de la frontera agropecuaria, extracción ilícita de minerales, expansión de la infraestructura, extracción de madera e incendios forestales.

Sin embargo, es importante tener presente que estas causas directas de la deforestación son impulsadas por causas indirectas de variables sociales,

políticas, económicas, tecnológicas y culturales que influyen en la deforestación.

En este sentido, las principales causas indirectas son:

- Tecnológicos y económicos ( mercados, economías ilegales e incentivos estatales, costos de producción, consume)
- Factores políticos (Políticas sectoriales y territoriales, presencia institucional, condiciones sociales, uso y distribución de propiedad sobre la tierra, conflicto armado y posconflicto)
- Factores culturales (Visión de bosque, arraigo, practicas ancestrales y educación)
- Factores demográficos (Crecimiento de la población)
- Factores biofísicos ( Pendiente, clima, suelo, yacimientos, oferta hídrica, presencia de maderas finas, accesibilidad)

A continuación se presenta una imagen que generaliza las principales causas de deforestación:

*Ilustración 16 Principales causas de deforestación*



Fuente: (Bosques Territorios de Vida, 2017)

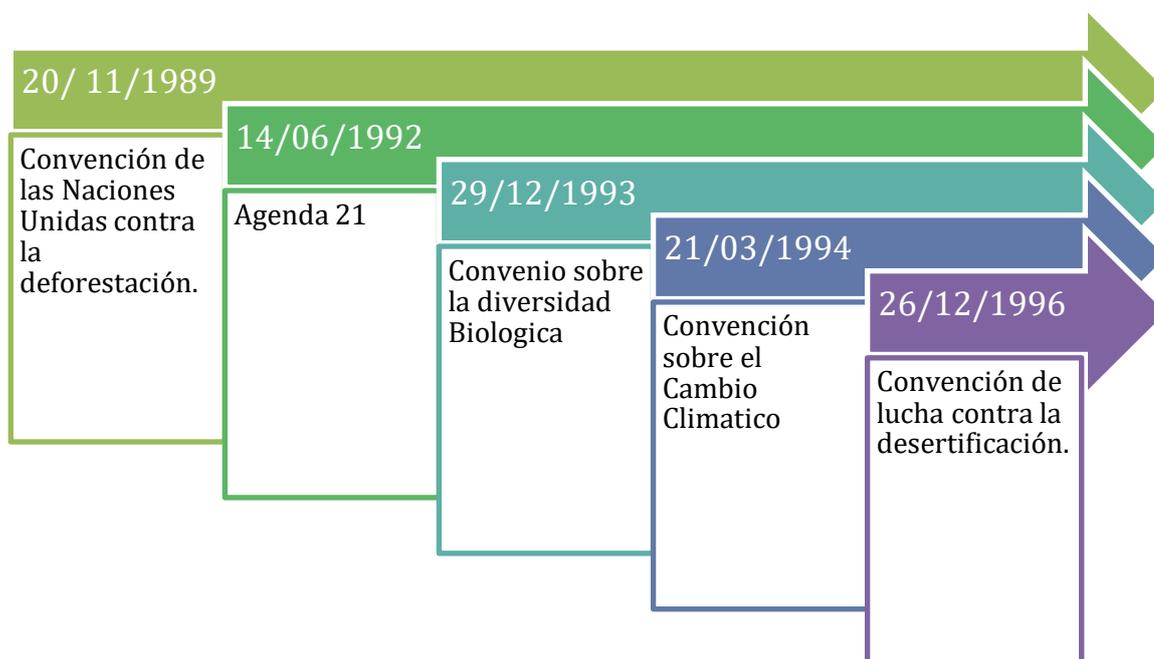
Teniendo en cuenta el anterior análisis se optó por realizar una revisión de los principales acuerdos a los que está suscrito Colombia en relación con la deforestación y el Cambio Climático, donde se obtuvo el siguiente esquema que relaciona el Convenio y su entrada en vigor.

Ilustración 17 Legislación Nacional contra la deforestación



Fuente: (Colombia, 2017)

Ilustración 18 Convenios Internacionales sobre Cobertura Vegetal



(Fuente: Propia)

De acuerdo a la información recopilada existen diferentes instituciones a nivel Nacional encargadas de velar por el cumplimiento de estos diferentes acuerdos que son:

- El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Institutos de investigación como el IDEAM, Instituto Sinchi, Instituto Humboldt
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico
- Invenmar
- Las 34 Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
- La unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales
- La Agencia Nacional de Licencias Ambientales
- La Sociedad Civil

## **5.2. INFORMACIÓN CARTOGRAFICA DESARROLLADA**

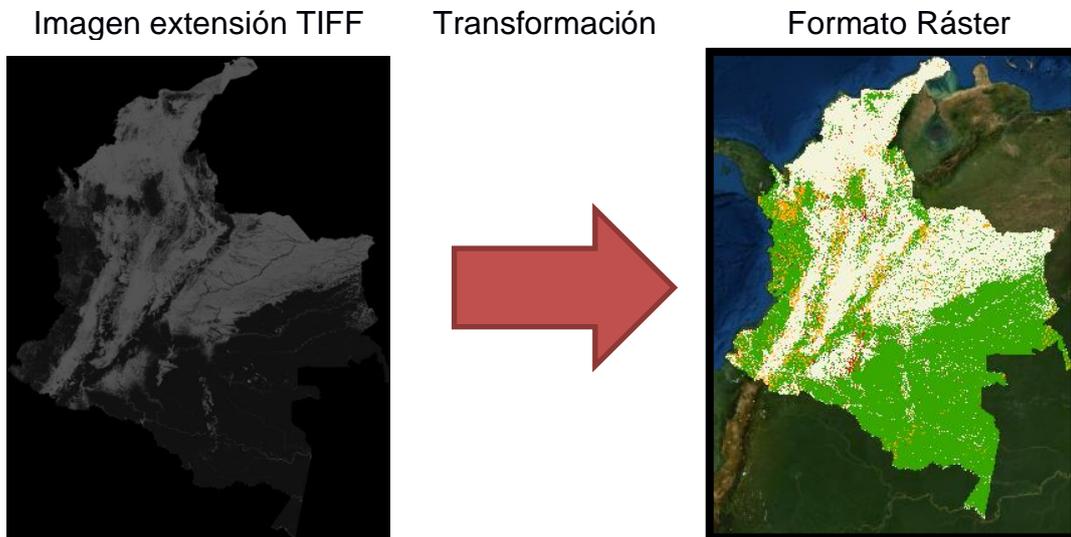
A continuación, se descargó la información geográfica en formato TIF, la cual luego se exportó a formato ráster para poder realizar la extracción y manejo de la información que representa.

Este desarrollo se realizó con la finalidad de poder hacer una clasificación por atributo dentro de la cartografía, donde se pueden identificar las zonas con cobertura vegetal, las zonas deforestadas, las zonas de las cuales no se posee información y las zonas que están en procesos de regeneración.

Este análisis se desarrolló con el fin de realizar una comparación de la información obtenida por información georreferenciada con el Reporte de análisis de tendencia (Instituto de Hidrología, 2011)

Este manejo de información cartográfica se hizo para los 10 periodos de tiempo para los que el Gobierno de Colombia ha obtenido los datos.

*Ilustración 19 Tratamiento de datos Cartográficos*



Fuente Propia (Resultado del presente TFM)

A continuación, se muestra la cartografía resultante de realizar este tratamiento y por lo tanto fue la utilizada para realizar el análisis y diseño de las aplicaciones web.

*Ilustración 20 Resultados del Tratamiento Cartográfico*

Años	Productos Cartográficos
1990-2000	

**2000-2005**



**2005-2010**



**2010-2012**



**2012-2013**



**2013-2014**



**2014-2015**



**2015-2016**



**2016-2017**





*Fuente Propia (Resultado del presente TFM)*

De este tratamiento de información geográfica se obtuvieron los siguientes datos, de Colombia que finalmente se utilizaron para generar las aplicaciones, ya que está en un formato con el que se puede trabajar en la plataforma de ArcGIS Pro y ArcGIS Online,

*Tabla 2 Datos extraídos de la Cartografía.*

	1990-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2012	2012-2013
<b>Bosque estable (ha)</b>	61.474.307	60.232.670	59.039.169	59.704.610	58.815.317
<b>Deforestación (ha)</b>	2.654.456	1.578.012	1.409.868	332.145	120.934
<b>Deforestación anual (ha)</b>	265.446	315.602	281.974	166.073	120.934
<b>Sin información (ha)</b>	3.629.163	3.078.691	3.191.247	2.406.680	3.079.098
<b>Regeneración (ha)</b>	363.109	457.713	386.863	1.202	214,00
<b>No bosque estable (ha)</b>	45.938.451	48.712.400	50.032.340	51.614.851	52.043.925
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
<b>Bosque estable (ha)</b>	58.969.804	59.437.950	59.312.254	58.340.076	59.326.968
<b>Deforestación (ha)</b>	140.356	124.035	178.597	219.973	197.159
<b>Deforestación anual (ha)</b>	140.356	124.035	178.597	219.973	197.159
<b>Sin información (ha)</b>	2.075.056	1.495.051	1.453.108	2.340.895	1.075.017

Regeneración (ha)	107,00	48,00	23,00	255,00	4984,00
No bosque estable (ha)	52.874.164	53.002.403	53.115.504	53.158.289	53.455.358

(Fuente: Propia – Resultado del presente TFM)

Luego se desarrolló un mapa de las regiones de Colombia con el fin de poder tener un análisis de la Región Amazonia que es una de las regiones con mayor cobertura vegetal y mayor importancia por su porcentaje de biodiversidad por hectárea.

*Ilustración 21 Regiones de Colombia*



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Para tener un mayor análisis de la deforestación en Colombia, también se desarrolló la cartografía del país por departamentos como se muestra a continuación.

Ilustración 22 Mapa de departamentos de Colombia



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

### 5.3. DESARROLLO DE APLICACIONES WEB.

#### 5.3.1. SWYPE.

Por medio del Swipe podemos hacer una comparación de las diferentes orto imágenes, las cuales muestran los cambios en el uso del suelo que han ocurrido a través del tiempo.

Es una aplicación netamente visual, y es imposible describir cien por ciento lo que nos muestra, por lo tanto, puede verse su potencialidad a través de la aplicación a través del siguiente enlace <https://grupoiph.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7f7d5607083a4095adb27c788e1c519e>.

En el anterior hipervínculo encontrarán la siguiente escena.

Ilustración 23 Swipe Nacional



Fuente: Propia

Para poder llevar a cabo la función Swipe, se deben comparar solo dos capas, en este caso puntual es la transición del cambio de cobertura entre años, para ello se deben dirigir al botón azul y encender y apagar las capas que se desean comparar.

Luego se activa la función Swipe que es el botón naranja, teniendo en cuenta que la primera capa que se encuentre en el listado de capas en orden ascendente a descendente es la capa a la que se le debe aplicar la función Swipe.

Luego se debe desplazar la barra vertical gris que es la que finalmente permite hacer la comparación entre las capas.

Si comparamos el periodo inicial y el periodo final de estudio (1990-2000 y 2017-2018), podemos observar:



Fuente: Propia

El mapa que se encuentra en el lado derecho hace referencia al año 1990-2000 el cual tiene una coloración más oscura, con respecto al mapa del lado izquierdo que hace referencia al periodo de 2017-2018, el cual tienen una coloración más clara, lo que, sin analizar, simplemente por medio de la observación y leyendo la leyenda del mapa que es el botón verde, nos indica que:

- En el periodo de 1990 a 2000 tenemos menos información sobre el uso del suelo, por eso se ve una coloración más amarilla.
- En el periodo de 1990 a 2000 en la cual observamos una coloración amarilla se debe a que una gran parte pertenece a zonas rojas indicando las zonas deforestadas.
- En el periodo de 2017 a 2018 casi no existen zonas azules por lo tanto no se han establecido medidas de regeneración vegetal, mientras que en el periodo del 1990 a 2000 vemos más zonas de regeneración vegetal.
- Además de esto se puede visualizar que en la región Orinoquia y Amazonia, en las laderas de los ríos se ha incrementado las zonas de deforestación.
- Se puede observar que en el periodo de 2000 a 2005 incrementaron las zonas de regeneración, esto puede deberse por la puesta en marcha del Plan Nacional de desarrollo Forestal del año 2000
- Haciendo una comparación del año 2005 – 2010 se puede observar que las zonas de regeneración se mantienen pero aumentan las zonas de deforestación.

- En el año 2010 al año 2012 vemos que aumentaron las zonas donde no se tenía conocimiento del uso del suelo y aumento considerablemente la deforestación en el país.
- En el periodo del 2013 al 2014 no se ven incremento de zonas deforestadas, pero si se ve un cambio en los departamentos que se ven afectados, es importante resaltar que en esta época no se observa ningún tipo de zonas de regeneración.
- En la transición del año 2015 al año 2016 se evidencia que las zonas del año 2014-2015 que no estaba designado su uso, en un gran porcentaje esta reforestado

Si se realiza un análisis entre los procesos más importantes que se estaban llevando a cabo en Colombia con respecto a las tasas de deforestación se puede identificar que:

- En el periodo de 1990 a 2000 se generaron importantes modificaciones en la constitución colombiana, entre las que se destaca el reconocimiento jurídico de los territorios colectivos a comunidades étnicas y una política ambiental consolidada.
- El crecimiento de la agroindustria en Colombia está directamente relacionado con la deforestación, principalmente asociado al crecimiento del cultivo industrial de la palma de aceite
- Actividades como la extracción de minerales y el cultivo de coca para uso ilícito se convirtieron en importantes dinamizadores del proceso de deforestación durante el último quinquenio ( UNODC 2016)
- Los diálogos de paz tuvieron un importante efecto en la dinámica de los cultivos de uso ilícito. A nivel nacional, el área de estos cultivos aumento un 1% entre 2012 y 2013, un 23% entre 2013 y 2014, y alcanzo un crecimiento del 44% entre 2014 y 2015 (UNODC 2013)
- Durante los diálogos de paz se identificó el aumento sostenido del área sembrada debido en primer lugar a las expectativas de los campesinos y las organizaciones comunitarias en relación con los procesos de interlocución entre el gobierno y los cultivadores de coca, donde algunos actores percibían que tener cultivos de este tipo les daría una mayor oportunidad de dialogar con el gobierno y acceder a ciertos beneficios. (Gobierno de Colombia y FARC 2016).
- En segundo lugar, se relaciona con el mercado, dado el incremento significativo del precio de la hoja de coca en varias regiones del país donde alcanzo un 42%, a esto se suma la reducción del riesgo asociado a la actividad, como consecuencia de la disminución significativa de la

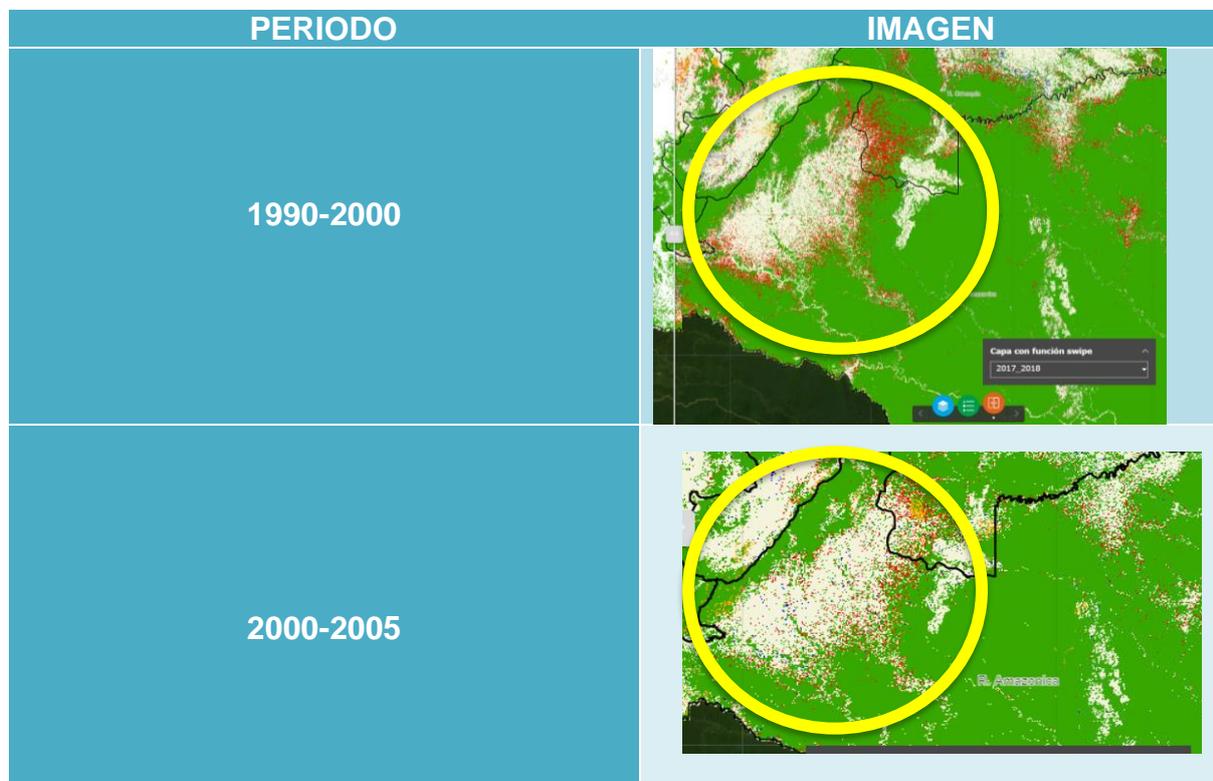
aspersión aérea y la erradicación manual de los campos de coca desde el año 2013 (UNODC 2015)

- Es importante resaltar aquellas situaciones coyunturales que afectaron las actividades lícitas y favorecieron las ilícitas, como la crisis petrolera, la sequía en Antioquia y Sur de Bolívar y una reducción general en las ofertas de desarrollo alternativo en todo el país ( UNODC 2016)
- Otras consecuencias de cumplimiento bilateral del conflicto armado entre las FARC y el gobierno Colombiano, se debe a que el 98% del territorio en el que operaban estas fuerzas armadas fueron abandonadas, pasando de operar en 242 municipios a concentrarse en 20 zonas veredales, en estas zonas desocupadas se comenzaron a llevar procesos de deforestación por la expansión de la infraestructura vial (IDEAM 2014).

Es importante resaltar que durante el periodo de 1990-2015, la praderización se mantiene como el motor más importante de la deforestación a nivel nacional.

Por otro lado se va a realizar un estudio **MULTITEMPORAL** de una zona, en este ejemplo vamos a analizar solo de manera visual el cambio de cobertura boscosa en la Amazonia

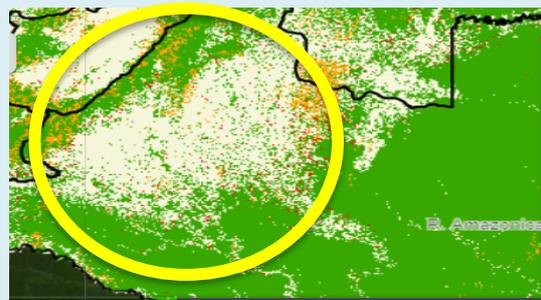
*Ilustración 25 Análisis Multitemporal de la zona Noroeste del Amazonas*



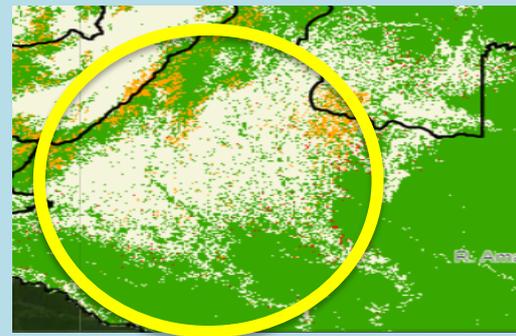
2005-2010



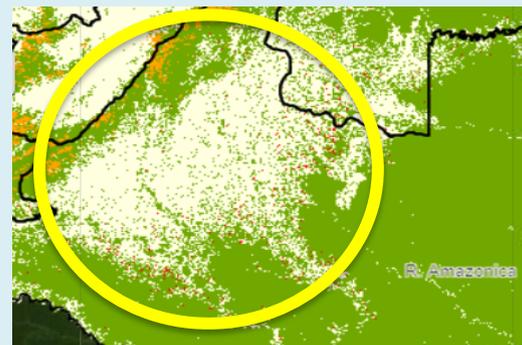
2010-2012

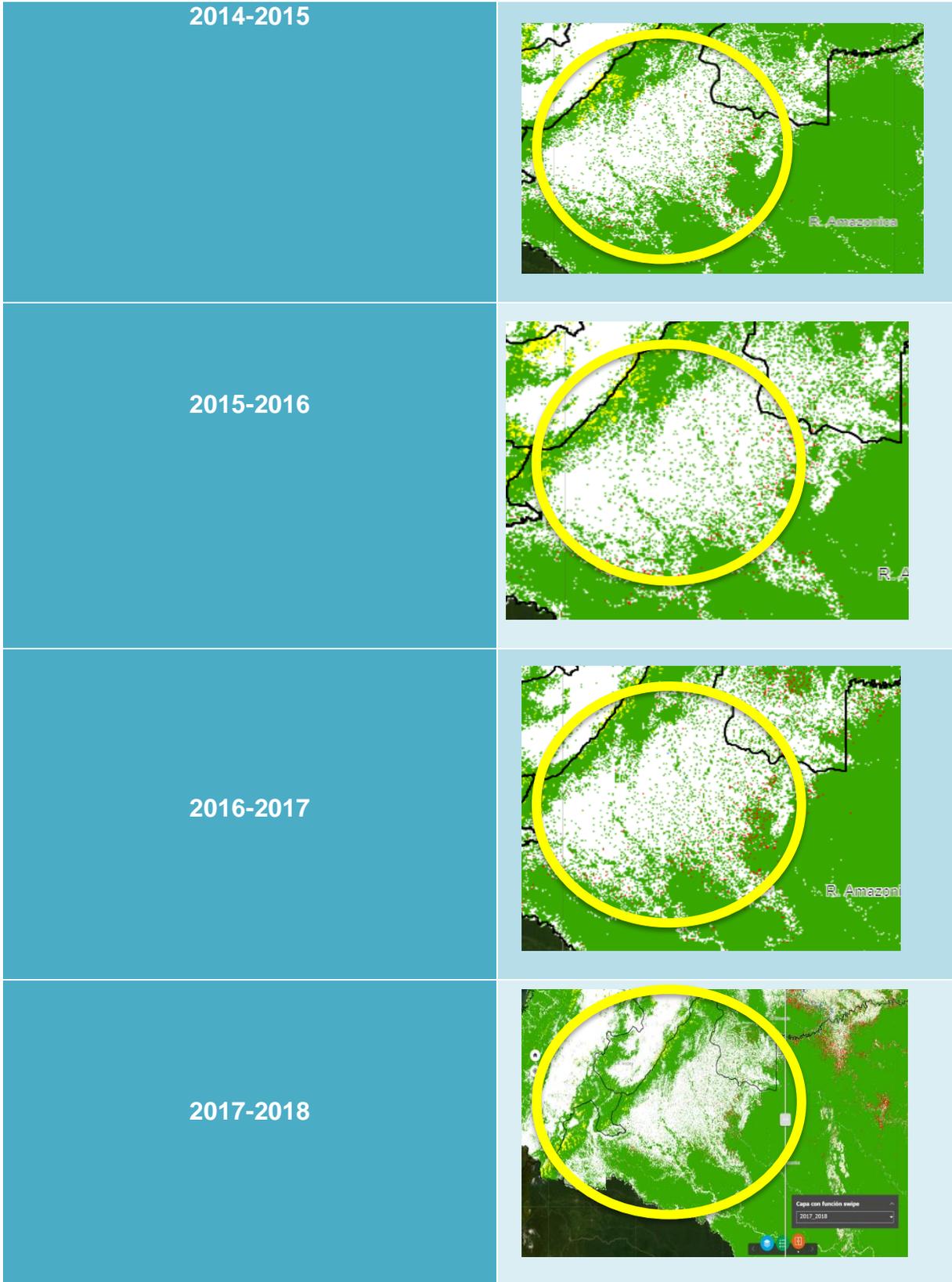


2012-2013



2013-2014





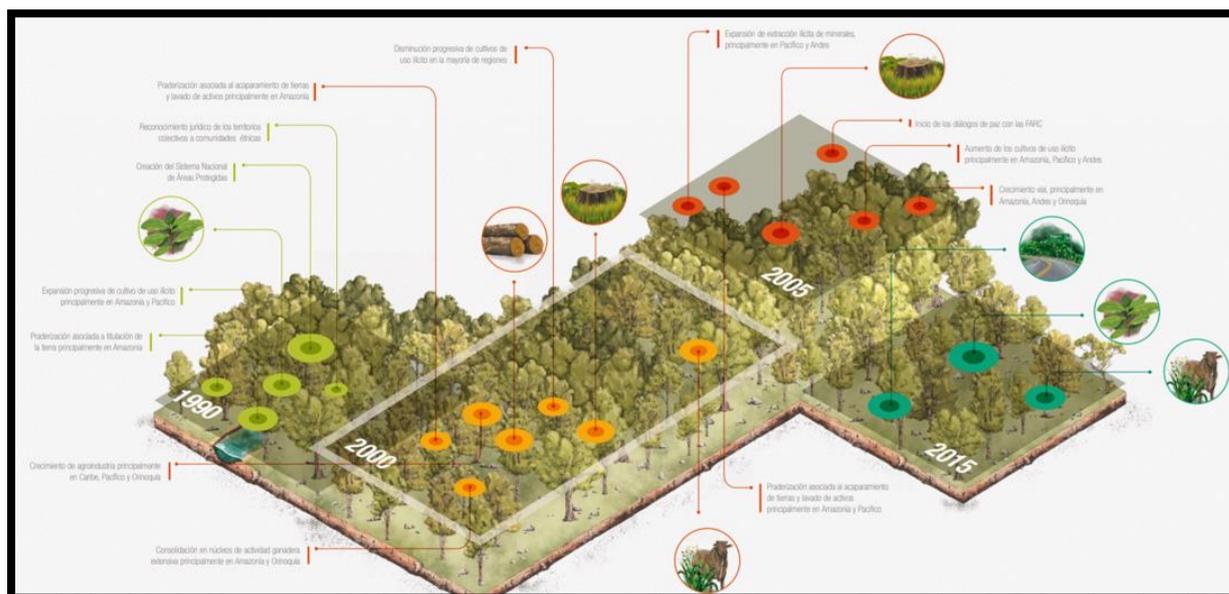
Fuente: Propia (Resultado del Presente TFM)

Podemos observar en el Noroeste de la región Amazonia que:

- En la década de los 90's se caracterizó por la expansión progresiva de los cultivos de uso ilícito, principalmente en la Amazonia (UNODC 2016)
- El fenómeno de praderización se fue incrementando en la región por el incremento en la producción de ganado y a procesos de titulación de la tierra (Grau & Aide 2008: SINCHI)
- Hacia el final de la década del 2000, las mejoras en el monitoreo y control de los cultivos de uso ilícito, junto con otros factores socio económicos propiciaron la caída del área dedicada a la producción de coca en todo el gobierno nacional. (UNODC 2011)
- En el periodo de 1990- 2015 la praderización es el motor más importante de la deforestación de bosques para la conversión de pastizales en la región Amazónica (SINCHI 2014)
- En el periodo de 1900 a 2000 había una gran zona de deforestación en la zona de deforestación en el nor este y en el sur oeste del área de estudio.
- En el periodo de 2000 a 2005 el área deforestada disminuyó en general, pero en la zona este se ven las áreas donde se sigue deforestando.
- En el periodo del 2005 a 2010 se observa cómo se incrementa en el este las áreas de deforestación.
- En el periodo del 2010 al 2012 disminuye notablemente el área de deforestación y comienza a ser área donde no se tiene información específica.
- En el periodo del 2012 al 2013 sigue disminuyendo el área de deforestación.
- Desde el 2014 hasta el 2016 se observa que el comportamiento es constante y no se observan zonas nuevas de deforestación por el contrario se observan algunas zonas azules que indican reforestación.
- En el periodo de 2016 al 2018 se observan un aumento leve en las áreas de deforestación.

Todo esto se puede esquematizar en la siguiente imagen

### Ilustración 26 Resumen Deforestación



Fuente: (IDEAM, Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia , 2020)

#### 5.3.2. DASHBOARD.

Los dashboard permiten presentar información cartográfica asociándola a datos estadísticos. Para el presente trabajo se realizaron dos Dashboard.

- Del análisis nacional multianual de deforestación, donde se presenta los datos de deforestación, los datos de regeneración, cobertura de bosque y porcentaje de cobertura de Bosques en Colombia.
- Del análisis multianual de la región amazonas donde se representan las hectáreas de cobertura de bosque, las hectáreas de regeneración, las hectáreas y causas de la deforestación.

##### 5.3.2.1. *Dashboards nacional multianual de la deforestación en Colombia.*

La siguiente imagen representa el resultado de hacer la aplicación, en la parte central vemos la imagen ráster de Colombia del año 2017 -2018 y en los laterales vemos el tratamiento de la información.

Ilustración 27 Análisis multianual del cambio de cobertura vegetal en Colombia



Fuente: Propia (Resultados del presente TFM)

Los datos estadísticos fueron extraídos directamente de las imágenes ráster que descargados del Catálogo de mapas del sistema de información ambiental de Colombia y se compararon los resultados con el Reporte de Bosque Natural en Colombia y el reporte de Análisis de tendencias y patrones especiales de deforestación en Colombia

Para la extracción de la información se utilizó la plataforma de ArcGIS Pro y para el tratamiento de los datos y la esquematización de estos se utilizó la herramienta de ArcGIS Online.

Los datos utilizados fueron los siguientes:

Tabla 3 Datos de la Dashboard Nacional

	1990-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2012	2012-2013
Bosque estable (ha)	61.474.307	60.232.670	59.039.169	59.704.610	58.815.317
Deforestación (ha)	2.654.456	1.578.012	1.409.868	332.145	120.934
Deforestación anual (ha)	265.446	315.602	281.974	166.073	120.934
Sin información (ha)	3.629.163	3.078.691	3.191.247	2.406.680	3.079.098
Regeneración (ha)	363.109	457.713	386.863	1.202	214,00
No bosque estable (ha)	45.938.451	48.712.400	50.032.340	51.614.851	52.043.925
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Bosque estable (ha)	58.969.804	59.437.950	59.312.254	58.340.076	59.326.968

Deforestación (ha)	140.356	124.035	178.597	219.973	197.159
Deforestación anual (ha)	140.356	124.035	178.597	219.973	197.159
Sin información (ha)	2.075.056	1.495.051	1.453.108	2.340.895	1.075.017
Regeneración (ha)	107,00	48,00	23,00	255,00	4984,00
No bosque estable (ha)	52.874.164	53.002.403	53.115.504	53.158.289	53.455.358

Fuente: Propia (Resultados del presente TFM)

Podemos observar con respecto a la tasa de deforestación que:

- La mayor tasa de deforestación ocurrió en el periodo de 1990 a 2000, pero paralelamente ocurrían procesos de regeneración.
- Luego del 2000 al 2005 hubo una considerable reducción de la deforestación, pero aproximadamente 1/3 de lo deforestado se regeneró.
- Del 2005 al 2013 hubo una considerable reducción de las hectáreas de deforestación, pero se reforestó aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de lo deforestado, esto se debe a que en el año 2002 comenzó a aplicarse la Política de Bosques.
- Del 2014 al 2016 han permanecido constantes las hectáreas de deforestación en Colombia y la tasa de regeneración ha sido aproximadamente igual a la deforestada.
- En el periodo del 2017 al 2018 hubo un leve incremento en la tasa de deforestación y 1/5 se regenera debido a los procesos de post conflicto que acontecieron en el país.

*Ilustración 28 Tasa de Deforestación - Hectareas Vs Años.*



Fuente: Propia (Resultados del presente TFM)

Con respecto a la tasa de Regeneración Nacional podemos identificar que:

- La mayor tasa de regeneración ocurrió entre los periodos de 1990-2000, 2005-2010, 2010 y 2012, este comportamiento puede explicarse por los diferentes marcos normativos que se estaban generando en Colombia como lo son:
  - El compromiso internacional de la Convención de las Naciones Unidas contra la Deforestación
  - El compromiso internacional de la Agenda 21
  - El convenio sobre la diversidad Biológica
  - La ley de gestión y conservación del Medio Ambiente y Recursos Naturales
  - El compromiso internacional de la convención sobre el cambio climático
  - La convención de lucha contra la desertificación.
  - Política de Bosques
  - Plan Nacional de desarrollo Forestal
  - Política Nacional para la gestión integral de bienes y servicios ecosistémicos.

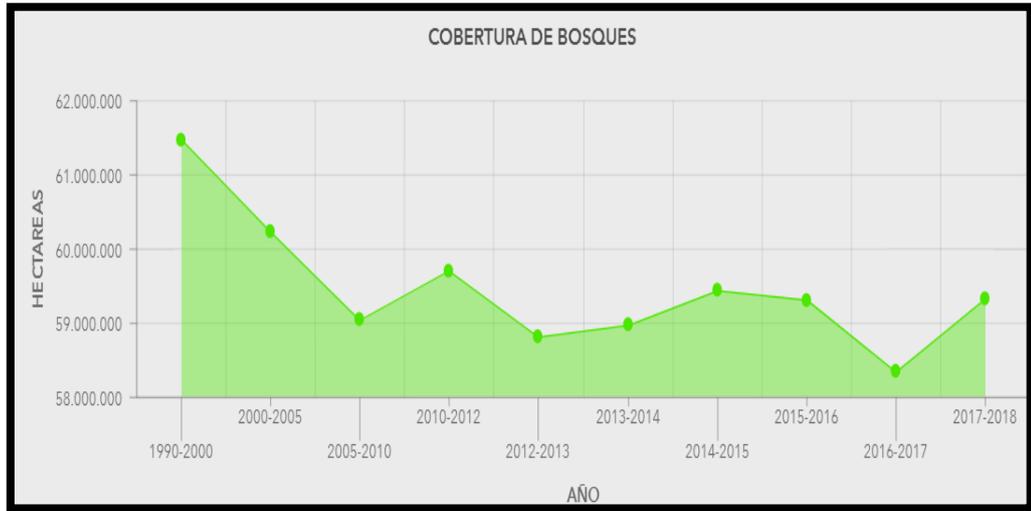
*Ilustración 29 Tasa de Regeneración Nacional - Hectareas Vs Años.*



Fuente: Propia (Resultados del presente TFM)

Con respecto a la cobertura de bosque, esta ha disminuido considerablemente en las épocas de 1990 a 2010, en el 2012 al 2013 y del 2015 al 2016, mientras se ha incrementado en los periodos de 2010 a 2012, 2013 al 2015 y del 2017 al 2018.

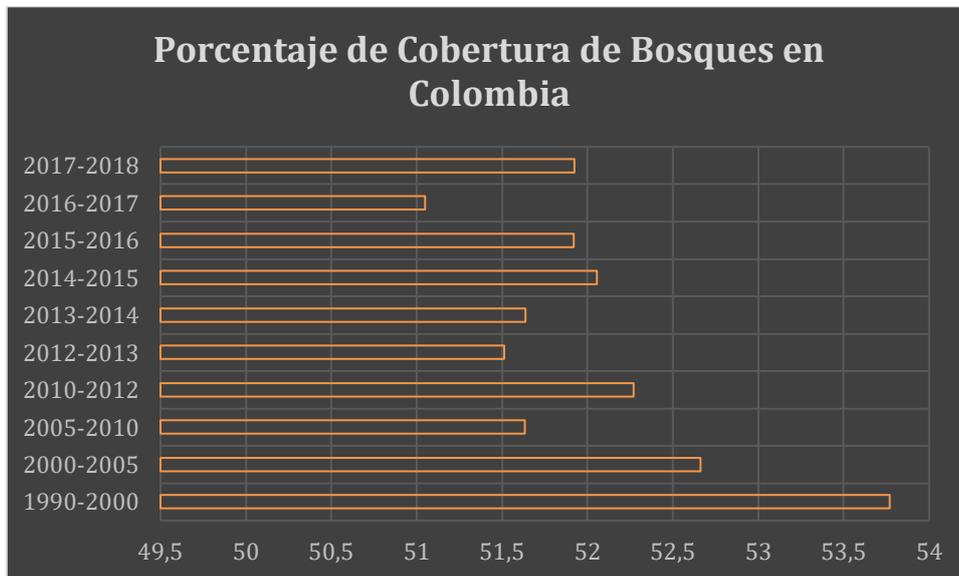
Ilustración 30 Cobertura de Bosques - Hectareas Vs Años.



Fuente: Propia (Resultados del presente TFM)

A continuación, se presenta una gráfica que representa el porcentaje de cobertura boscosa.

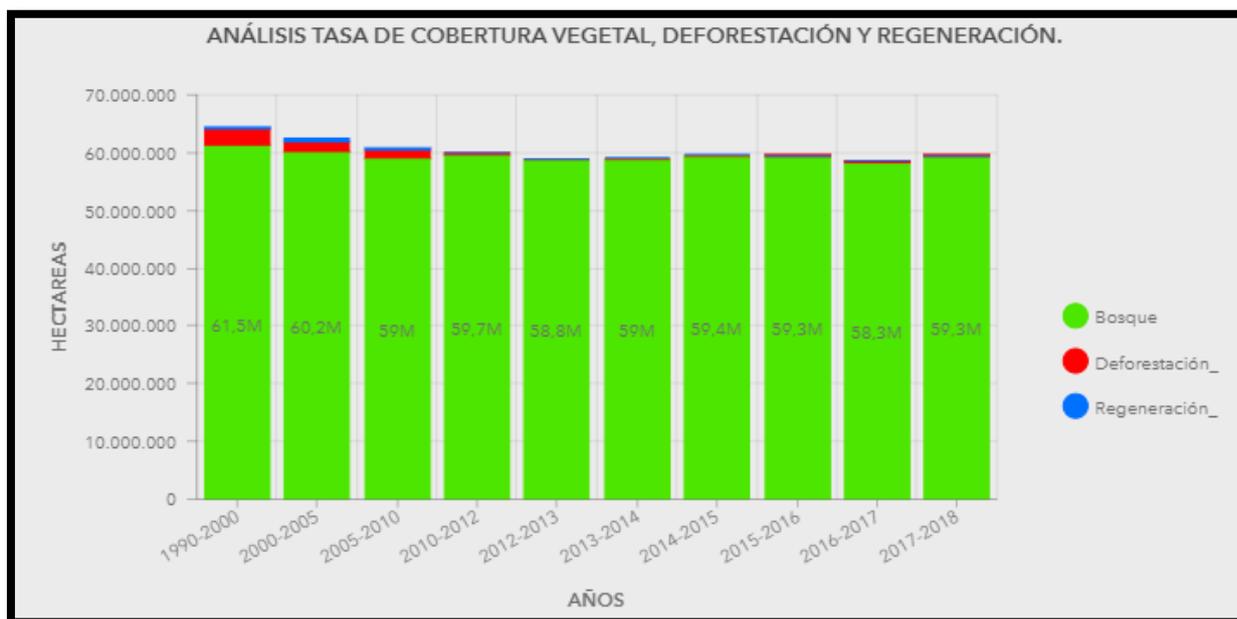
Ilustración 31 Porcentaje de deforestación en Colombia – Años Vs porcentaje de cobertura boscosa



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

También se hizo un análisis de las hectáreas de cobertura vegetal, las hectáreas de regeneración y las hectáreas de deforestación como se muestran a continuación.

Ilustración 32 Análisis de la tasa de Cobertura vegetal, deforestación y Regeneración a nivel Nacional - Hectareas Vs Años.



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

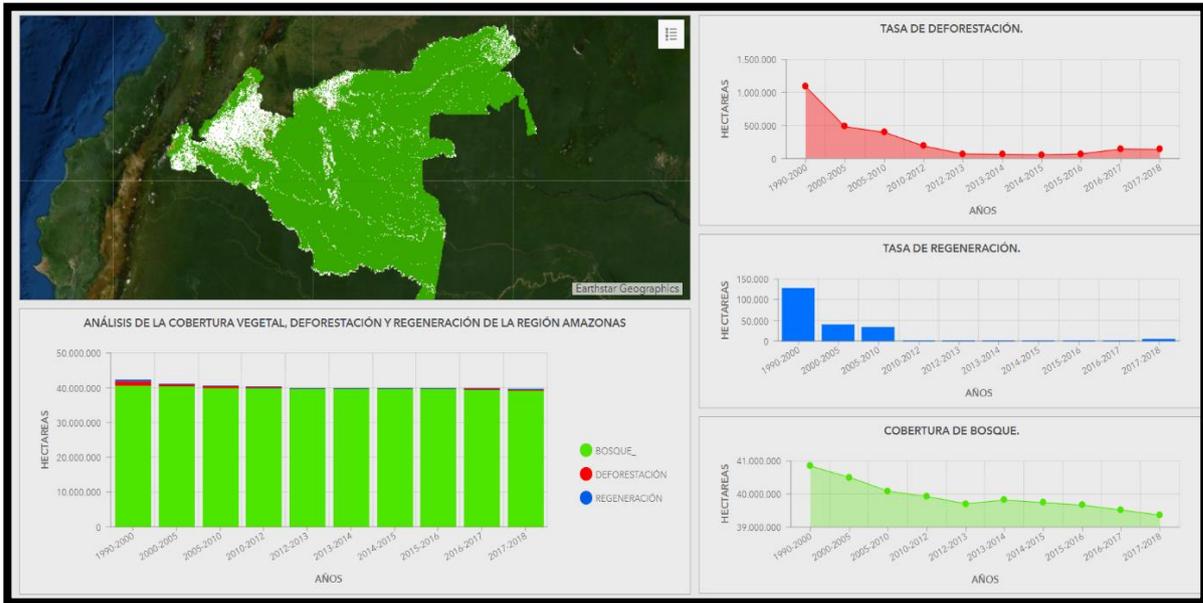
Se puede evidenciar que las mayores tasas de deforestación ocurrieron antes de que entrará en vigor la normatividad legal , también se puede evidenciar que si bien ocurre dentro del territorio procesos de regeneración, estos no son altamente significativos con respecto a la tasa de deforestación que se presenta en el país.

Puede verse su potencialidad a través de la siguiente aplicación: <https://arcg.is/1GDLCj>

### 5.3.2.2. Dashboard de la región Amazonia de deforestación.

Se realizo para esta Dashboard el mismo tratamiento de la información que la dasboard Nacional, en la siguiente imagen se representa el resultado de hacer la aplicación para la región del Amazonas,

Ilustración 33 Dashboard de la Región Amazonia



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Con respecto a la tasa de deforestación se puede observar que el comportamiento es muy similar al observado en el análisis a nivel nacional, donde se puede evidenciar que en el momento que comenzó en rigor las modificaciones normativas surgió una considerable reducción de la deforestación, pero luego en la época del post conflicto incremento la tasa de deforestación como se menciona en epígrafes anteriores.

Ilustración 34 Tasa de deforestación en la Amazonia - Hectareas Vs Años.

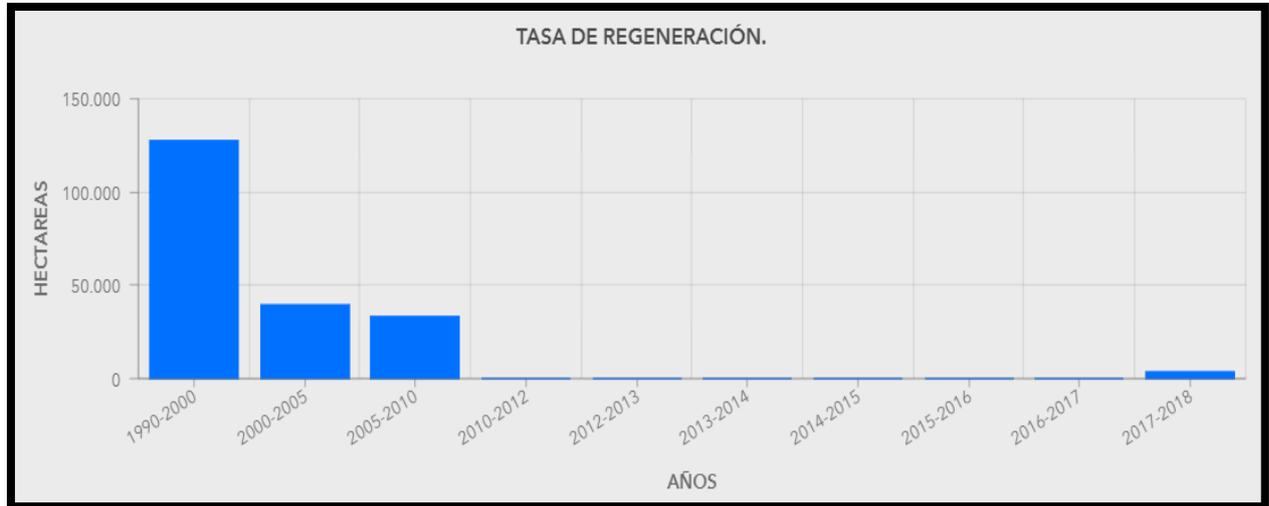


Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Con respecto a la tasa de regeneración ocurre un abrupta disminución de la tasa de generación entre el periodo de 1990-2000 con respecto al periodo de 2000-2005,

luego del año 2010 se reduce considerablemente, esto puede estar directamente relacionado a que en este periodo no se generaron dinámicas de deforestación y en la época del postconflicto como ocurrieron varios procesos de deforestación las medidas correctoras implementadas por el Gobierno de Colombia fue el incremento en las tasas de regeneración de la cobertura vegetal.

*Ilustración 35 Tasa de Regeneración en la Región Amazonia. - Hectareas Vs Años.*



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Con respecto a la cobertura vegetal se evidencia notablemente la disminución de la cobertura vegetal, lo que indica que la medida correctora al incremento de la tasa de deforestación establecida por el Gobierno de Colombia, realmente no alcanzó a mitigar este impacto.

*Ilustración 36 Cobertura de Bosque en la Amazonia - Hectareas Vs Años.*



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

Se hizo además un análisis de las tres variables mencionadas anteriormente donde se puede identificar que exceptuando el periodo de 1990-2005 en el resto de años la tasa de deforestación y regeneración es considerablemente equiparable.

Ilustración 37 Análisis de la cobertura vegetal, deforestación y regeneración. - Hectareas Vs Años.



Fuente: Propia (Resultado del presente TFM)

En la siguiente imagen se puede identificar que la región de la amazonia aporta el 58,4% de la deforestación a nivel nacional, además de esto la tenencia de la tierra es uno de los factores más relevantes ya que aproximadamente 1 persona decide por un promedio de 417 hectáreas.

Además de esto como se menciona en epígrafes anteriores las mayores tasas de deforestación ocurren por la ampliación de infraestructura vial que específicamente en el Amazonas es de un 75% y un 25% cerca a un río principal .

Ilustración 38 Análisis de la deforestación en la Amazonia 2017.



FUENTE: (Colombia, 2017)

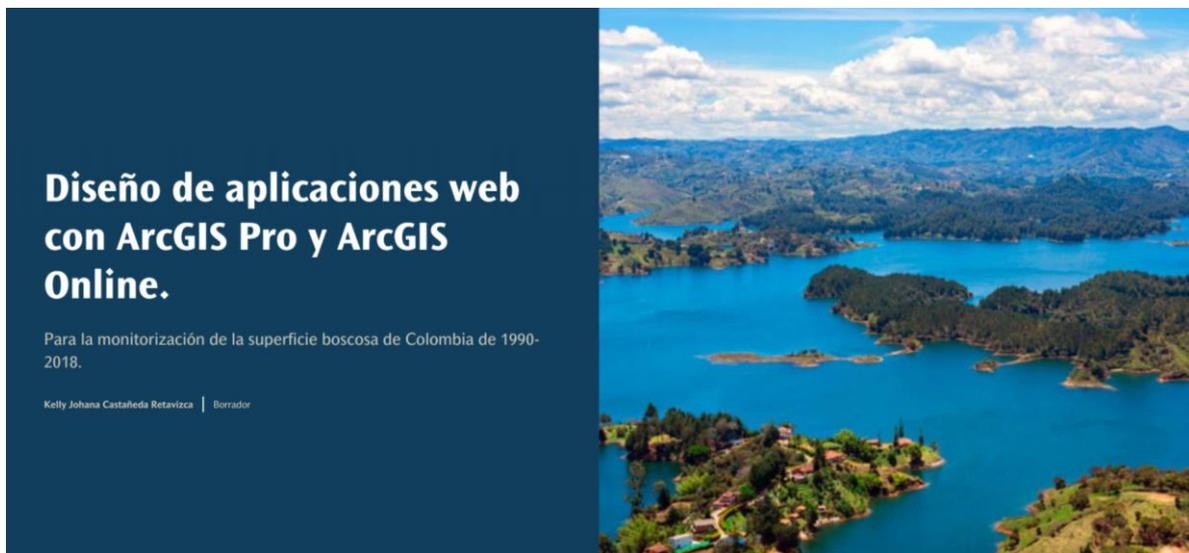
Puede verse su potencialidad a través de la siguiente aplicación:  
<https://arcg.is/0aLXH9>

## 5.4. STORY MAPS.

El Story Maps se desarrolló con el objetivo de integrar las aplicaciones web con texto e imágenes, que permiten contar de manera detallada, completa y dinámica el trabajo realizado para el presente TFM,

Esta aplicación no se puede describir ya que es el resumen de todo el trabajo realizado, por lo tanto los invito a acceder al siguiente link <https://storymaps.arcgis.com/stories/a7a9c10d7ee940a4abd3eb40f9ea1f2f>, donde se verá una interfaz como la siguiente.

*Ilustración 39 Interfaz Story Maps*



FUENTE: (Colombia, 2017)

## 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

- El presente trabajo fin de Máster de modalidad profesional, denominado **“Diseño de aplicaciones web con ArcGIS, para la monitorización de la superficie boscosa de Colombia de 1990 a 2018”**, surgió como resultado de realizar mi práctica profesional en una empresa de Ingeniería minera, donde mi trayectoria académica y profesional los llevo a tomar la decisión de desarrollar un proyecto nuevo, un proyecto piloto el cual estuvo a mi cargo.

Este proyecto piloto se basó en realizar una aplicación web donde se almacena, analiza y visualiza, la información geográfica de la industria minera de Huelva en una interfaz donde el cliente puede ver la información concerniente a su producción analizando datos estadísticos como datos geográficos.

La importancia para la empresa de realizar este proyecto radico en que una vez se desarrollará, la empresa tomaría la decisión de adquirir o no el software para darle valor añadido a sus productos, o abrir una nueva línea comercial.

Como resultado final a la empresa le gusto la Aplicación, lo vio muy útil para comercializar sus productos y abrió una nueva línea de negocio, por lo cual aposto por comprar el software y después de realizar tanto mis practicas curriculares como mis practicas extracurriculares hago parte de esta empresa.

- La principal problemática de la deforestación en Colombia se debe a la agricultura, la ganadería, los cultivos ilícitos y la minería.
- Los factores que impulsan la deforestación es el crecimiento demográfico, el crecimiento de zonas de urbanización y el crecimiento económico.
- En el año 2002 hubo una reducción del 59 % de la deforestación debido a la Política de Bosques (Bosques Territorios de Vida, 2017), el cual tuvo como objetivo generar una vocación forestal en Colombia por medio de Certificados de Incentivo Forestal que son utilizados para la reducción del pago de impuestos.
- En el año 2017 ocurrieron dos eventos importantes que están directamente relacionados, en primera instancia ese año comenzaron a ejecutarse los acuerdos de Paz y hubo un incremento en la tasa de deforestación eso es debido a:

- El desplazamiento de grupos armados provocó un cambio en la tenencia de la tierra, por lo que los campesinos que volvieron a apropiarse de sus terrenos deforestaron una gran área de su predio para hacer cercas que delimitaran su zona.

Las guerrillas tenían acuerdos con las comunidades que evitaban la deforestación para estar siempre resguardados, por lo que en el momento en que entraron en vigor los acuerdos de paz, estas zonas fueron deforestadas para aumentar las zonas de ganadería extensiva.

- Los departamentos de Colombia que tienen un mayor índice de deforestación son Caquetá, Choco, Meta, Antioquia, Norte de Santander, Guaviare y Putumayo.
- El crecimiento agroindustrial en Colombia y su relación con la deforestación se debe principalmente al crecimiento del cultivo industrial de palma de aceite.
- Se evidencia que tanto el cambio normativo nacional e internacional, como el post conflicto influyeron directamente en el comportamiento de la superficie boscosa en Colombia

Se generaron 3 aplicaciones web que permiten visualizar el tratamiento de la información, por medio de la plataforma de Arc GIS Online y Arc GIS Pro.

- Inicialmente se generó un Swipe que permite comparar imágenes en una escala Multitemporal, donde se observa principalmente a nivel Nacional los cambios en el uso de suelo, en temáticas como la Deforestación, la regeneración y la cobertura vegetal.
- Se generó una Dashboard con el análisis de la Región Amazonia, debido a su gran importancia por ser una de las zonas que más alberga biodiversidad en el país.
- Se generó un History Maps con la finalidad de presentar de manera conjunta el análisis realizado de los datos con sus respectivas aplicaciones.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- (USAID, P. d. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.
- ArcGIS. (02 de 12 de 2019). *ArcGIS Operations Dashboard*. Obtenido de <https://doc.arcgis.com/es/operations-dashboard/help/what-is-a-dashboard.htm>
- ArcGIS. (02 de 12 de 2019). *ArcGIS Web AppBuilder for ArcGIS*. Obtenido de <https://doc.arcgis.com/es/web-appbuilder/create-apps/widget-swipe.htm>
- ArcGIS, L. (02 de 12 de 2019). *Introducción a Story Maps*. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/projects/get-started-with-story-maps/>
- Bosques Territorios de Vida. (2017). *Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques*. Bogotá.
- Colombia. (2017). *Gestión de los Bosques en Colombia*. Bogotá.
- Colombia, G. d. (2017). *Resultado Monitoreo de la Deforestación 2017*. Bogotá.
- Colombia, M. d. (Mayo de 2020). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas>
- España, G. d. (08 de 03 de 2020). *Ministerio de asuntos exteriores, unión europea y cooperación*. Obtenido de <http://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinadelasNacionesUnidas/es/quees2/Paginas/Convenios%20y%20otras%20Organizaciones%20Internacionales/UNFCCC.aspx>
- ESRI. (24 de 11 de 2019). *ESRI, España*. Obtenido de <https://www.esri.es/producto/arcgis-online/>
- ESRI, España*. (24 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.esri.es/producto/arcgis-pro/>
- Gobierno de Colombia. (2018). *Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC*. Bogotá.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (2014). *Compromisos internacionales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/compromisos-internacionales>
- IDEAM. (2014). *Reporte de Alertas tempranas de Deforestación para Colombia. Primer semestre del 2014*.
- IDEAM. (2020). *Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>
- Instituto de Hidrología, M. y. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Bogotá.
- México, G. d. (08 de 03 de 2020). *Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/convencion-de-lucha-contra-la-desertificacion-uncd>
- Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2019). *Ficha de país - Colombia*.
- Santos Preciado, J. M. (2004). *Sistemas de información geográfica, Unidad didáctica*. Madrid.

- SINCHI. (2014). *Informe final de análisis de motores, agentes y causas subyacentes de la deforestación para el área del "Proyecto de implementación temprana REDD en la Amazonia Colombiana"* .
- UNDOC, G. d. (2014). *Colombia: Monitoreo de Cultivos de coca 2013. Censo de Cultivos de Coca*. Bogotá.
- Unidas, O. d. (1992). *Declaración de la Ró sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* . Rio de Janeiro .
- Unidos, D. d. (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.
- UNODC, G. d. (2011). *Colombia: Monitoreo de Cultivo de Coca 2010*. Obtenido de <https://docs.google.com/open?id=0B4vxibYhfCLPTXkzV3N3QnpPMU0>. <https://www.unodc.org/>
- UNODC, G. d. (2012). *Colombia: Monitoreo de Cultivos de Coca 2011*. Obtenido de <https://docs.google.com/open?id=0B4vxibYhfCLPTXkzV3N3QnpPMU0>. <http://www.unodc.org/>
- UNODC, G. d. (2016). *Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de la percepción remota*.
- WWF. (24 de 11 de 2019). *World Wildlife Fund*. Obtenido de <https://www.wwf.org.co/?221935/Colombia-se-enfrenta-a-grandes-retos-para-no-seguir-perdiendo-su-biodiversidad>