

**Universidad de Costa Rica**  
**Facultad de Ciencias Sociales**  
**Escuela de Geografía**

*Evaluación espacio-temporal del cambio global, del año 1973 hasta el año 2017, en el Departamento Sur de Haití.*

**Tesis de Graduación para optar por la Licenciatura en  
Geografía**

**Postulante:**

**Bach. Marco Antonio Martínez Martínez**  
**B13932**

**Año 2017**



## Resumen

La República de Haití, y más puntualmente, el Departamento Sur, expone en su territorio una serie de problemáticas ambientales que han sido desencadenadas por la nula planificación territorial, derivado, en parte, por el inestable sistema político que tal país presenta. Por su parte, la Isla La Española, ha sufrido fuertes embates por parte de eventos hidrometeorológicos y sísmicos, los cuales han producido notables daños, tanto que, han calado enérgicamente en la sociedad haitiana y del Departamento Sur, y que, a su vez, imprime efectos negativos en el ambiente y en la dinámica socio-económica.

El objetivo central de este proyecto se enfocó en analizar el cambio global y sus componentes para cuantificar los cambios, su interrelación y su posible determinación causa-efecto para evaluar la hipótesis si el cambio de uso afecta a un cambio climático y su contribución a aumentar la vulnerabilidad global de la población. Por lo tanto, el concepto de cambio global hace alusión a un conjunto de factores físicos y sociales cambiantes en espacio, tiempo y escala, y que las interacciones entre sí dinamizan y dificultan la predicción de una evolución del espacio.

Esta investigación fue desarrollada mediante la utilización de aplicaciones en Teledetección y SIGs, con el fin de evaluar la dinámica del cambio de uso de la tierra desde el año 1973 hasta el 2017 con imágenes satelitales. Además, mediado por la necesidad de relacionar variables climáticas (temperatura y precipitación) y socio-económicas (PIB, IDH, y población) con el uso de la tierra, se corrieron fórmulas estadísticas que permitieran establecer una correlación de cuáles factores intervienen en el cambio de uso de la tierra. A cada una de tales variables, se les calculó la tasa de cambio, el cual fue el dato con el que se trabajó en las fórmulas estadísticas. Entonces, los usos de suelo que han predominado el territorio del Departamento Sur durante los últimos 44 años han sido: suelo urbano, cultivos, algunos parches de bosques, matorrales, suelo desnudo y cuerpos de agua.

Sin embargo, la dinámica de los usos, desde el año 1973 hasta la fecha, han sido la siguiente: el uso urbano ha presentado un crecimiento sostenido, con algunos retrocesos areales mediados por huracanes y el terremoto del 2010; el uso cultivo ha sido fluctuante, con algunos altibajos en su comportamiento espacial; el bosque ha expuesto cambios más

significativos, respecto a los demás usos, puesto que a partir del año 1973 presentaba un crecimiento en sus parches, pero luego, ostentó un par de altibajos que concluyeron en una fuerte disminución de la cobertura forestal, tras una serie de eventos hidrometeorológicos y socio-económicos; el uso matorral ha mostrado una dinámica sin cambios notables, hacia una tendencia de leve crecimiento; y el suelo desnudo ha sido también un tanto fluctuante, con posibles respuestas por la disminución de parches forestales.

Según los datos arrojados de los análisis estadísticos, existe una correlación alta entre el suelo urbano y matorral, PIB y población, en el tanto que, conforme aumentan tales variables, aumenta el suelo urbano; así mismo, cuando disminuye el bosque, aumenta el suelo desnudo; y, por último, cuando aumenta la población, aumenta el uso de matorral.

Por otro lado, se determinó estadísticamente, aquellas variables que influyen notablemente en el cambio de uso de la tierra (se tomaron en cuenta sólo las tasas de cambio de cada variable), entonces: en el cambio de uso del cultivo, es altamente significativa la tasa de cambio de la precipitación; para el cambio del matorral, el de mayor significancia fue la tasa de cambio de población, y luego, la tasa de cambio de la temperatura y del IDH; y para el suelo desnudo, influye la tasa de cambio de población. Para los demás usos (urbano, cuerpos de agua y bosque) no hay ninguna variable que explique estadísticamente su cambio espacio-temporal.

Es posible concluir que, la suma de aplicaciones en teledetección y SIGs, más análisis matemático-estadísticos, ayudan a comprender de una mejor manera, la dinámica de cambio del uso de la tierra y que logran puntualizar de forma espacial, aquellas zonas que han manifestado aumentos o disminución de una cobertura determinada, o bien, la direccionalidad de cambio.

Por otra parte, lograr cuantificar la dinámica del cambio de uso, es de gran importancia para crear mecanismos de ordenanza del territorio, con base en zonificaciones de áreas críticas que correspondan a una alta degradación ambiental o a un manejo sin planificación del suelo, y que luego logren fundamentar la toma de decisiones de líderes políticos y comunales.

## Contenido

Índice de imágenes.....	VII
Índice de mapas.....	VII
Índice de figuras.....	VII
Índice de gráficos.....	VIII
Índice de cuadros.....	VIII
Índice de tablas.....	VIII
1. Capítulo primero: Marco introductorio .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Antecedentes .....	3
1.4. Justificación.....	7
1.5. Objetivos .....	8
1.5.1. General.....	8
1.5.2. Específicos .....	8
1.6. Marco Conceptual .....	8
1.6.1. Cambio global.....	9
1.6.2. Interpretación cuantitativa de datos captados por sensores remotos .....	11
1.6.3. Degradación ambiental .....	14
1.6.4. Uso de la tierra .....	15
1.6.5. Vulnerabilidad socioeconómica.....	16
2. Capítulo segundo: Marco Metodológico .....	18
2.1. Selección de imágenes satelitales .....	18
2.2. Preprocesamiento y correcciones de las imágenes .....	19
2.3. Clasificación No supervisada .....	21
2.4. Trabajo de campo.....	21
2.5. Clasificación supervisada del uso de la tierra .....	24
2.6. Cuantificación temporal de los cambios de uso de la tierra.....	25
2.7. Elaboración de raster de direccionalidad del cambio espacial de uso de la tierra	26

2.8. Relación de cambios de uso de la tierra con datos climáticos, de población y socio-económicos.....	27
3. Capítulo tercero: Contexto del área de estudio .....	31
3.1. Caracterización del área de estudio .....	31
3.2. Antecedentes político-económicos y medioambientales de Haití.....	35
3.2.1. Antecedentes políticos-económicos.....	35
3.2.2. Antecedentes medioambientales .....	38
4. Capítulo cuarto: Análisis y correlación de variables del Cambio Global en el Departamento Sur .....	43
4.1. Cobertura de uso de la tierra y cambio espacio-temporal.....	44
4.1.1. Variaciones temporales del uso de la tierra. ....	50
4.1.2. Variaciones espaciales del uso de la tierra .....	53
4.2. Análisis de las variables climáticas y socio-económicas.....	60
4.3. Correlación multivariable de los factores climáticos, socio-económicos y el uso de la tierra	65
5. Conclusiones .....	68
6. Recomendaciones .....	71
7. Bibliografía citada .....	73
8. Anexos .....	86

## Índice de imágenes

Imagen 1. Factores implicados en los procesos globales. Fuente: Chuvieco, 1992. ....	11
Imagen 2. Formas de teledetección: (i) reflexión; (ii) emisión; (emisión-reflexión). Fuente: Chuvieco, 2002.....	12
Imagen 3. Componentes de un sistema de teledetección. Fuente Chuvieco, 2002.....	13
Imagen 4. Imágenes satelitales Landsat 8 de la región sur de Haití, tomadas en el 2016. “LC80100472016357LGN00” imagen izquierda, “LC80090472016334LGN00” imagen derecha. Fuente: Landviewer, 2017.....	19

## Índice de mapas

Mapa 1. Clasificación no supervisada de la Península sur de Haití, con siete clases. Fuente: Datos propios, 2017. Imagen 2. Formas de teledetección: (i) reflexión; (ii) emisión; (emisión-reflexión). Fuente: Chuvieco, 2002. ....	22
Mapa 2. Sitos de visita para el trabajo de campo. Elaboración propia, 2017.....	23
Mapa 3. Zona de ubicación del proyecto enmarcado en amarillo en un contexto regional (cuadro inferior). Elaboración propia, 2017.....	34

## Índice de figuras

Figura 1. Flujo metodológico del proyecto. Elaboración propia, 2017. Mapa 2. Sitos de visita para el trabajo de campo. Elaboración propia, 2017.....	30
Figura 2. Uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, a partir de los años de 1973 al 2017. Fuente: Elaboración propia, 2017.....	48
Figura 3. Gráficos de las áreas y tasas de cambio por uso de la tierra por año Elaboración propia, 2017.....	51
Figura 4. Comportamiento espacial de la cobertura de bosque en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.....	54

Figura 5. Comportamiento espacial de la cobertura de matorral en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.....	55
Figura 6. . Comportamiento espacial de la cobertura de cultivo en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.....	56
Figura 7. Cambios espaciales totales del uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.....	57
Figura 8. Direccionalidad de cambio de uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, entre el año 1973 al año 2017. Elaboración propia, 2017.....	58
Figura 9. Correlaciones significativas de toda la matriz de datos basado bajo el Método Spearman. Fuente: Datos propios. 2017.....	65

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Promedio areal de los usos de la tierra, entre los años 1973 al 2017, Departamento Sur de Haití. Elaboración propia, 2017.....	50
Gráfico 2. Precipitación acumulada anual (barras en azul) y temperatura promedio anual en el Departamento Sur de Haití, 1973-2014. Fuente: NOAA, 2017.....	60
Gráfico 3. Población total del Departamento Sur de Haití, 1973-2016. Fuente: IHSI, 2017.....	62
Gráfico 4. Índice de Desarrollo Humano de Haití, 1980-2014. Fuente: UNDP, s/f.....	63
Gráfico 5. Producto Interno Bruto de Haití, 1990-2016. Fuente: CEPAL, 2017.....	64

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Descripciones de imágenes satelitales Landsat 8 de la región sur de Haití. Fuente: Landviewer, 2017.....	19
Cuadro 2. Servidores y enlaces web para descargar las variables. Fuente: Elaboración propia, 2017.....	27

Cuadro 3. Recuento histórico de los mayores eventos hidrometeorológicos, sísmicos y políticos que han sido determinantes en la gobernanza de Haití, 1973-2017. Fuente: EcuRed, 2015; Haiti-Référence, 2016; FLACSO, s/f.....	41
Cuadro 4. Temporalidad y características de las imágenes satelitales utilizadas para el Departamento Sur, Haití. Fuente: Landsat Program, NASA-USGS. 2017.....	45
Cuadro 5. Descripción de los usos de suelo en el Departamento Sur, Haití. Fuente: Datos propios, 2017.....	45

### Índice de tablas

Tabla 1. Regresión significativa de variables seleccionadas entre todas las combinaciones posibles. Fuente: Datos propios, 2017.....	66
Tabla 2. Cambios areales de los usos de la tierra entre los años 1973-2017. Elaboración propia, 2017.....	69

# **1. Capítulo primero: Marco introductorio**

## **1.1. Introducción**

El país antillano, Haití, cuenta con una serie de amplios desafíos en todo contexto de desarrollo, y uno de los más evidentes es la degradación ambiental, que conlleva a una cadena de causa-efecto que agrava más la situación socioeconómica de este país caribeño. La ubicación geográfica de la isla La Española, la formación geológica y la situación histórico-política de Haití, aumentan la vulnerabilidad social y el grado de amenazas físicas y ambientales, que traen consigo huracanes, sismos y terremotos, aunado a la falta de toma de decisiones en el gabinete de Gobierno ante los vastos desafíos (PNUD, 2013).

El sistema gubernamental de este país ha favorecido en los últimos seis siglos a la disminución de forma considerable de la cubierta forestal en Haití, puesto que, en el siglo XV, el 85% del territorio haitiano estaba cubierto de bosques. Para la época actual, la cubierta forestal comprende entre el 2 y el 4% del territorio (PNUD, 2013), y esta dinámica responde a un comportamiento colectivo de sobre utilizar el recurso maderero para extraer carbón para cocinar y otras actividades diarias. Del mismo modo, no se debe dejar de lado el aumento poblacional que Haití presenta, alcanzando para el año 2015 unos 10 711 067 habitantes (Banco Mundial, 2017) en tan sólo 27 750 km<sup>2</sup>.

Tal como se observa, hay una gama de factores que invitan a pensar si existe una interrelación que derive efectos en el cambio climático a escala local, tomando como referencia espacial el Departamento Sur de Haití. El objetivo central de este proyecto se enfoca en analizar el cambio global y sus componentes para cuantificar los cambios, su interrelación y su posible determinación causa-efecto. Se pretende evaluar la hipótesis si el cambio de uso afecta al cambio climático y su contribución a aumentar la vulnerabilidad de la población. Por tanto, cambio global hace alusión a un conjunto de factores físicos y sociales cambiantes en el espacio, el tiempo y la escala, y que las interacciones entre sí dinamizan y dificultan la predicción de una evolución del espacio.

Por ello, es que converge el concepto de cambio global con la incógnita de si existe una relación entre el cambio de uso de la tierra, aumento poblacional, el comportamiento de las precipitaciones y temperatura, y cambios socioeconómicos desde el decenio de 1970 hasta

la actualidad, y poder cuantificar y establecer espacialmente donde confluyen dichos cambios en el Departamento del Sur en Haití.

## **1.2. Problema**

En la actualidad, a escala global, se vienen observando numerosos factores socioambientales que convergen sobre el territorio, los cuales aceleran y alteran los cambios de uso de la tierra, aprovechados por el ser humano. Es decir, a nivel mundial, regional y local existen diversos factores que influyen en el cambio del uso de la tierra, como los ambientales, poblacionales, económicos y socioculturales, que en su conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental y pérdida de la diversidad biológica (Bocco, 2001). Conjuntamente, decisiones políticas y el sistema económico imperante, apresuran aún más los cambios de uso de la tierra.

Como lo describe González y Manero (2013) muchas regiones eran boscosas, y hoy en día son sabanas, por lo que predominan las asociaciones de vegetación herbácea tropical densa; ahora, los bosques de las montañas de Haití ocupan áreas pequeñas en las penínsulas del Noroeste y del Sudoeste. Es decir, uno de los problemas que se agravan en Haití, y en la región Sur de la península haitiana, es la fuerte deforestación de los pocos remanentes de bosques, árboles y arbustos dispersos en los campos, debido a la alta demanda de leña y madera por el aumento de población, lo que agrava aún más los efectos de la erosión y acceso al agua potable. Dichas áreas se convierten en campos de agricultura y pastos para ganadería cuyo manejo es rudimentario, así como el aumento de la frontera urbana.

Adicionalmente, se puede adjuntar los efectos recurrentes que han provocado algunos eventos propios de la dinámica terrestre en este país y, por ende, en la península sur de Haití, los cuales han sido: el terremoto de magnitud 7 en escala Richter producido el 12 de enero del 2010, en donde más de 220.000 personas perdieron la vida y cerca de 300.000 personas resultaron heridas (OMS, 2011). Por otro lado, perturbaciones atmosféricas en forma de huracanes y tormentas tropicales que devastaron zonas de Haití, como: el Huracán Dennis en 2005, la tormenta tropical Noel en 2007, y el Huracán Matthew en 2016. Haití es el país con el mayor número de fallecidos y víctimas por evento, en términos relativos y absolutos, en la región latinoamericana y del Caribe (CEPAL, 2009).

De forma más puntal, la problemática en la zona de estudio se acentúa después del terremoto de enero 2010, sumando los daños causados con anterioridad, se centra en la accesibilidad de la población a los servicios sociales básicos: educación, salud, agua y saneamiento. El acceso a dichos servicios está por debajo de la media nacional, son los menores de América Latina y en cuarto lugar a nivel mundial, con un ingreso promedio anual en los hogares de EUR 248 (UNDP, 2015) y un índice de desarrollo humano de 0.48 (lugar 163 de 188 países) (WATERCLIMA LAC, 2017). Esto pone de manifiesto una extrema vulnerabilidad socioeconómica ante un sistema político inestable que pudiera hacerle frente a dichos problemas socioambientales y económicos.

Por su parte, las zonas costeras de Haití albergan más del 27% de la población total, asentándose, principalmente, en la desembocadura de los principales ríos y regiones litorales, las cuales se han construido de manera desordenada, sin plan de protección contra inundaciones, además la acumulación de desechos impide la escorrentía de las aguas de lluvia, contribuyendo así al riesgo de inundaciones, estando, por lo tanto, la zona de estudio inmersa en esta problemática (WATERCLIMA LAC, 2016). Ante lo anterior, surge la pregunta para investigar: ¿existe una relación directa entre los cambios de uso de la tierra, cambios en los niveles poblacionales, cambios en los regímenes de temperatura y lluvia y los cambios socioeconómicos en un lapso de cuarenta años, y si inciden éstos puntualmente en el cambio climático en el Departamento Sur de Haití?

### **1.3. Antecedentes**

El cambio global es un tema que ha acaparado la atención de diversos científicos con enfoques y perspectivas múltiples. A su vez, sobresalen trabajos que ahondan en temas que se relacionan con el cambio global y la gama de causas que lo forman. Además, los buenos aprovechamientos de las emergentes tecnologías para fundamentar dichos estudios son numerosos, estableciendo vínculos desde la Geomática hasta el Manejo de Recursos Naturales, la Agronomía y las Ingenierías Forestal e Hídrica, entre otros campos científicos.

La comunidad científica ha determinado la necesidad de vincular el tratamiento de imágenes satelitales con el concepto de cambio global. Por ende, con varios de sus componentes, como lo son los cambios de uso de la tierra, aumento poblacional y degradaciones ambientales causados por estos efectos.

Los autores Alonso-Sarría *et al.* (2010) defienden una metodología bajo el tema *Análisis temporal de los cambios de usos del suelo en la cuenca del Segura mediante teledetección. Implicaciones sobre la degradación*, en donde trabajan con una serie de imágenes satelitales Landsat entre el período 1977-2007 en la Cuenca del Segura, España. Los autores elaboraron una clasificación supervisada mejorada con otra no supervisada, usando las bandas espectrales 4 (MSS) o 6 (TM, ETM) y dos variables texturales estimadas mediante la función semivariograma del albedo e índices NDVI. Con lo cual, confeccionaron una colección multitemporal de coberturas de la tierra en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS) desde 1976 hasta 2007 y un análisis posterior de la evolución de los usos de la tierra (Alonso-Sarría *et al.*, 2010).

Así mismo, varias tesis de grado se han enfocado en analizar cambios de uso de la tierra en tiempo y espacio, Un ejemplo es Andrés Felipe Rodríguez en el 2011, con su proyecto *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta*, en Colombia. El autor determinó, cuantificó y visualizó las coberturas y usos de la tierra para mapear el cambio ocurrido en un lapso de 17 años, donde trató imágenes Landsat de los años 1986 y 2003. El programa base para trabajar y clasificar las imágenes fue ENVI, con el módulo ENVI ZOOM, detectando tres usos principales: bosques, bosques de galería y palma africana, y en los tres obtuvo cambios espacio-temporales significativos.

Por otro lado, Ramírez-Sánchez *et al.*, en el año 2012 exponen en su investigación *Evaluación espacio-temporal de vegetación y uso de la tierra de la cuenca río Caliente en Jalisco, México*, otra aplicación de imágenes satelitales Landsat TM de 1990 y Landsat ETM de 1999. Allí identificaron y cuantificaron la variación espacial de los tipos de vegetación y uso de la tierra en la Cuenca Río Caliente del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera de 1990 a 1999. Seguido, realizaron una clasificación supervisada y generaron mapas de cambio entre las mencionadas fechas de estudio. Con este análisis encontraron que los cambios pueden atribuirse a diversas causas como: incendios, apertura de caminos, sobreexplotación de recursos, expansión ganadera, extracción de madera y quema intencional (Ramírez-Sánchez; *et al.*, 2012).

Los investigadores Ruiz *et al.* en el 2013 hacen lo propio con el proyecto *Análisis multitemporal del cambio de uso de la tierra, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011*. Enfocado a la conservación forestal, los autores determinaron realizar un análisis multitemporal para evaluar el cambio de uso de la tierra y determinar el estado de fragmentación del paisaje. Ellos trabajaron con tres imágenes Landsat TM, con fechas de toma en 1993, 2000 y 2001. La fragmentación la realizaron con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje. Así, obtuvieron que los cambios de uso de la tierra están determinados por la degradación antropogénica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería, en donde el crecimiento poblacional y los monocultivos han ayudado a fragmentar el bosque y transformar dichas áreas en cultivos agrícolas (Ruiz *et al.*, 2013).

Otra investigación enmarcada en la temática y enfoque del estudio en cuestión es *Clasificación multitemporal de usos del suelo en la Cuenca del Río Vinalopó (Comunidad Valenciana) mediante diferentes algoritmos de clasificación supervisada y variables auxiliares*, desarrollada por Gomariz-Castillo, *et al.* en el año de 2014 y expuesta en el XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica en Alicante, España. En esta investigación, los autores propusieron caracterizar de forma espacio-temporal, los usos de la tierra en la cuenca del Vinalopó. Por ende, usaron imágenes Landsat TM en el período 2000-2010, donde incluyeron imágenes de varias estaciones en un mismo año, información topográfica de la zona, datos propios de las imágenes (índice de reflectancia y NDVI). Así mismo, según los autores, se evaluaron diferentes métodos de clasificación. Un método paramétrico: Máxima Verosimilitud (ML); dos no paramétricos: Random Forest (RF) y Máquinas de Vectores Soporte (SVM) con kernel radial; y el método paramétrico contextual Sequential Maximum a Posteriori (SMAP). Los parámetros de RF y SVM se optimizan mediante validación cruzada y minimización del error de clasificación. Como medida de bondad en la clasificación se ha utilizado la índice kappa, estimado mediante intervalos de confianza (Gomariz-Castillo; *et al.*, 2014).

Sumadas a las anteriores investigaciones, Osuna-Osuna *et al.* (2015) desarrollaron un proyecto para evaluar el impacto de las actividades antropogénicas en la cuenca del río Tecolutla (Veracruz, México) en un periodo de 16 años. Para ello, obtuvieron imágenes Landsat de los años 1994 y 2010, distinguiéndose nueve usos y coberturas de la tierra: selva, bosques, agrícola, agua, vegetación perturbada, asentamientos urbanos, pastizales,

cultivos de cítricos y matorrales. Según los investigadores del proyecto, se validaron los mapas temáticos, obteniéndose exactitudes globales mayores a 92%, y coeficientes de Kappa de 0.89 y 0.91 para las clasificaciones de 1994 y 2010, respectivamente (Osuna-Osuna; et al, 2015). Finalmente, encontraron que un incremento de las actividades humanas, específicamente las de uso urbano y la agricultura, presentando porcentajes de cambio de 28% y 67% en un lapso de 16 años, respectivamente.

Además, González *et al.* presentan un artículo en el 2016 titulado *Dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso de la tierra en una cuenca hídrica*, donde explican que utilizaron una combinación de herramientas de percepción remota, sistemas de información geográfica y técnicas de análisis de dinámica de cambio, trabajando con tasa de cambio, procesos de transición, índice de permanencia y escenarios tendenciales de los cambios de cobertura y uso de la tierra de la cuenca del río Mololoa en Nayarit, México. Dichos investigadores, mencionan que los resultados y su análisis sugieren que la dinámica espacio temporal de la cobertura y uso de la tierra en la cuenca puede definirse en cuatro procesos: degradación antrópica/deforestación, revegetación, conversión y permanencia, con tasa de cambio anual (TCA) de -1.4 % para rasgos naturales y 0.9 % para rasgos antrópicos; disminución de 4162 ha de vegetación secundaria; porcentaje de permanencia arriba de 90 para las diferentes coberturas, excepto vegetación secundaria (56 %) (González; et al, 2016).

Ahora, tomando en cuenta estudios que se han realizado justo en la región sur de Haití, sitio de análisis de este proyecto, sobresale la investigación de Birkel y Benegas en el año 2016, bajo el título *Comportamiento hidrológico en cuencas marino-costeras ante el cambio climático y de uso de la tierra: Información clave para su gestión sostenible*. Dicho estudio se realizó como parte del proyecto WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras, desarrollado con apoyo de la Cooperación Europea. En el mismo se indican las metodologías clave para el análisis de un cambio ambiental; combinación de un análisis de la hidrología básica, la erosión y la modelación de escenarios de cambio ambiental; además se dan unas recomendaciones para la gestión de cuencas costeras ante la escasez de datos hidroclimáticos (WaterClima-LAC, 2017). Este proyecto contiene información base para estructurar el proyecto de investigación que se desarrolla por el presente autor.

Tal como se observa, en el nuevo siglo se han planteado varios proyectos que buscan ligar la tecnología espacial, aplicaciones en Sistemas de información Geográfica y dinámicas socioambientales, para poder encontrar la relación directa de los cambios de uso de la tierra y cambio global con las distintas variables físicas, económicas, políticas y sociales. Existe una gama de metodologías que ayudan a cumplir con la investigación, pero cada una de ellas tiene el contexto propio de la zona de estudio y de las capacidades de capital económico para poder desarrollar el proyecto. Por tanto, este proyecto cuenta con una base bibliográfica vasta y concisa sobre el análisis de cambio global y cambios de uso de la tierra. No obstante, los escasos de datos propios en La República de Haití, retan a modificar metodologías propuestas por otros autores y moldearla según la realidad de la zona, justificando, por ende, la necesidad de fundamentar un plan que ayude a cambiar una gestión del territorio del sur de Haití.

#### **1.4. Justificación**

Haití se caracteriza por una vulnerabilidad socioeconómica y ambiental extrema, que se ve exacerbada por los frecuentes efectos de los huracanes y los terremotos. Parte de las razones de esa alta vulnerabilidad es la degradación del medio ambiente en las últimas décadas (WaterClima-LAC, 2017).

Principalmente la deforestación contribuye a aumentar la pérdida de suelo, cambiando los regímenes hidrológicos desde el punto de vista permanente a los ríos intermitentes y el aumento del transporte de los sedimentos. Sin embargo, el cambio de uso de la tierra no se ha cuantificado previamente en esta zona para analizar la dinámica de cambio de uso y su injerencia dentro del contenido de cambio global

Por lo tanto, este proyecto analizará el cambio de uso de la tierra en el sur de Haití utilizando imágenes satelitales desde el decenio de 1970 y se calculará la respectiva tasa de cambio del uso de la tierra, además, se detectarán espacialmente los cambios de uso. Además, se conjugarán variables como el crecimiento demográfico y datos climáticos disponibles para la zona. Por tanto, se relacionarán dichos cambios expresados en el territorio con los indicadores climáticos para probar la hipótesis si el cambio de uso de la tierra promueve y amplifica un cambio climático mundial.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. General**

- Analizar el cambio global, sus factores, la interrelación y la posible determinación causa-efecto según la cuantificación de cambios, para evaluar la hipótesis si el cambio de uso afecta un posible cambio climático contribuyendo a aumentar la vulnerabilidad global de la población, entre los años de 1973 al 2017 en el Departamento Sur, Haití.

### **1.5.2. Específicos**

- i. Elaborar una clasificación supervisada del uso de la tierra de las imágenes satelitales del Departamento Sur de Haití y cuantificar de manera espacio-temporal los cambios de usos desde el decenio de 1970 hasta el año 2017.
- ii. Analizar datos poblacionales, socio-económicos, de precipitación y temperatura desde el decenio de 1970 hasta el año 2017, y elaborar una tasa de cambio para cada variable Departamento Sur de Haití.
- iii. Desarrollar un análisis multivariado que integre las tasas de cambio de uso de: la tierra, población, precipitación y temperatura, como a su vez los cambios socioeconómicos, para cuantificar patrones espacio-temporales e indicar donde y cuando se presentan cambios globales Departamento Sur de Haití desde el decenio de 1970 hasta el año 2017.

## **1.6. Marco Conceptual**

El cambio de uso de la tierra es una dinámica propia de un territorio que está influenciado por factores naturales o ambientales, tal como inundaciones, incendios forestales, terremotos y huracanes; así como por presiones antropogénicas que alteran el uso de la tierra, en donde el crecimiento demográfico y su paralela necesidad de utilización del suelo para actividades agropecuarias lo demandan. Claro está que, políticas de Estado coadyuvan a esta dinámica de uso de la tierra, a aumentar la frontera agrícola y ganadera,

o bien a la conservación de zonas forestales. Ello trae consigo considerables daños en el ambiente y, por ende, en la constitución socioeconómica en el sur de Haití.

La utilización de programas de Sistemas de Información Geográficas (SIGs) para el análisis de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra es una tecnología que ha traído muchos beneficios para aquellos tomadores de decisiones que les corresponden el cuidado y gestión del uso de la tierra como un bien colectivo. Por lo cual, se puede de manera muy precisa, cuantificar el aumento o disminución de un uso determinado, además de señalar puntualmente donde es que existen los cambios de uso en dicha tierra. Tal y como lo define Serra et al (2001) citando a Mertens y Lambin (1997) la Teledetección nos permite la localización de los cambios desde una perspectiva histórica, gracias a su resolución temporal, pudiéndose hacer el seguimiento de fenómenos dinámicos como la deforestación, entre otros.

El uso de dichas herramientas, aunado a mediciones físicas del espacio, permiten una mejor argumentación y explicación de los fenómenos que convergen en el uso de la tierra. Por ende, es necesario poner sobre la mesa algunas definiciones que forman parte de esta dinámica territorial, así como las aplicaciones que podemos obtener de un SIG, y que evidentemente, en el sur de Haití han de presentarse y serán de gran utilidad todas estas aplicaciones tecnológicas.

### **1.6.1. Cambio global**

A escala global, se han observado y registrado alteraciones socio-ambientales que tienen puntualmente expresiones en el Planeta Tierra. Aumentos perceptibles de la temperatura promedio, así como alteraciones en los regímenes de precipitación y el consecuente deshielo en las zonas polares favorecen el aumento de los niveles de los mares, lo cual a su vez afecta directamente a las poblaciones situadas en las regiones costeras. De acuerdo con el BID (2014) las islas del Caribe (incluyendo a Haití) en función de sus tamaños territoriales pequeños, se vuelven más susceptibles y se verán seriamente afectadas por el continuo aumento del nivel del mar, así como por los cambios en los patrones de lluvia, temperaturas y por la creciente magnitud de los eventos hidrometeorológicos.

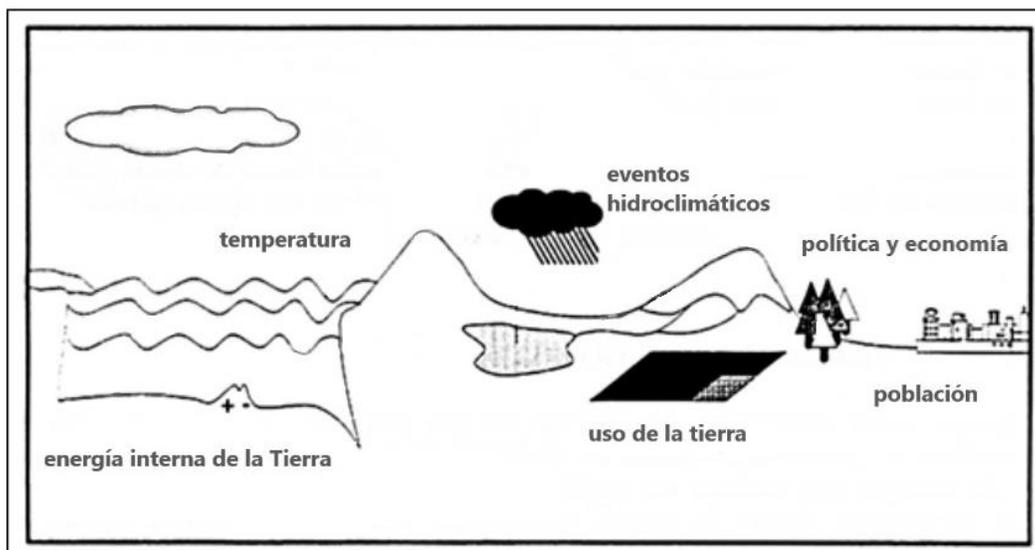
En la misma línea, el aumento poblacional a escala mundial ha crecido de forma exponencial. Según datos de la ONU, para el 2014 la población mundial alcanzó unos 7.200

millones de personas, proyectándose para el año de 2050 se alcance casi los 10.000 millones de habitantes en la Tierra. Todo este crecimiento poblacional ejerce presión sobre el territorio, dado que demanda más tierras para cultivarlas, criar su ganado, instalar actividades de aprovechamiento de los recursos y desarrollar asentamientos humanos. Respecto a lo anterior, Zamora *et al.* (2014) fundamenta que la agricultura produjo un cambio radical en la historia de la humanidad al favorecer el aumento de la población y el establecimiento en territorios donde no habría sido posible sobrevivir, lo que condujo a la concentración de los seres humanos en poblados más o menos fijos. En otras palabras, el crecimiento de la población ha ido acompañado de un rápido incremento en el consumo per cápita de recursos tales como territorio, agua y energía (Duarte *et al.* 2006).

Del mismo modo, los cambios de usos de la tierra se ha intensificado en la últimas décadas, tal como lo asegura Falcón (2014) acordando con Mas *et al.* (2009) y Rosete *et al.* (2009), gracias al incremento poblacional, así como la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades de supervivencia de la población y las formas y mecanismos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, políticas y económicas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre los ecosistemas. Equihua-Zamora *et al.* (2015) apuntan que, desde los inicios de la civilización humana, el aumento de la incipiente producción agrícola impulsó la tala de los bosques y la transformación de la cubierta vegetal. En la misma línea, Duarte *et al.* (2006) acota que el consumo de territorio ha supuesto una conversión de ecosistemas sin perturbar, que la humanidad ha usado y usa como recolectores, a ecosistemas domesticados como pastizales o campos de cultivo, o ecosistemas totalmente antropizados como zonas urbanas.

Como se observa, son diversos los factores que inciden en un cambio global, los cuales tienen repercusiones en el territorio. En otras palabras, el término cambio global define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra (***Imagen 1***). Se incluyen en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema Tierra (Duarte *et al.* 2006). Lo importante de recalcar es que, el ser humano es el principal autor del cambio global en la actualidad, y que dichos cambios se están desarrollando a un ritmo tal, que los tiempos de reacción se acortan, con

las consiguientes dificultades para la necesaria adaptación de los sistemas naturales y humanos (Ozcáriz, 2008).



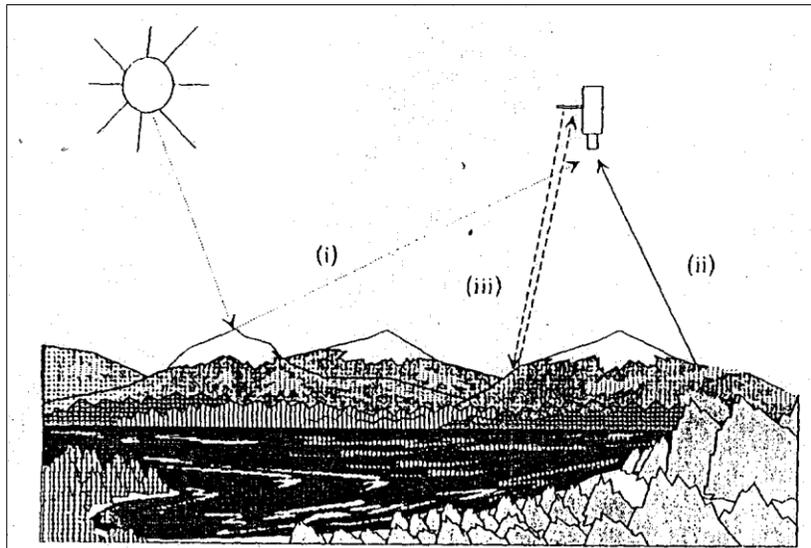
*Imagen 1. Factores implicados en los procesos globales de ésta investigación. Fuente: Modificado de Chuvieco, 1992.*

El concepto de cambio global *per se*, expone ser multivariable, por tanto, a nivel local del Departamento del Sur de Haití se consideran fundamentales los factores de expresión espacio-temporal como el cambio de uso de la tierra, el indudable aumento poblacional, las posibles fluctuaciones climáticas, específicamente en temperatura y precipitación, así como el proceso de cambio en el ambiente socioeconómico que ha presentado Haití y que, de forma clara, tiene resultados en el Departamento Sur.

### **1.6.2. Interpretación cuantitativa de datos captados por sensores remotos**

A lo largo de las últimas décadas, se han puesto en órbita diversos proyectos de observación terrestre, que han permitido ampliar considerablemente las aplicaciones de la teledetección espacial (Chuvieco, 2001). Los sensores remotos son utilizados por muchas instituciones a lo largo del mundo para obtener imágenes de una región determinada, y elaborar mapas e interpretaciones con fines ambientales, urbanos, de gestión de riesgo y agricultura de precisión, entre otros. Los sensores remotos permiten capturar información de los objetos sin tener un contacto directo con ellos y proporcionan información confiable sobre superficies extensas con alta precisión y costos razonables (Martínez, 2005).

Entre el sensor y el objeto, existe una fuente (el Sol) que emite energía e ilumina dicho objeto, el cual es observado al ojo humano para su posterior interpretación (sensor pasivo). En contraparte, el propio sensor emite una señal que es reflejada en la superficie u objeto, que es captada por el mismo sensor para generar una imagen. Estas son las diversas formas de adquirir información a partir de un sensor remoto (Chuvieco, 2002) (*Imagen 2*). Generada tal interacción entre sensor y objeto, da como resultado una imagen satelital.



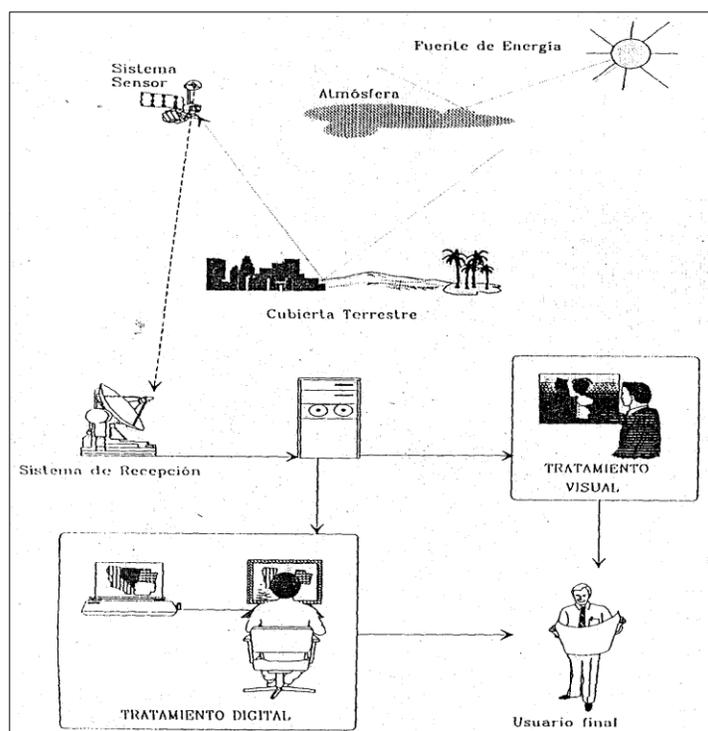
*Imagen 2.* Formas de teledetección: (i) reflexión; (ii) emisión; (emisión-reflexión). Fuente: Chuvieco, 2002.

En la actualidad, existe una serie de satélites en órbita que cumplen distintas funciones, desde monitoreo meteorológico y climático, hasta procesamiento de información ambiental. Chuvieco en el 2001 menciona que, entre los satélites de mayor afinidad en la comuna científica e instituciones de investigación, se encuentran los sensores Landsat, Seasat, HCMM, SPOT, IRS, MOS, Almaz y ERS.

El formato digital de la imagen permite al usuario de la Teledetección, generar modelos cuantitativos e integrar los resultados con otro tipo de información geográfica. Chuvieco, (2002) propone que existen dos tipos de variables: las directas e indirectas en la medición de datos de una imagen satelital. Las directas son las que pueden extraerse del sensor si se conoce el método de adquisición, tal como la reflectividad en el espectro solar, la temperatura en el sensor térmico, el coeficiente de retro-dispersión, la altitud y hasta la topografía de la superficie marina. A su vez, las indirectas corresponden a derivaciones de las mencionadas, ya que suponen una modificación de la señal recibida por el sensor

(Chuvienco, 2002). A partir de ello, los datos mencionados son útiles para generar modelos basados en algoritmos como: las clasificaciones supervisada y no supervisada, que detecta la cubierta de usos; índices de vegetación y humedad en el suelo o en alguna cubierta vegetal, análisis multitemporal de imágenes, detección y monitoreo de cambios de uso, entre otros modelos.

Las imágenes exportadas directamente de cualquier sensor llegan al usuario con datos crudos, es decir, el encargado de los paquetes de software debe aplicar a las imágenes satelitales una serie de tratamientos para poder obtener la información necesaria, según sea el objetivo de la investigación. Entre los procedimientos previos, se mencionan: la georreferenciación, la corrección atmosférica, la corrección geométrica, la composición de bandas, la fusión de la banda multispectral con la pancromática y la creación del mosaico de varias imágenes, entre otros procedimientos. Aplicados estos o algunos de estos pasos, se puede extraer cantidad sustantiva de datos de las imágenes y exponerse como una cartografía temática o cuadros (**Imagen 3**).



**Imagen 3.** Componentes de un sistema de teledetección. Fuente Chuvienco, 2002.

La detección del cambio global y su impacto en los ecosistemas, así como de las anomalías y las respuestas a las perturbaciones requiere, por un lado, de observaciones locales finas y prolongadas en el tiempo, y conectadas entre sí mediante redes de sistemas de observación, y, por otro lado, de observaciones sinópticas de menor resolución, pero de escala global (Duarte *et al.* 2006).

### **1.6.3. Degradación ambiental**

La degradación ambiental debe tratarse como una consecuencia primaria de una mala utilización de los recursos naturales disponibles en el territorio, lo cual provoca daños en la dinámica ambiental, y a su vez, modifica la práctica socioeconómica y socioambiental. En otras palabras, es una disminución de la capacidad del ambiente para responder a las necesidades y a los objetivos sociales y ecológicos (UNISDR, 2009). Adicional a lo anterior, Zurruta *et al.* (2015) formula que el deterioro ambiental está directamente relacionado con la forma en que un país desarrolla sus actividades económicas y con los procedimientos que emplea para explotar sus recursos naturales. Si se analiza desde otra perspectiva, existe una relación estricta con los crecimientos poblacional, económico y tecnológico.

Al citar la problemática que causa la degradación ambiental, se puede crear una larga y tendida discusión, ya que, en la actualidad es muy amplia la gama de problemas que, de una u otra forma, causan un porcentaje notable de daño al ambiente. Ante esto, Rodríguez Becerra; *et al.* (2002) concuerda que los problemas generales que se presentan en la región latina y caribeña, son: la pérdida de la biodiversidad, la deforestación, la pérdida de suelos y la desertificación, el deterioro de las costas y el medio marino, la contaminación del agua por fuentes industriales, agrícolas y domésticas; así como el manejo de residuos sólidos, especialmente domiciliarios, el deterioro ambiental de las grandes ciudades, el cambio climático, los desastres provocados por causas naturales y la intervención humana son los causantes puntuales y bien estudiados por parte de organizaciones mundiales como el Banco de Internacional de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA).

Dentro de los efectos que causan dichos problemas, se mencionan: la escasez y reducción de la calidad del agua disponible, el empobrecimiento de los suelos, la erosión y la desertificación, la disminución de flora y fauna, la aceleración al cambio climático, el

aumento de la vulnerabilidad ante desastres y evidentemente aumento de enfermedades y muertes en las poblaciones más débiles.

#### **1.6.4. Uso de la tierra**

La tierra es uno de los tantos recursos que el ser humano ha utilizado desde su existencia como especie humana, aprovechado para sus cultivos, domesticación de animales y asentamientos humanos. Con el pasar de los siglos, el uso ha modificado en intensidad y extensión, a su vez, usos distintos han sido relevados por otros, como es el caso de una zona forestada dedicada a actividades agropecuarios o urbanas; fenómeno sumamente usual en Latinoamérica.

Dentro del gremio de científico, usualmente se confunden los términos de suelo y tierra para relacionar toda aquella cobertura dedicada para un uso socioeconómico. En tanto, Lücke (1998) define el uso de la tierra como una interacción más inmediata y estrecha al cuerpo natural, que le confiere por las características edafológicas propias, es decir un intercambio directo entre los requerimientos edafológicos y el cuerpo natural como sustrato de respuesta a esos requerimientos.

Para Di Gregorio & Jansen (2000) y Tovar (2013) el uso de la tierra puede estar representado por diferentes arreglos espaciales que son dependientes de las actividades y manejo de índole artificial y tecnológico realizado por el hombre al entrar en un tipo particular de cobertura, con el objeto de producir un rubro agropecuario a expensas de los cambios reversibles o irreversibles que pueda generar. Uso de la tierra también se refiere a las actividades realizadas en la tierra perteneciente a la explotación con la intención de obtener productos y / o beneficios (INEC, s/f).

El uso de suelo, según la IPCC (2000) en mención a la FAO (1997) son todas aquellas acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla. Este concepto hace hincapié en el referente peso que adquiere el ser humano sobre la Tierra, el cual es total modificador del suelo, según sean sus demandas y necesidades. De tal manera, los cambios de uso del suelo son generalmente conscientes, respuestas voluntarias de los seres o sociedades humanas a los cambios en las condiciones biofísicas o de la sociedad. Es, por tanto, un indicador de

respuesta el que refleja cómo y en qué medida la sociedad responde a esos cambios o cómo se adapta a las condiciones ambientales cambiantes (FAO, 2001).

### **1.6.5. Vulnerabilidad socioeconómica**

El ser humano está rodeado de muchos factores que le causan una inestabilidad social, por lo cual, poco a poco se han ingeniado mecanismos para sobrellevar dichos factores que lo vuelven cada vez más vulnerable. Pero, ¿Qué es la vulnerabilidad? la UNISDR (2008) la define como las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Ahora bien, dentro del contexto socioeconómico, una amenaza puede incluir las fluctuaciones de la moneda en el mercado internacional, o bien políticas de Estado que beneficie a los ricos de ese territorio y empobrezca a los más necesitados.

Entonces, una sociedad se torna vulnerable económicamente cuando existe una pérdida de bienestar causada por el riesgo que proviene de la variabilidad del ingreso (Henocho, 2010). Esto afirma que una persona, hogar o comunidad corre el riesgo de sumirse en la pobreza o privarse de ciertos beneficios que el mercado y el comercio ofrecen dentro del sistema económico.

Cabrera y Amaya (s/f) proponen que la vulnerabilidad desde la perspectiva socioeconómica se ahonda dentro de tres factores:

- i. La Exposición al Riesgo:* La población en condición de pobreza en los países en desarrollo, tienden a ubicar sus asentamientos en zonas cercanas a ríos o sitios con fuerte pendiente. Sumado a esto, los eventos extremos y sus implícitas consecuencias exponen aún más a los habitantes en dichas zonas.
- ii. La Sensibilidad:* Las características demográficas como la alta dependencia de jóvenes y adultos, el poco acceso a fuentes de agua mejorada y las deficientes condiciones nutricionales de la población son elementos que condicionan el grado de sensibilidad de los grupos, debido al impacto directo de los eventos adversos y a la persistencia de enfermedades en momentos posteriores a la crisis.
- iii. La Capacidad de Adaptación:* Una población con mayor adaptabilidad es aquella cuyas condiciones de su entorno mejoran la capacidad de recuperación o reducen su vulnerabilidad ante los cambios observados en el clima.

Del mismo modo, Henoch (2010) caracteriza la vulnerabilidad socioeconómica, en cita de Chambers (1995) con un doble efecto: el externo, que se refiere a la exposición a los shocks macroeconómicos, al stress y al riesgo; y el interno que es asociado a los mecanismos de defensa de los hogares.

Por otro lado, los conceptos de vulnerabilidad socioeconómica y pobreza distan en su terminología, aunque parezcan derivar del mismo fundamento. Según Henoch (2010) en mención de Glewwe & Hall (1998), la pobreza es un nivel económico, mientras vulnerabilidad son los cambios de ese nivel e incorpora familias que se encuentran sobre la línea de la pobreza y que tienen posibilidades de ser pobres.

## 2. Capítulo segundo: Marco Metodológico

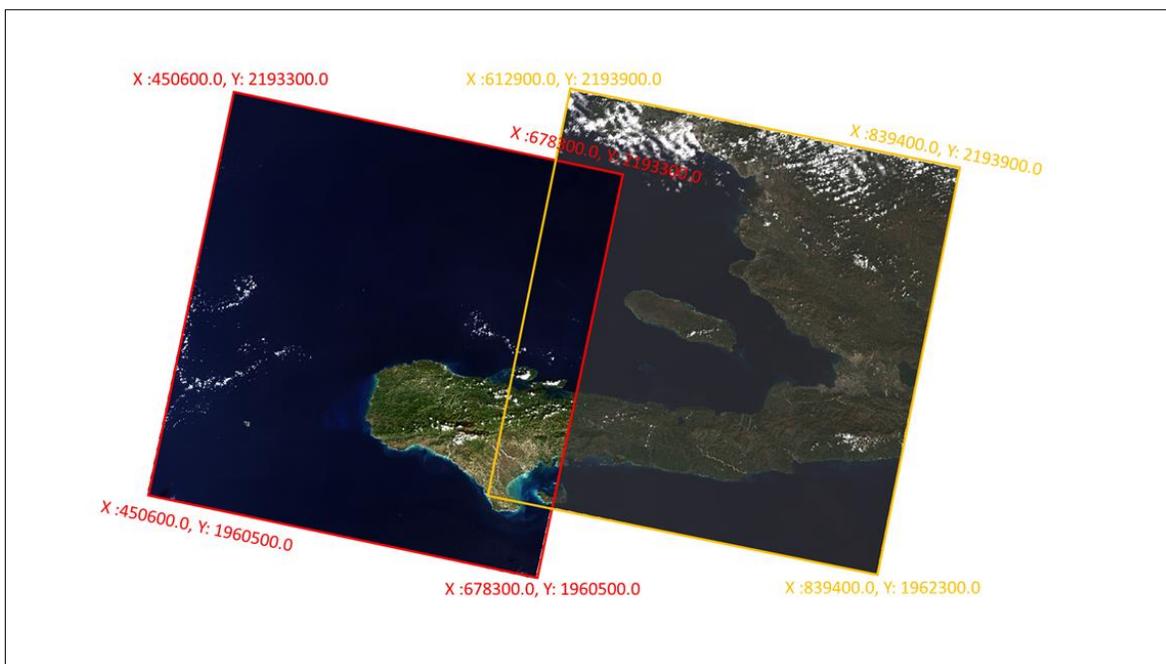
Las series temporales de observación suponen el núcleo central de la investigación sobre cambio global y cambio climático, pues permiten comprobar cambios en tendencias y variaciones con respecto a patrones estadísticamente representativos; de hecho, la herramienta que ha dado un empuje definitivo a la ciencia y observación del cambio global es la teledetección desde satélites orbitales (Duarte *et al.* 2006). Así mismo, Taubert *et al.* (2018) señala que la tecnología en torno a los sensores remotos y su correcta aplicación, permite detectar patrones de fragmentación de bosques y cambio de uso de la tierra.

Con base a tales acotaciones, la presente investigación se fundamentó en aplicaciones de Teledetección, con el fin de evaluar la dinámica del cambio de uso de la tierra, desde el año 1973 hasta el 2017 con imágenes satelitales, en el Departamento Sur de Haití. Además, mediado por la necesidad de relacionar variables climáticas (temperatura y precipitación) y socio-económicas (PIB, IDH, y población) con el uso de la tierra, se corrieron fórmulas estadísticas (Correlación Spearman y Regresión Lineal Paso a Paso) que permitieran establecer una correlación de cuáles factores intervienen en el cambio de uso de la tierra. A cada una de tales variables, se les calculó la tasa de cambio, el cual fue el dato con el que se trabajó en las dichas fórmulas. Por tanto, el flujo metodológico se detalla en:

### 2.1. Selección de imágenes satelitales

La primera etapa del proyecto consistió en la descarga libre de las imágenes satelitales desde el servidor en línea “*Land Viewer*” ([www.lv.eosda.com](http://www.lv.eosda.com)) y del servidor de *United States Geological Survey* (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), con un área delimitada mostrada en la **Imagen 4** y con una fecha de toma a partir del año 1973 hasta junio el 2017.

Los criterios fundamentales para dicha búsqueda se basaron en obtener imágenes satelitales con cobertura nubosa menor al 10%; con una disponibilidad temporal de ambos bloques lo más consecutivo posible (idealmente anual o quinquenal) y sin duda alguna, que tales imágenes no se encontraran con alteraciones radiométricas ni de radiancia en sus píxeles, es decir, lo más íntegras posibles para su posterior pre y post procesamiento.



**Imagen 4.** Imágenes satelitales Landsat 8 de la región sur de Haití, tomadas en el 2016. “LC80100472016357LGN00” imagen izquierda, “LC80090472016334LGN00” imagen derecha. Fuente: Landviewer, 2017.

**Cuadro 1.** Descripciones de imágenes satelitales Landsat 8 de la región sur de Haití.

	<b>LC80100472016357LGN00</b>	<b>LC80090472016334LGN00</b>
<b>Fecha de toma</b>	22/dic/2016	28/nov/2016
<b>Porcentaje de nubosidad</b>	0.56%	4.82 %
<b>Inclinación solar</b>	41.83°	44.60°
<b>Proyección y Datum</b>	UTM-WGS84	UTM-WGS84
<b>Tamaño de celda MS</b>	30 píxeles	30 píxeles
<b>Tamaño de celda PA</b>	15 píxeles	15 píxeles

Fuente: Landviewer, 2017.

## 2.2. Preprocesamiento y correcciones de las imágenes

### 2.2.1. Corrección DOS-1

Posterior a la descarga de las imágenes, se le realizaron las correcciones atmosféricas a las bandas que son de interés en toda la primera etapa del proyecto, correspondiendo las

bandas de color verdadero (4, 3, 2). Dicha corrección se realizó en el software de código abierto QGIS versión 2.18 Las Palmas, bajo la aplicación Semi Automatic Classification (SCP). El método de corrección fue el *DOS-1* (sustracción de píxeles oscuros), conocido también como el método de Chávez.

### **2.2.2. Juego de bandas**

Una vez hecha la corrección atmosférica, se procedió a realizar una combinación de imágenes para crear una sola, con las bandas 4-3-2 para obtener el color verdadero de la región. Esta combinación fue hecha en la herramienta de SCP.

### **2.2.3. Mosaico**

Posterior a ello, se creó el mosaico para unir los dos bloques ya combinados, y tener una sola imagen, en donde se utilizó el software Erdas Imagine, de licencia universitaria. Añadido a esto, y para una mejor funcionalidad de los siguientes procesos, se hizo un corte al raster con el polígono de la región de trabajo en el software ArcGIS 10.5.

### **2.2.4. Eliminación de áreas nubosas**

Cabe resaltar que éste proceso es un tanto innovador para obtener información de uso de la tierra lo más aproximado posible a la realidad del espacio. Acá se pretendió "eliminar" las nubes mediante un enmascaramiento con una zona cuya área en cuestión no posea nubes. En decir, por medio del programa Geomática y en su herramienta PCI, bajo licencia de prueba, se introdujeron dos o más imágenes, de las cuales: una de ellas es la imagen a corregir o limpiar de nubes, y la o las otras son aquellas que complementen las áreas sin ninguna cobertura nubosa.

Entonces, se digitalizaron las zonas con nubosidad y realizó el enmascaramiento con la imagen limpia de nubes, con lo cual aplicó una copia de dicha imagen en la de trabajo, y se interpoló y ajustó los nuevos píxeles pegados según la radiancia y niveles radiométricos de la imagen a corregir. Lo ideal era obtener un par de imágenes, como mínimo, con fechas muy cercanas, ya sean semanales o mensuales. Una temporalidad en años causaría ruido en la obtención de datos.

### **2.3. Clasificación No supervisada**

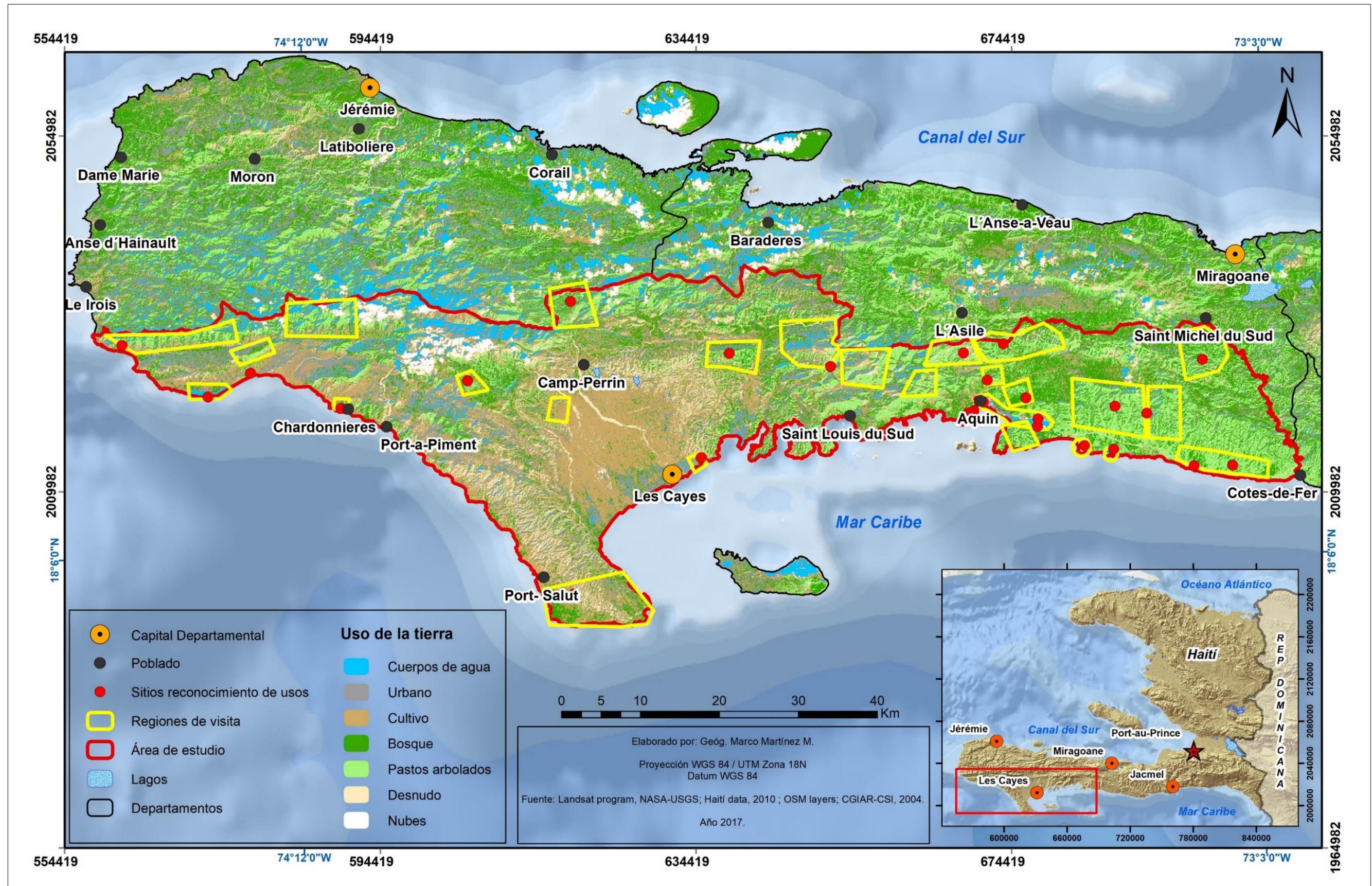
Como primer producto, era necesario obtener una versión preliminar del uso de la tierra en el sur de Haití, que sea de utilidad y la base para corroborar en el trabajo de campo. Esta fue una clasificación automática que el programa Erdas Imagine corre. Simplemente se eligieron las clases que en primera revisión se discriminaron y se seleccionó el algoritmo de clasificación K-means, puesto que produjo el resultado más ajustado a la supuesta realidad. Este proceso no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intervención humana se centra más en la interpretación, que en la consecución de resultados (Chuvieco, 1995) (**Mapa 1**).

### **2.4. Trabajo de campo**

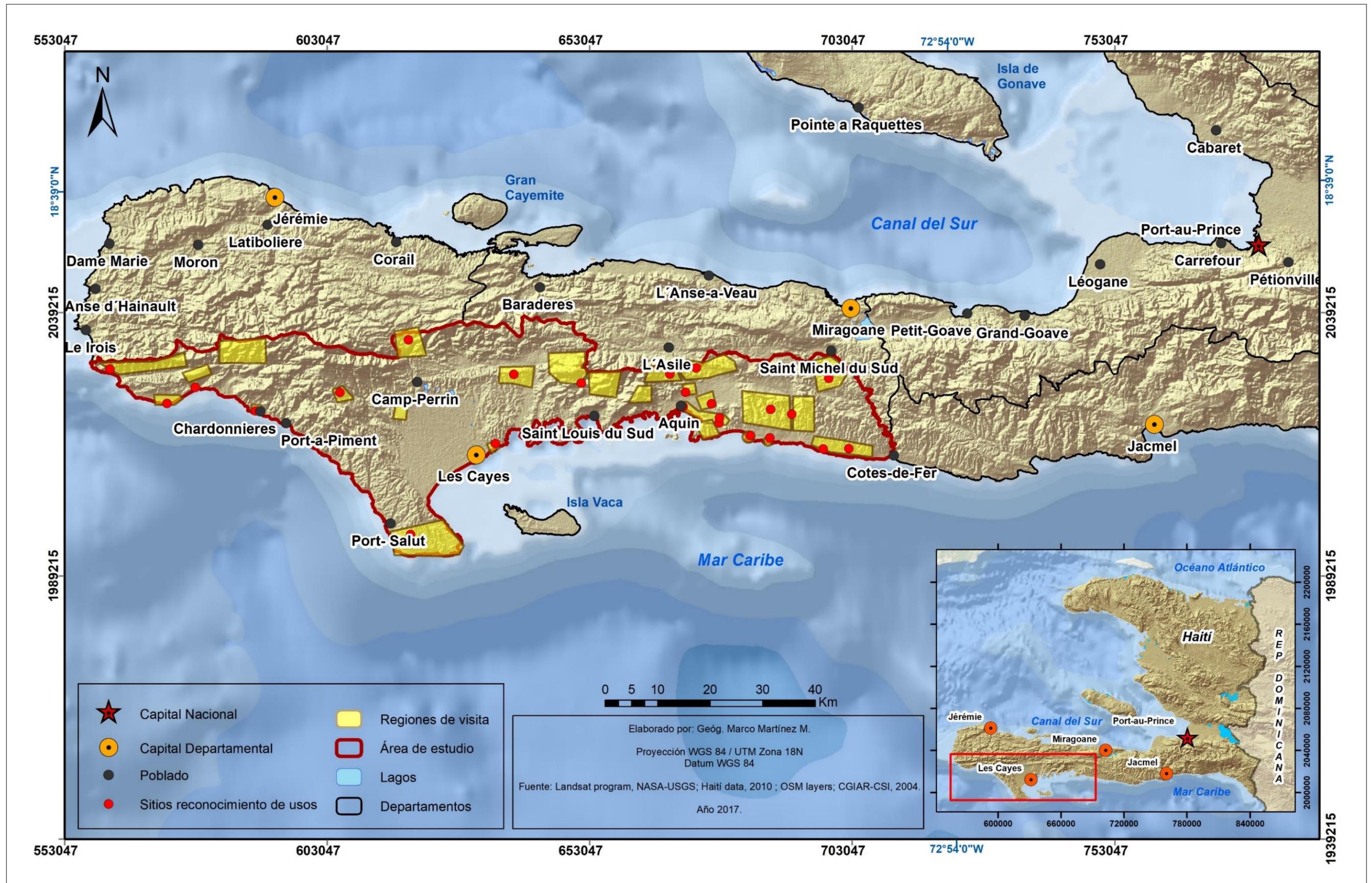
La visita tuvo una duración de una semana en el mes de mayo del 2017, con tres días de levantamiento de información en los sitios electos. Previo a la visita, se revisó el resultado de la clasificación no supervisada; se eligieron puntualmente los sitios de visita para la corroboración de los datos. Dichos sitios se eligieron con base a una accesibilidad vial certera, o bien, que pudiesen ser analizados mediante la metodología de cuenca visual, lo cual permitió un mejor desarrollo del trabajo de campo y obtención de datos fiables (**Mapa 2**)

Los sitios elegidos para la visita, son puntos en formato shape con sus respectivas coordenadas X y Y en la proyección WGS 1984 / UTM zona 18N, los cuales fueron cargados al navegador satelital CEDAR (equipo proporcionado por la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica), mediante la aplicación “Mobile Topographer”, y con adición, la imagen clasificada bajo la misma proyección espacial.

En campo, se hizo énfasis en las coberturas de la tierra del Departamento Sur de Haití, las cuales se distinguieron áreas de cultivo, zonas urbanas, suelos expuestos y otras coberturas que eran de mayor significancia espacial. A su vez, se capturaron fotografías y se recopiló información pertinente de cada uso, el cual fue necesario para el sustento de los siguientes procesos.



Mapa 1. Clasificación no supervisada de la Península sur de Haití, con siete clases. Fuente: Datos propios, 2017.



Mapa 2. Sitos de visita para el trabajo de campo. Elaboración propia, 2017.

## **2.5. Clasificación supervisada del uso de la tierra**

Una vez conocida el área de estudio, e información levantada con el trabajo de campo ejecutado, se procedió a realizar una clasificación supervisada. Este tratamiento de clasificación permite al usuario crear áreas de entrenamiento que se correlacionan directamente con las diferentes clases que han sido elegidas previamente, dicho de otra forma, un píxel se asignará a una clase cuando satisfaga el conjunto de criterios relacionados con esa clase (Ayala & Menenti, 2001).

La metodología de la clasificación supervisada es propuesta por Chuvieco (1995), la cual:

### **2.5.1. Segundo análisis visual de las imágenes**

El primer paso para este procedimiento fue analizar todas las imágenes y observar todas las variaciones del uso de la tierra que se presentaban en la región a estudiar, basándose en el trabajo de campo realizado. Esto ayudó a discriminar y reconocer colores, textura, matiz y otras características visuales de las coberturas de la tierra.

### **2.5.2. Firmas espectrales**

Se creó, mediante polígonos, una serie de áreas de entrenamiento o firmas espectrales que se correlacionaban con el uso de la tierra observado en la imagen. Previamente, tras el análisis, la observación de la imagen y el trabajo de campo, se definieron seis clases de uso de la tierra, las cuales son:

1. Infraestructura (asentamiento urbano, carreteras, residencias, entre otra infraestructura).
2. Cuerpos de agua (lagos, ríos sin depósito de sedimentos en el cauce, deltas, entre otros cuerpos).
3. Cultivos (cultivos semiperennes y anuales).
4. Matorrales
5. Bosque (primario y secundario).
6. Suelo desnudo (suelos expuestos con poca o escasa cobertura vegetativa, cauces de ríos con gran depósito de sedimentos, deslizamientos recientes, entre otros)

Cabe resaltar que ese procedimiento, tiene una mejor calidad de producto, según la cantidad de polígonos digitalizados, es decir, entre más polígonos de digitalicen (áreas de entrenamiento), de mayor precisión será el producto de la clasificación y más ajustado a la realidad.

### **2.5.3. Selección de algoritmos de clasificación**

El siguiente paso fue correr el procedimiento de la clasificación como tal, bajo el algoritmo de Máxima Verosimilitud. Se utilizó esta función porque logró asemejar la distribución real de los números digitales o ND (valor adquirido para cada píxel de la imagen) en esa categoría, por lo que nos sirvió para calcular la probabilidad de que un píxel sea miembro de ella (Chuvienco, 2002) y se ajustaba bastante a la disposición original de los datos. Como complemento al algoritmo, se le aplicó un filtro para mejorar la distribución de los píxeles de cada clase con el Vecino Más Cercano en el programa Erdas Imagine 2015.

### **2.5.4. Vectorizar raster**

Como paso final, se convirtió el raster a vector, donde se aplicó una generalización y simplificación poligonal. El objetivo fue generar un producto en formato vectorial que permitiera minimizar el efecto “sal y pimienta”. Además, llegando a este proceso, se procedió a calcular las áreas en kilómetros cuadrados de todos los usos, dato necesario para calcular la tasa de cambio.

## **2.6. Cuantificación temporal de los cambios de uso de la tierra**

En este paso, se trabajó en procesar un cálculo que definiera el cambio areal del uso de la tierra en la región de estudio del proyecto, con el fin de obtener cuanta área se perdió o se aumentó para cada uso. Este procedimiento se basó mediante la fórmula de Tasa de Cambio propuesta por la FAO (1996), adaptada por Ruiz, *et al.* (2013), para cuantificar los cambios en escala temporal, la cual:

$$\text{(TDA): } Tasa = \left[ \frac{S_2}{S_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

**Ecuación 1.**

Donde:

TDA: tasa de cambio anual.

$S_2$  = superficie fecha 2.

$S_1$  = superficie en la fecha 1.

$n$  = es el número de años entre las dos fechas

Los resultados fueron tabulados en SigmaPlot v.13 de licencia universitaria, junto con los demás variables que más adelante se extrajeron (temperatura, precipitación, población, PIB e IDH), lo que generó una base de datos robusta. Esta tasa de cambio se aplicó a cada uno de los años obtenidos según la calidad disponible de de las imágenes satelitales.

## **2.7. Elaboración de raster de direccionalidad del cambio espacial de uso de la tierra**

Hecho una vez los análisis temporales del cambio de uso de la tierra, se elaboraron mapas de direccionalidad de cambio, donde se indicó hacia qué uso pasó a ser una determinada cobertura, tomando como base los años 1973 y 2017. Cabe resaltar que es una direccionalidad única entre estos dos años, y no evaluó la dinámica entre los demás años, solo el cambio total.

Entonces, de forma puntal, el método se centró en establecer relaciones de dirección mediante una matriz de creación propia, en la que estuvo basada en una codificación para cada cobertura, por ejemplo, 1= urbano, 2= cultivo; y así sucesivamente para las demás, para ambos años. Con la herramienta *Combine* del ArcGis 10.5 se ejecutó la relación matricial. Luego, se crearon los mapas necesarios que reflejasen los cambios espaciales de los usos de la tierra entre los años 1973 y 2017, es decir, la matriz es totalmente manipulable ya que permitió elaborar ráster de aumento y disminución de bosque, suelo urbano, y cualquier otro uso, así como la intensidad de cambio, por ejemplo.

## 2.8. Relación de cambios de uso de la tierra con datos climáticos, de población y socio-económicos

Ya efectuada la cuantificación de cambio entre los usos entre los años 1973 y 2017, se procedió a interponer los datos disponibles en la web, como: el crecimiento poblacional en la zona; variables climáticas como precipitación y temperatura; el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y Producto Interno Bruto (PIB), ya que son de los pocos datos disponibles con que cuenta la zona.

### 2.8.1. Descarga de datos socio-económicas, climáticos y poblacionales

Los servidores web que proveyeron las variables, se compilan en el **cuadro 2**.

**Cuadro 2.** Servidores y enlaces web para descargar las variables

Variable	Servidor y enlace web
Censos poblacionales	Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) ( <a href="http://www.ihsi.ht/produit_demo_soc.htm">http://www.ihsi.ht/produit_demo_soc.htm</a> )
Temperatura y lluvia	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ( <a href="https://www.esrl.noaa.gov/psd/repository/entry/show?entryid=e570c8f9-ec09-4e89-93b4-babd5651e7a9">https://www.esrl.noaa.gov/psd/repository/entry/show?entryid=e570c8f9-ec09-4e89-93b4-babd5651e7a9</a> )
Índice de Desarrollo Humano	United Nations Development Programme (UNDP) ( <a href="http://hdr.undp.org/es/countries/profiles/HTI">http://hdr.undp.org/es/countries/profiles/HTI</a> )
PIB	Comisión Económica para América Latina y Publicaciones Estadísticas (CEPAL) ( <a href="http://interwp.cepal.org/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?IdAplicacion=6&amp;idTema=131&amp;idIndicador=2204&amp;idioma=e">http://interwp.cepal.org/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?IdAplicacion=6&amp;idTema=131&amp;idIndicador=2204&amp;idioma=e</a> )

Fuente: *Elaboración propia, 2017.*

Para los censos poblacionales, se obtuvo el dato de cantidad de población para el Departamento Sur, de los censos realizados en los años 1971, 1982 y 2003, así como las proyecciones poblacionales de los años 2009, 2012 y 2015 (IHSI, 2016). La variable de temperatura se descargó con unidad en grados Celsius y la precipitación en mm; ambas desde el año 1900 hasta el año 2016. El IDH es una variable sin unidad, ya que es un

índice; el cual está disponible para la descarga desde el año 1991 hasta el año 2016. En tanto, el PIB representa el total anual a precios constantes en millones de dólares, desde el año 1990 hasta el año 2015.

### **2.8.2. Procesamiento de datos y cálculo de la tasa de cambio**

Cada una de las variables se tabularon en una hoja de Excel para generar la base de datos. En el caso de los datos climáticos, se descargaron en formato NETCDF, los cuales son raster multidimensionales, capaces de almacenar información de tiempo, lugar y una variable determinada. Estos archivos contienen la información por celda, por tanto, las variables son X, Y, y dato climático por tiempo. Para extraerlos, se trabajó en ArcMap 10.5 para guardarlos en formato "TIF"; así, se consultaron los píxeles que cubren la zona sur de Haití y se respaldó en la base de datos. Para cada una de las variables tabuladas, se calculó la tasa de cambio propuesta por la FAO (1996) (**ecuación 1**).

### **2.8.3. Correlación estadística entre variables**

En este paso, interesaba analizar de forma estadística, el grado de correlación que existía entre todas las variables que se consideran en el estudio. Por tanto, era preciso establecer dos tipos de correlaciones: univariable y multivariable. Es decir, se logró medir el grado de correlación entre una variable X respecto a una variable Y, y que tanto estaban correlacionadas; y en el otro caso, se analizó la correlación de una variable X entre todas las demás variables ( $Y_1, Y_2, Y_3, \dots Y_n$ ), y así se obtuvo cuáles variables incidieron más sobre determinada variable en su cambio. Es de saber que, la variable cardinal era la tasa de cambio del uso de la tierra. Para estos procedimientos, se utilizó el software SigmaPlot v.13.

### **2.8.4. Correlación Sperman**

Este método era el indicado ya que, la distribución de los datos no era normal y se procedió con los rangos de mediciones para cada variable (Badii, *et al*, 2014). La fórmula está establecida como:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

**Ecuación 2.**

Donde:

$r_s$  = Coeficiente de Correlación Spearman

$d$  = Diferencia entre los rangos (X-Y)

$n$  = Total de datos

El valor de  $r_s$  varía de “-1” hasta “+1” y no tiene unidad (Badii, *et al*, 2014). Con base en lo anterior, fueron elegibles aquellos coeficientes de correlación mayores a  $\pm 0.6$ , y donde existía una alta significancia entre las variables correlacionadas ( $p > 0.1$ ), Según Badii (2014) y Gorgas *et al.* (2011) generalmente se eligen las correlaciones con  $r_s$  por encima de 0.6, siendo una significancia de 90% y de buena calidad estadística. El programa generó un reporte matricial y de allí, se eligieron los coeficientes más significativos.

### 2.8.5. Regresión Lineal Paso a Paso

Dado que se necesitaba saber con certeza qué variables contribuían en el cambio de uso de la tierra, se deseaba encontrar el modelo con variables independientes adecuadas mediante la adición o eliminación de variables independientes de la ecuación (Manual de ayuda de SigmaPlot, 2014), éste método era el apropiado. La fórmula es:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n$$

**Ecuación 3.**

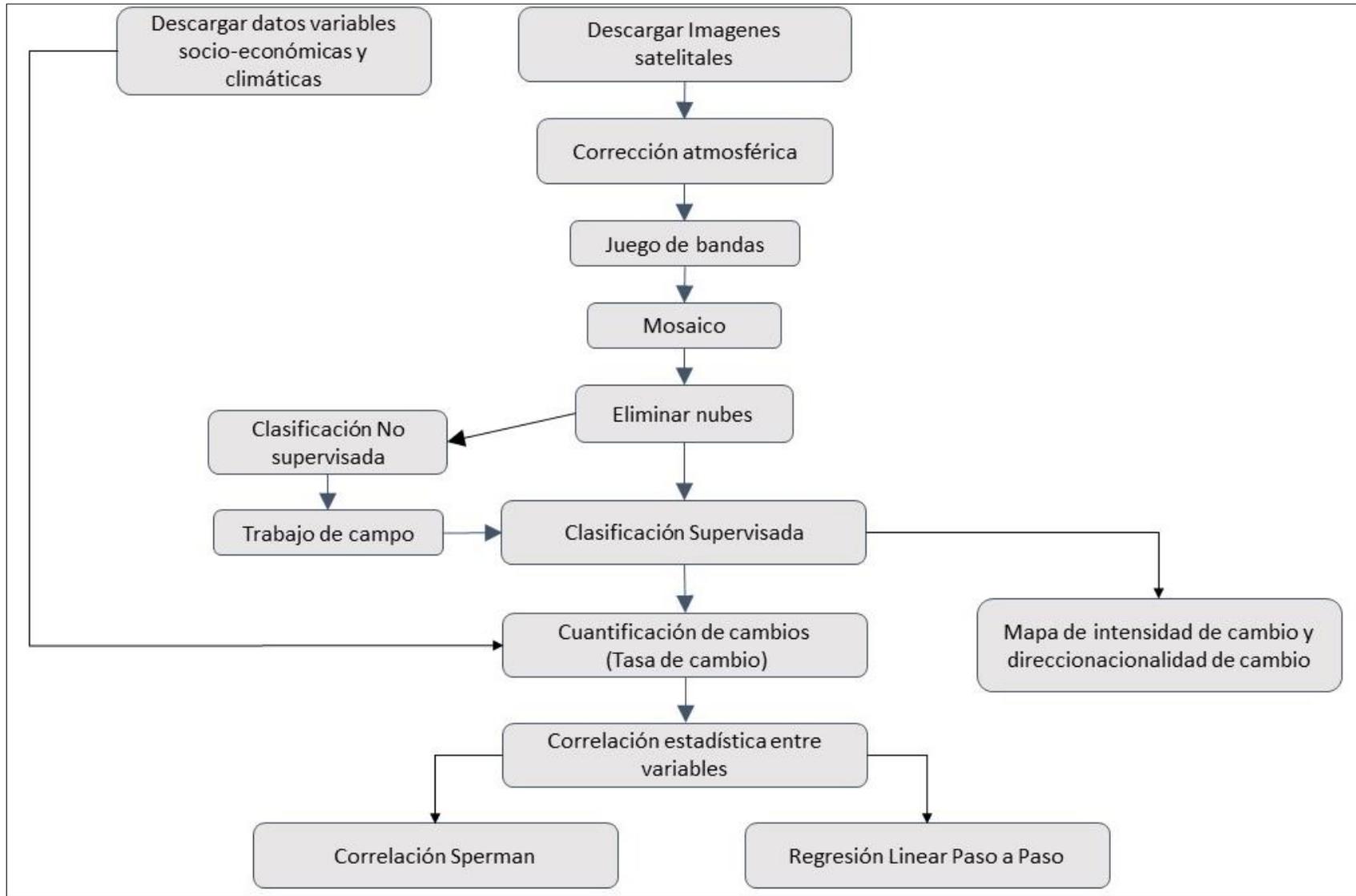
Donde:

$y$  = variable dependiente (tasa de cambio del uso de la tierra).

$x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  = variables independientes.

$b_0, b_1, b_2, \dots b_n$  = coeficientes de regresión

El programa generó un reporte matricial y de allí, se eligieron los coeficientes más significativos. En este sentido se seleccionaron aquellos que están ligados con el cambio de uso de la tierra.



**Figura 1.** Flujo metodológico del proyecto. Elaboración propia, 2017.

### 3. Capítulo tercero: Contexto del área de estudio

#### 3.1. Caracterización del área de estudio

Haití forma parte de las Antillas Mayores del continente americano (Isla La Española), limitando al este con República Dominicana, al norte con el Océano Atlántico, y, al sur y al oeste con el Mar Caribe (**Mapa 3**). Las coordenadas centrales de Haití corresponden a 18°32'0.24"N y 72°19'59.89"O. La superficie de este país es de 27.750 km<sup>2</sup> y con una población al año 2015 de 10.711.067 habitantes (Banco Mundial, 2017), es decir, una densidad de 386 habitantes por km<sup>2</sup>.

El país presenta un relieve muy accidentado. Es mayoritariamente montañoso, con macizos orientados este-sudoeste, y separados por valles estrechos (González y Manero, 2011). La cima más alta del país se encuentra en la sierra Chainé de la Selle a 2.680 m.s.n.m. Este sistema montañoso determina la red fluvial y la orientación de sus cuencas, lo cual da forma a sus tres vertientes hidrográficas: Al norte, la del Océano Atlántico; al sur la del Mar Caribe, que son comunes a Santo Domingo y Haití; al oeste la del golfo de Gonáve.

El sistema montañoso determina la naturaleza y la orientación de las principales cuencas: al norte las cuencas vierten sus aguas al Océano Atlántico, con rumbo S-N, el río Masacre, límite entre Haití y República Dominicana que desagua en la bahía de Manzanillo, y el Grande Rivière du Nord, así como los Trois Rivières, situados entre los Macizos del Norte y del Noroeste (González y Manero, 2011). En consecuencia, existe una gran cantidad de torrentes fluviales, con nacientes en las partes altas de las cordilleras, y con gran energía han formado amplias planicies y abanicos aluviales donde hoy día se asientan importantes ciudades de Haití, como lo es su capital, Puerto Príncipe, y las urbes de Jacmel y Les Cayes. Cabe resaltar que muchos de los lechos fluviales transportan considerables cantidades de material erosionado de las partes altas de las cordilleras.

El clima es tropical y está regulado por los vientos alisios provenientes de las islas Azores (González y Manero, 2011). La época lluviosa en Haití es de abril a junio, y luego de octubre a noviembre. Según los datos climáticos del Banco Mundial (2017), a escala nacional, las temperaturas anuales promedio son de 25°C y el promedio anual de pluviosidad ronda los 1440 mm. Para el Departamento Sur, la pluviosidad anual promedio es de 1703 mm con una temperatura anual promedio de 27°C (NOAA, 2017). Gran parte de la lluvia entre julio

y octubre se debe al aporte de humedad de los ciclones tropicales y huracanes que se originan en el océano Atlántico y mar Caribe, y algunos de ellos transitan encima o muy cerca de La Española, como lo fueron los huracanes Allen (1980), Gordon (1994), Gustav (2008) Sandy (2012) (EcuRed, 2015) y Mathew (2016). Además, a consecuencia de los empujes fríos por el invierno en el hemisferio Norte, contribuyen en el aporte de humedad para las zonas altas de Haití y del Departamento Sur (González y Manero, 2011). En resumen, según los datos climáticos promedio, Haití no es un país con una alta pluviosidad manifestada durante todo el año, sino más bien, cuenta con épocas interanuales donde eventos hidrometeorológicos son influyentes en la dinámica natural interna del país.

El Departamento Sur de Haití posee una superficie de 2600 km<sup>2</sup>. Para este departamento, se cuenta con una población de 774.976 habitantes, representando poco más del 7% del total de población, según proyecciones poblacionales del Instituto Haitiano de Estadística e Información (2015), y caracterizándose las actividades económicas de agricultura básica, ganadería y mano de obra para servicios. Al mismo tiempo, la accesibilidad de la población del Departamento Sur a los servicios sociales básicos como educación, salud, agua y saneamiento, están por debajo de la media nacional y es la menor de América Latina, con un ingreso promedio anual en los hogares de € 248 (WATERCLIMA LAC 2017).

Por otra parte, dentro del Departamento Sur, al noroeste de Les Cayes, existe el 68% del total del área del Parque Nacional Pic Macaya, sitio emblemático para la población haitiana. Allí se conservan los pocos parches de bosque primario del país y cientos de especies de flora y fauna endémicas de La Española. A pesar de esto, dentro de la jurisdicción del parque, hay un total de 53.761 habitantes del Departamento Sur (Ministere de L'environnement, 2015), y cada uno de ellos pujando por un terreno para sembrar e instalar sus rústicas viviendas, lo que obliga la deforestación de tal área de conservación (COSUDE, 2016). Interesa recalcar que, en el Departamento Sur existe una alta proporción de territorio destinado para la conservación del ambiente natural, en relación a la proporción a escala nacional, ya que tan sólo el 0.3% (27,56 km<sup>2</sup>) de Haití está destinado a la protección de recursos naturales terrestres (CEPAL, 2018).

Al igual que la mayoría del país, esta zona está caracterizada por una alta deforestación y un daño ambiental muy notorio, siendo la erosión y la baja fertilidad de los suelos, los problemas determinantes del departamento. (WATERCLIMA LAC, 2017). Benegas *et al.*

(2017) puntualizan que la deforestación, con sus devastadoras consecuencias ambientales, es un serio problema en las comunas sureñas del país, donde la pérdida de cobertura boscosa en las partes altas se estima en 90,4%. La deforestación en las áreas río arriba provoca que las tasas de escorrentía y erosión aumenten. Al acelerar la erosión del suelo, cambiar el ciclo del agua y la tasa de lluvia, disminuyendo la capacidad del suelo de retener agua durante los períodos lluviosos (PNUD, 2012).

De la misma forma, Benegas *et al.* (2017) y PNUD (2012) consideran otros problemas sociales y ambientales, como: la pobreza extrema, que a nivel general, Haití es el país más pobre de América Latina; las inundaciones frecuentes en las comunidades de Les Cayes, Aquin y Saint Louis du Sud, así como la erosión laminar, debido a la morfología abrupta del terreno en las partes de las cuencas del Departamento Sur, y aunado también a la alta deforestación y desnudamiento de los suelos; la pérdida de los ecosistemas de manglar por la presión que ejerce la población en busca de sitios para crear asentamientos urbanos; y el déficit en el abastecimiento de agua para consumo humano por contaminación del agua superficial y subterránea, ya que, no existe un sistema de potabilización del recurso hídrico ni de tratamiento de aguas residuales.

Sumado a lo anterior, las direcciones departamentales de los ministerios de Agricultura y de Medio Ambiente tienen significativas limitaciones de personal técnico, recursos económicos y recursos operativos para atender las demandas con respuestas que garanticen su sostenibilidad a corto, mediano y largo plazo (Benegas *et al.* 2017). Por tanto, las instituciones del Estado enfrentan grandes desafíos de gobernanza para ejecutar medidas que disminuyan los impactos negativos en los sectores de agricultura, ambiente y desarrollo local, entre otros.



Mapa 3. Zona de ubicación del proyecto enmarcado en amarillo en un contexto regional (cuadro inferior). Elaboración propia, 2017.

## **3.2. Antecedentes político-económicos y medioambientales de Haití**

### **3.2.1. Antecedentes políticos-económicos**

Era el año de 1492 cuando Cristóbal Colón con su despliegue de conquistadores, tocaron tierras americanas por primera vez, embarcando en la isla La Española, "nuevas tierras" del Reino de España (González y Manero, 2011; Leventis, 1954; Vitale, 1987). El proceso de conquista fue devastante, según lo acota Vitale (1987) ya que exterminaron más 100.000 indígenas en toda la isla La Española, obligando a traer mano de obra esclava de origen africano para el año 1502 (Ureña, 2003).

Eran épocas duras, pero muy progresivas para La Corona de España en suelos isleños, puesto que para el siglo XVI habían creado una ciudad que se codeaba con las mejores de Europa, instaurando una catedral y una universidad, la primera del "nuevo mundo", tal y como lo menciona Ureña (2003). El mismo autor define que tanta riqueza, con la que alardeaba la Corona, atraían filibusteros y piratas franceses, holandeses y de otros países europeos, con el afán de obtener patrimonios para sus reinos.

Ya para el siglo XVII se establecen colonias francesas en la isla, mientras tanto, la colonia española decrecía económicamente por su sistema de autoabastecimiento, el cual no era competente frente a la economía liberal de Francia. Tal sistema económico funcionó tanto, que para el siglo XVIII, Saint Dominigue, como se le llamaba al asentamiento francés, llegó a ser la colonia más rica de la burguesía de Francia (Vitale, 1987) y luego, la más rica entre las coronas europeas (Ureña, 2003). Sin embargo, esa luz económica establecería un monopolio exportador y corrupción en el sistema mercantil, lo cual despertaría descontento en la sociedad de pequeños mercaderes. Poco a poco iniciaban movimientos de descontento social.

A finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, surge entre los mulatos, los esclavos y los libertos un aire de autonomía colonial, inspirados en la independencia de Estados Unidos y el surgimiento de la Revolución Francesa, donde también pretendían igualdad de derechos. Los ideales igualitarios y de soberanía llevan a una guerra por la defensa territorial de Saint Dominigue ante la invasión del ejército de Napoleón, el cual es vapuleado por el pueblo isleño (sector francés). Es para el 1 de enero de 1804 que se declara independiente el

pueblo de Saint Dominique y se vuelve a llamar Haití, nombre araguaco; (Leventis, 1954; Sevilla, 1990; Ureña, 2003; Vitale, 1987) primer país latinoamericano en ser libre y autónomo ante una colonia europea.

Se fundaba una nueva Nación, sin la riqueza y prosperidad que era característica un par de siglos atrás. Era necesario instaurar todo: políticas, instituciones, la moral y la voluntad de trabajar (Leventis, 1954). Sin embargo, vendrían momentos difíciles para Haití: dos años después de la independencia, la coalición asesina al primer Emperador, Jean-Jacques Dessalines, cuya inestabilidad política duraría trece años; Jean-Pierre Boyer instaura una nueva presidencia que paulatinamente declinaba la economía del país, consecuentemente, se establece la dictadura de Soulouque.

Más tarde, tal como lo menciona Delice (s/f) todo el período después de Soulouque, pasando por Nicolas Geffrad (1859-1967), Salnave (1867-1869), por Lysius Salomon (1883-1884) hasta la invasión norteamericana en 1915, fue marcado por una violenta crisis económica y política. La invasión norteamericana trajo consigo una relativa calma y un empuje económico; el “*gourde*” se mantuvo estable respecto al dólar, instauraron infraestructura pública y sentaron bases para la educación primaria, instalaron hospitales con buenos sistemas de salud, entre otras cosas (Delice, s/f).

Años más tarde, como bien lo detalla Delice (s/f) el país cayó otra vez en una profunda crisis llamada por los historiadores “la revolución de 1946”, donde los sectores más frágiles de la sociedad, estudiantes y clase obrera, se movilizaron contra el gobierno de Elie Lescot. Tras varios años de consecuentes golpes de estado e inestabilidad política y social, toma el gobierno François Duvalier. Sería un dictador que reprimiría y controlaría todo el gobierno, inclusive, el sistema militar estaría bajo su total poder. Dicha dictadura perduró hasta el año 1971, año de muerte de François, pero de inmediato, Jean Claude Duvalier, hijo de dictador François, sería el nuevo presidente vitalicio, con tan sólo 19 años de edad (Castor, 1986; Delice, s/f.).

Sin embargo, tras casi 30 años de dominio de los Duvalier, Haití estuvo inmerso en una dictadura de sometimiento político, asistencialismo internacional (a pesar de la repulsión de los Duvalier y sus gabinetes ante las potencias occidentales), control de la banca y el ejército; o, dicho de otra forma, fue la mejor expresión de la corrupción política y

administración de los recursos de forma arcaica y deliberada, fortaleciendo únicamente los intereses del partido de gobierno (Castor, 1986; Murgueitio, s/f).

Maingot (1998) atribuye la destitución de Jean Claude Duvalier (no solo por descontento populista y reorganización social) a la crisis causada por la fiebre porcina en 1982, y a la gran sequía entre los años de 1984 y 1985, que como consecuencia directa trajo consigo más empobrecimiento a la población tras grandes pérdidas de cultivos de maíz, arroz y soya. Por tanto, se acrecentaba más el descontento populista, en donde de forma paralela se presentaban: aumento de la población, desempleo, depreciación de salarios, costo de vida mayor, disminución en los niveles de salubridad y también, aumentaba el endeudamiento internacional. Todo esto acarrió el exilio de Jean Claude Duvalier a Francia.

Durante la década de 1990, se alternaron épocas de letargo y leve surgimiento de líderes políticos, a pesar de ello, por medio de elección democrática se instaura en el gobierno Jean-Bertrand Aristide, quien a su vez sufrió un derrocamiento, pero luego volvió al poder estatal. No obstante, la crisis económica era letal en Haití, mientras se intentaba una transición hacia la democracia (Maingot, 1998). Para esta época, Haití era intervenida por la ONU a través del Misión de Naciones Unidas en Haití (MINUH), que luego se convertiría en la Misión de Apoyo de las Naciones Unidas en Haití (UNSMIH) (González y Manero, 2011); la ONU se establecía en Haití casi de forma permanente, por los años siguientes (hasta la actualidad) para lograr colaborar en una reforma política, económica y estabilidad institucional, desde un enfoque asistencial de varios países miembros.

El siglo XXI trajo consigo un poco de estabilidad política y económica tras la segunda elección democrática de René Préval en el año 2006, pero los consecuentes daños originados por huracanes y la creciente pobreza impedían el desarrollo progresivo (González y Manero, 2011). De hecho, el 12 de enero de 2010 marcó una enorme cicatriz en todo el sistema de gobierno de Haití, lo cual pusieron aún más vulnerables la economía, política y factores sociales haitianos. Se acrecentó la ayuda humanitaria por parte de la ONU y algunos países considerados potencia mundial.

Cuantiosos brotes de cólera y cientos de personas infectadas de SIDA, aumento de poblacional inminente, centenas de personas albergadas en campamentos para

damnificados tras el terremoto del 2010, desempleo, desnutrición infantil y altos índices de analfabetismo, son varias de las penurias que el Gobierno de Haití debe resolver ante un sistema inestable, lleno de corrupción y violencia política que quebranta al primer país latinoamericano en ser autónomo y libre.

El registro histórico de la situación política y desarrollo humano en Haití, ha producido de forma indirecta cambios notables en el ambiente natural. González y Manero (2011) señalan que antes de la llegada de los colonizadores y de la introducción por estos de las plantaciones y las técnicas europeas, Haití disfrutaba de extensos bosques. Por otra parte, estos mismos investigadores apuntan que ninguno de los anteriores gobiernos haitianos, han mostrado preocupación por el mantenimiento de los recursos naturales.

Amparada la historia por situaciones de corrupción y dictaduras en los gobiernos haitianos, es que se ven reflejados en el territorio de dicho país cambios de coberturas, bajo la premisa de talar árboles para cubrir las necesidades de implantar la agricultura para obtener alimentos a poblaciones desnutridas, y también, como aprovechamiento para carbón y construir rústicas viviendas. Es decir, decisiones políticas tienen una manifestación directa cómo se moldea el territorio de un Estado, en este caso, en Haití.

### **3.2.2. Antecedentes medioambientales**

A pesar de que Haití fuese el primer país afrodescendiente y latinoamericano en independizarse (ante Francia en 1804) no ha logrado consolidar un sistema político y económico estable a través de los años, que garantice: niveles de vida óptimos, seguridad social y salubridad total, educación estatal gratuita y competente, seguridad alimentaria a la población, empleo e inversión extranjera que incentive el crecimiento económico y minimice la pobreza.

Todo esto se ve reflejado en el ambiente, y según el PNUMA (2013) existe una crisis que se desarrolló aproximadamente en los últimos 50 años. De hecho, para todo el territorio haitiano, entre el 2% al 4% pertenece a cobertura forestal, según datos de FAO (2010) en mención de PNUMA (2013), de hecho, la deforestación ha provocado que Haití, uno de los países más pobres del mundo, sea enormemente vulnerable a huracanes devastadores (Duarte *et al.* 2006). En consecuencia, este mismo patrón se evidencia en el Departamento Sur.

De forma concatenante a la alta deforestación, surge la fuerte erosión de los suelos, en el cual la morfología del terreno es caracterizada por fuertes pendientes en la parte alta de las cuencas, y que, todo este material, llega a depositarse en los cauces de los ríos, aumentando la vulnerabilidad de los grandes pueblos situados en la cuenca baja, como es el caso de Les Cayes. Esta erosión es producto de la escorrentía superficial que es generada por la ausencia de alguna cobertura vegetal importante que facilite la infiltración del agua a los niveles más profundos del suelo. Ineludiblemente, como se observa en el **cuadro 3**, factores de la propia dinámica de la Tierra alteran fuertemente el paisaje natural, como lo son los huracanes y los sismos de gran magnitud que han causado daños importantes en el ambiente, y a la postre, ocasionado cientos de muertes humanas.

Evidentemente otro factor agravante para el déficit de calidad ambiental es el crecimiento poblacional. Según proyecciones del Instituto Haitiano de Estadística e Información (2015), desde el año 2003 hasta el año 2015, se aumentó en unos 2.538.069 de habitantes a escala nacional (153.325 en el Departamento Sur). Esto implica que la población demandaría más alimentos, por tanto, más tierras para ser cultivadas, lo que es igual a tierras deforestadas. Así lo afirman Taubert *et al.* (2018), según el patrón mundial de deforestación, indica que las presiones que ejercen las zonas urbanas en crecimiento y el sector agrícola, propician la disminución de la cobertura forestal.

Añadido a esto, el 57% de los hogares haitianos utilizan el carbón como fuente de energía en algunas de sus actividades laborales y de vida cotidiana; sin embargo, tan sólo el 17% de los hogares del Departamento Sur utilizan esta fuente de energía (Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, 2003). Por otra parte, el manejo de los residuos sólidos es totalmente rudimentario, donde se contaminan aguas subterráneas, ríos y tomas de agua potable, proliferando pues, brotes de cólera y otras enfermedades infectocontagiosas (Benegas *et al.* 2017).

El sistema agrícola que se ha implementado en Haití para la labranza, siembra y cosecha es muy rudimentario, al punto de desmoronar los suelos y ayudar al empobrecimiento de los mismos y aumentar la erosión de los primeros horizontes fértiles (PNUMA, 2013). Este Organismo, indica que la crianza a la libre del ganado bovino, porcino y ovino perjudica los

suelos y los ecosistemas vegetales, ya que no existe un control ni gestión de la actividad pecuaria por parte de los mismos pobladores ni de algún organismo estatal.

Indiscutiblemente, los intereses del Estado son otros, y que en menor medida van dirigidos hacia la conservación del ambiente. Empero, el Ministerio del Ambiente, por medio de la Agencia Nacional de Áreas Protegidas de Haití, formularon el Plan de Gestión para el Parque Nacional Natural Macaya, ubicado en la península sureña del país, con una fecha de ejecución entre el 2015-2020 (Ministere de L'environnement, 2015).

En resumen, el Departamento Sur expone ser sumamente variable y dinámico, donde confluyen desde aspectos biofísicos propios de la Tierra como sistema natural, como también aspectos socioeconómicos y políticos que moldean el territorio y crean paisajes según las necesidades del ser humano. Por lo tanto, derivado a ello, recae la importancia de delimitar las variables más representativas en el Departamento Sur, y lograr analizar cada una de ellas para establecer todas las relaciones entre dichas variables, para así, determinar cuál o cuáles factores han incidido en los cambios de uso de la tierra.

Son monumentales los desafíos que tiene la humanidad en el siglo XXI, como resultado del cambio ambiental global que hemos inducido al incrementarse el número de seres humanos y por la adopción de patrones tanto de producción como de consumo de bienes y servicios que presionan el funcionamiento de los ecosistemas a una escala sin precedente (Equihua-Zamora, M *et al.* 2015).

**Cuadro 3.** Recuento histórico de los mayores eventos hidrometeorológicos, sísmicos y políticos que han sido determinantes en la gobernanza de Haití, 1973-2017.

<b>Evento</b>	<b>Año</b>	<b>Daños / Descripción</b>
Huracán Allen (Categoría 5)	1980	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de la cosecha de café destruida.</li> <li>• 220 muertes y 835 personas sin hogar.</li> </ul>
Huracán Gilberto (Categoría 5)	1988	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 53 muertes.</li> <li>• Estado de emergencia para la zona sur. Pérdidas estimadas en \$ 91.2 millones.</li> </ul>
Golpe de Estado	1988	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leslie Manigat fue derrocado por el General Henry Namphyn, y éste por Proper Avril.</li> </ul>
Golpe de Estado	1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrocan a Bertrand Aristide a 7 meses de haber iniciado su gobierno.</li> </ul>
Embargo internacional	1991-1994	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La OEA no reconoce el Nuevo gobierno militar, y congelar los bienes de Haití en el extranjero y se decreta embargo internacional.</li> <li>• Fuerte disminución del PIB.</li> </ul>
Huracán Gordon (Categoría 1)	1994	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1122 personas muertas (Inclusive hasta 2 200 personas).</li> </ul>
Huracán Georges (Categoría 4)	1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 personas muertas.</li> <li>• 34 heridos.</li> <li>• 40 desaparecidos.</li> <li>• 167.500 personas afectadas.</li> </ul>
Golpe de Estado	2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Presidente Aristide fue secuestrado bajo un comando de los Estados Unidos y apoyo de Francia. Lo llevan hacia La República Centroafricana.</li> </ul>
Huracán Denis (Categoría 4)	2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes inundaciones en varias ciudades del sur de Haití.</li> <li>• Más de 500 personas sin hogar.</li> </ul>
Huracán Wilma (Categoría 5)	2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una serie de deslizamientos causó la muerte de 10 personas.</li> </ul>

Tormenta Tropical Alpha	2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundaciones y deslizamientos causaron la muerte de 12 personas.</li> </ul>
Huracán Gustav (Categoría 4)	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 66 personas muertas.</li> <li>• 10.376 familias damnificadas.</li> <li>• 2212 casas destruidas y 8151 con severos daños.</li> </ul>
Huracán Ike (Categoría 4)	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devastó todo aquello que quedó débil tras el Hanna, Fay y Gustav.</li> </ul>
Terremoto (Magnitud 7.3°)	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más de 200.000 personas muertas.</li> <li>• 1.5 millones de personas sin hogar.</li> <li>• Decenas de infraestructuras dañadas y colapsadas.</li> </ul>
Brote de cólera	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más de 4000 personas muertas.</li> </ul>
Huracán Sandy (Categoría 2)	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 53 personas muertas.</li> <li>• 200 000 personas sin hogar.</li> <li>• Grandes inundaciones y daños en el sur de Haití.</li> <li>• Costo de daños por \$ 750 millones</li> </ul>
Brote de cólera	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 personas muertas.</li> <li>• 5000 personas infectadas.</li> </ul>
Sequía	2013-2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectaciones y pérdidas de cultivos.</li> </ul>
Huracán Matthew (Categoría 5)	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casi 1000 personas muertas.</li> <li>• Costo de daños por \$ 2700 millones.</li> </ul>

Fuente: EcuRed, 2015; Haiti-Référence, 2016; FLACSO, s/f.

#### **4. Capítulo cuarto: Análisis y correlación de variables del Cambio Global en el Departamento Sur**

En el territorio convergen múltiples variables de diferente orden y categoría, los cuales pueden referirse a los ámbitos político, social, económico o cultural. De la misma forma, factores biofísicos propios del sistema Tierra, como el clima, dinámica físico-química interna, ciclos biogeoquímicos naturales, entre muchos otros, que, interactúan entre sí, creando un planeta, una región o un área mínima, compleja, dinámica y cambiante. La interacción entre los propios sistemas biofísicos entre sí y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos, es una característica esencial del cambio global que dificulta la predicción de su evolución (Duarte, C *et al.* 2006).

Desde el enfoque del cambio global, el papel que funge el ser humano en el territorio es de suma importancia, ya que es el principal actor-modificador de muchos de los cambios ocurridos en el ambiente terrestre (Zamora *et al.* 2015; Ozcáriz, 2008; Stern *et al.* 1992). A su vez, todos los factores naturales de la Tierra, y su natural dinámica, pueden influir directamente en un cambio de las actividades humanas dentro de un territorio determinado. Es decir, es una interacción recíproca de energías, las cuales llevan a cambios globales.

Puntualizando en el concepto, Duarte *et al.* (2006) definen el cambio global como el conjunto de modificaciones ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra. El término global, desde la perspectiva de escala, no se refiere a una amplitud total del Globo Terráqueo, sino más bien a la integralidad de tantas variables posibles para analizar y entender la serie de transformaciones espaciales y temporales; de hecho, el cambio global aplica para un continente, región, país o un área local específica.

Según *Committee on the Human Dimensions of Global Change et al.* (1999), se espera que los impactos del cambio global en las sociedades y las economías aumenten enormemente en el próximo siglo. Por ejemplo, gran parte del cambio global que eventualmente resultará de las actividades humanas pasadas aún no se ha producido, y las tendencias actuales en estas actividades auguran grandes aumentos potenciales en el cambio global.

Por tanto, se ha seleccionado un conjunto de variables biofísicas y socioeconómicas cuantificables, que son representativas para la integralidad y análisis de cambio de uso de

la tierra en el Departamento Sur. Ante ello, y la limitante de datos disponibles en Haití, se concretan las siguientes variables:

1. Cobertura del uso de la tierra, desde el año 1973, hasta junio del año de 2017.
2. Clima: Temperatura y precipitación, a partir del año 1973 hasta el año de 2016.
3. Producto Interno Bruto, desde el año 1990 hasta el 2016.
4. Índice de Desarrollo Humano, desde 1980 hasta el 2014.
5. Población, basado en los censos poblacionales y sus proyecciones desde el año de 1973 hasta año de 2015.

Para cada una de las variables se calculó la tasa de cambio anual, dato que será base fundamental para lograr establecer una relación multivariable entre sí mismos (según fórmulas estadísticas) lo cual se desarrollará en los apartados siguientes.

#### **4.1. Cobertura de uso de la tierra y cambio espacio-temporal**

De forma concreta, el primer resultado que se obtiene es la verificación del uso de la tierra en el Departamento Sur. Claro está, es de gran importancia corroborar las coberturas de uso para lograr alcanzar productos lo más cercanos a la realidad, tras correr las clasificaciones supervisadas para cada uno de los años propuestos en la investigación. Las imágenes utilizadas (en proyección WGS84), se seleccionaron según: la calidad radiométrica, la cobertura nubosa (porcentaje menor al 10%) y la temporalidad disponible en la base de datos de USGS (**cuadro 4**).

El promedio de intervalo anual entre cada una de las imágenes es de 6 años, temporalidad idónea que para un rango de investigación amplio. Además, permite una lectura de los resultados de las clasificaciones más eficiente. Es entonces, luego de lo observado en campo y según la resolución espacial del grupo de imágenes, se establecen seis usos de la tierra, los cuales se presentan en el departamento de forma general y bien espacializada. Cada uno de ellos se describen el **cuadro 5**.

**Cuadro 4.** Temporalidad y características de las imágenes satelitales utilizadas para el Departamento Sur, Haití

Año	Misión Landsat	Resolución espacial (m)	Porcentaje de nubosidad
1973	Landsat 1	60	8.00
1979	Landsat 2	60	0.00
1986	Landsat 5	60	5.00
1992	Landsat 4	30	9.00
2000	Landsat 7	30	4.00
2007	Landsat 5	30 m	10.00
2013	Landsat 8	30 m	1.45
2017	Landsat 8	30 m	7.48

Fuente: Landsat Program, NASA-USGS. 2017.

**Cuadro 5.** Descripción de los usos de la tierra en el Departamento Sur, Haití.

Descripción	Imagen uso de la tierra
<p><b>Área urbana</b></p> <p>Son todos aquellos centros de población dispersos por el departamento, los cuales son: Les Cayes, Aquin, Saint-Luis-du-Sud, Port-Salut, Port-à-Piment y Côtes-de-Fer, y algunos caseríos dispersos, principalmente.</p>	 <p>Centro de la comunidad de Aquin, Haití. Fuente propia. 2017.</p>

### **Cultivos**

Comprenden cultivos anuales como: algunos tubérculos, maíz, frijol, arroz y otros cereales; y cultivos semipermanentes y permanentes como el café, vetiver, mango, aguacate, cacao, plátano y banano, entre otros.



*Cultivo de vetiver, La Source, Port-Salut, Haití. Fuente propia, 2017.*

### **Cuerpos de agua**

Se abarcan aquellas zonas húmedas como lagos y lagunas, esteros, deltas, ríos con pocos sedimentos o pocos depósitos de material lítico, salares, entre otros.



*Delta en Port-Salut, Haití. Fuente propia, 2017.*

### **Bosque**

Son consideradas áreas boscosas los parches de bosque primario del Parque Nacional Pic Macaya y otros relictos dispersos, así como bosques secundarios y bosques poco densos.



*Parche de bosque en las partes altas de Mouillage Fouquet, Haití. Fuente propia, 2017.*

**Matorral**

Es el sistema vegetativo con arbustos no mayores a 8 metros de altura, combinados con plantas y hierbas rasas de mediana y gran densidad. Es común observar árboles de mediano y mayor tamaño dispersos entre el matorral.



*Matorral denso, Mouillage Fouquet, Haití. Fuente propia, 2017.*

**Suelo desnudo**

Son los suelos descubiertos o con una baja densidad arbórea, pero con material rocoso aflorado; también aquellos sitios de grandes deslizamientos o ríos con grandes depósitos de material erosionado o lítico. De igual forma, las sabanas desnudas se toman en cuenta dentro de ésta categoría.



*Suelos expuestos, Matorrales en Mouillage Fouquet, Haití. Fuente propia, 2017.*

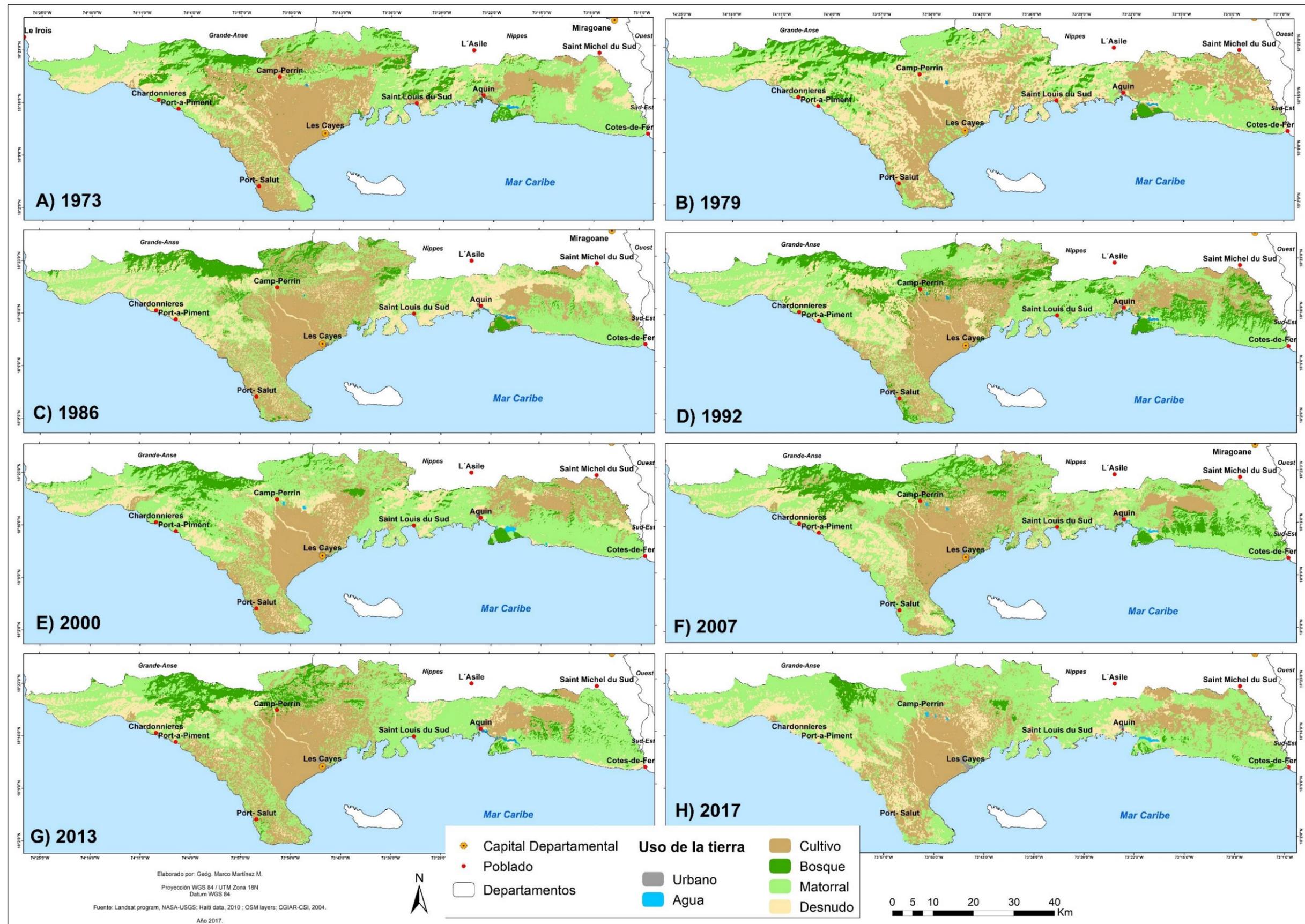


Figura 2. Uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, a partir de los años de 1973 al 2017. Fuente: Elaboración propia, 2017.

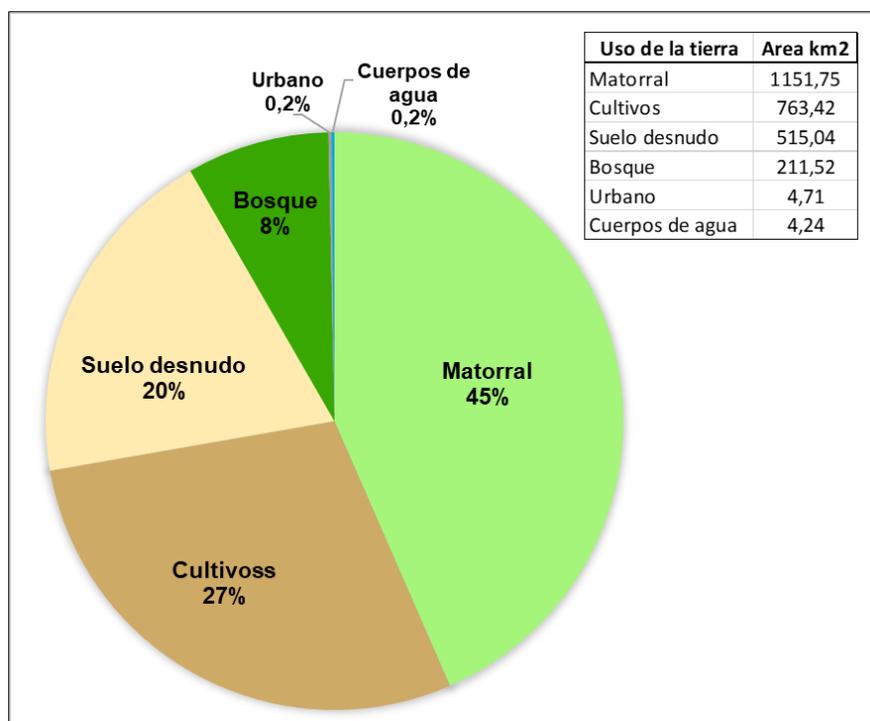
A partir de las coberturas descritas en el cuadro anterior, se definen las signaturas en la clasificación supervisada para obtener los mapas de uso de la tierra, para cada uno de los años propuestos (**Figura 2**).

Tal y como se observa en la serie de mapas, ha existido, hasta el año 2017, una dominancia de cobertura de matorrales en el Departamento, seguido por áreas de cultivos y suelo desnudo. Aditivamente, la cobertura boscosa tiende a disminuir considerablemente, más no así el suelo urbano, a pesar de no ser tan significativo arealmente, lo que confirma la ruralidad del departamento. Por otra parte, los cuerpos de agua aparecen y desaparecen sin causar mayor impacto en su dinámica de uso, lo que probablemente, estén en función de las condiciones meteorológicas de la zona.

El uso de la tierra para cada año planteado en esta investigación, denota una importancia por parte de los habitantes del Departamento por mantener las zonas agrícolas, a pesar de que se expresen en el territorio (según la información cartográfica producida) contracciones en el total de las áreas de los cultivos, desde el año 1973 hasta el año 2017. De hecho, Benegas *et al.* (2017) señalan que el Departamento de Sur está considerado como uno de los más importantes graneros del país.

Del mismo modo, se evidencia que la poca cobertura forestal para el año de 1973 (8% del Departamento Sur) es un problema que se arrastra desde los años coloniales (siglos XV-XVI) (González y Manero, 2011), e inclusive, para el año de 2017 no presentó aumento alguno (2% del Departamento Sur). De hecho, el mayor porcentaje de cobertura boscosa se presentó en el año de 1992, con un 12% del total del Departamento Sur.

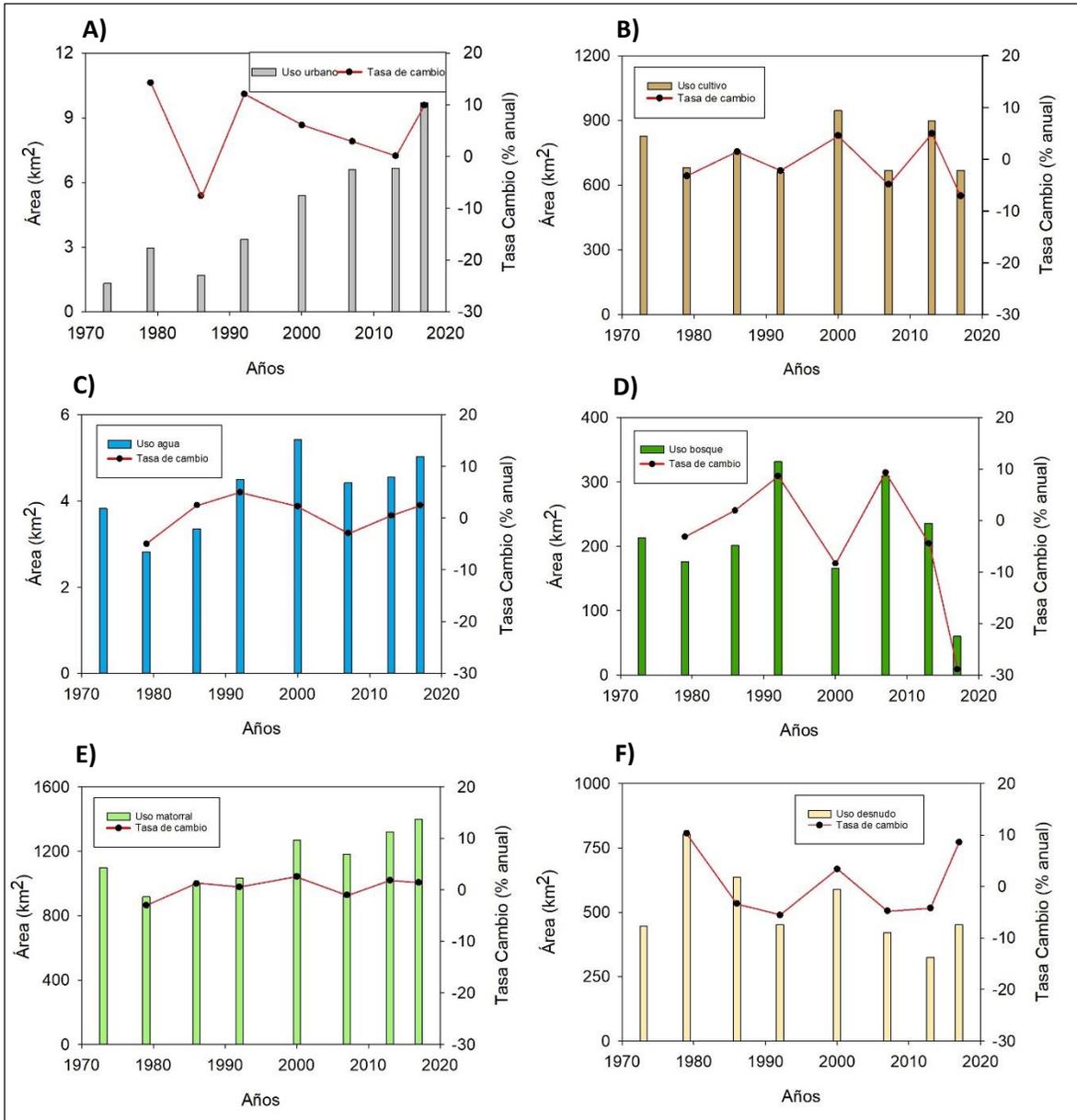
En otras palabras, el promedio areal para cada una de las coberturas, así como el porcentaje respecto al total del área del Departamento Sur, desde año 1973 hasta el 2017 se detalla en el **gráfico 1**:



**Gráfico 1:** Promedio areal de los usos de la tierra, entre los años 1973 al 2017, Departamento Sur de Haití. Elaboración propia, 2017.

#### 4.1.1. Variaciones temporales del uso de la tierra.

A cada cobertura por año, se obtuvo la tasa de cambio propuesta por la FAO (1996), adaptada por Ruiz *et al.* (2013) (**Ecuación 1**), en donde se observan los comportamientos de cambio entre los años analizados y ayuda a comprender mejor la dinámica de cambio de uso (**Figura 3**).



**Figura 3.** Gráficos de las áreas y tasas de cambio por uso de la tierra por año. Elaboración propia, 2017.

En la **Figura 3 A**, que corresponde al uso urbano, se presenta un evidente aumento areal conforme pasan los años, pero sin ser un uso tan representativo y de peso, respecto al total de área del departamento. En el año 1986 hay una disminución de 1.62 km<sup>2</sup>, con una tasa de cambio de -7.57% anuales, con lo que se relaciona directamente con el paso del Huracán Allen en 1980 (ver **cuadro 3**) el cual dejó daños sumamente considerables. Por otra parte, a pesar de que hay un crecimiento de la mancha urbana desde 1990 hasta el 2017, la tasa de cambio indica un leve aumento del uso, al punto de aumentar sólo 0.16% anual entre el 2007 y 2013. Toda esta fracción temporal corresponde a la inestabilidad política y

económica sufrida en Haití desde 1986 así como eventos naturales de gran envergadura, como el terremoto del 2010 (**cuadro 3**). De hecho, entre el año 2007 al 2013, sólo crece 0.07 km<sup>2</sup> el uso urbano.

La **Figura 3 B** detalla el comportamiento del uso cultivo, el cual muestra una dinámica muy fluctuante. Cabe resaltar cuatro eventos a nivel país que reflejaron cambio areal en este uso, tales como: 1) En 1986 hay una disminución de la cobertura de cultivo, con lo que se asocia a la gran sequía. 2) En el año 2000 se evidencia un aumento considerable del área de cultivo, lo que puede ser una consecuencia positiva de la estabilidad económica impuesta por el UNSMIH en la década de 1990. 3) A inicios del siglo XXI, el pueblo haitiano sufre de otro golpe de Estado, lo que relaciona en la disminución considerable del área de cultivo. 4) El huracán Mathew trajo consigo millonarios daños y muertes humanas, y que posiblemente haya impactado la cobertura de cultivo hasta disminuir 7.06% anuales respecto al año 2013 a la actualidad (**cuadro 3**).

Los cuerpos de agua se representan en la **Figura 3 C**, donde se observa un aumento respecto a la fecha de inicio del estudio, sin embargo, presenta algunas fluctuaciones interanuales que están mediadas a la dinámica climática propia de la región y la temporalidad de la captura de las imágenes satelitales (temporadas de huracanes, época de lluvias convectivas, ENOS y época seca, entre otros).

Los parches de bosque figuran en la **Figura 3 D**, exponiendo una evidente disminución en su área desde el año 1973 hasta el año 2017. Este uso también, tiene un comportamiento inestable a través del tiempo de estudio, pero resaltan dos escenarios que se asocian con eventos documentados en el **cuadro 3**, los cuales: 1) Entre los años 1992 y 2000 hay una gran deforestación, contemporánea a la crisis económica y política (1991-1994) y el Huracán Gordon que causó considerables daños. 2) Entre los años 2007 y 2017, han ocurrido una serie de eventos naturales que pueden causar la otra gran deforestación en la zona, donde han sido testigos de los huracanes Gustav (2008), Ike (2008), Sandy (2012) y Mathew (2016), así como el terremoto del año 2010. La tasa de cambio entre los años 2013 al 2017 disminuyó en un 29% anual, lo que representan una alta deforestación.

La **Figura 3 E** muestra las áreas y tasas de cambio para el uso matorral. Este es un uso más estable, respecto a los demás en análisis, pero comparando el dato inicial del área en

1973 ante el 2017, ha sostenido un aumento de 0.6% anual, lo que quiere decir que aumentó en casi 300 km<sup>2</sup>; recordar que, éste el uso dominante en todo el Departamento Sur con el 44% respecto al total del área.

El suelo desnudo, **Figura 3 F**, por su parte exhibe amplias variaciones areales, y puede tener relación la crisis reportada a inicios de los años 90 con el aumento anual del 3.4% entre los años 1992 y 2000, y el otro segundo aumento importante entre los años 2013 y 2017 con una tasa de cambio del 9% anual, como una consecuencia de la deforestación post terremoto y huracanes ya mencionados para el **Figura 3 E**.

#### **4.1.2. Variaciones espaciales del uso de la tierra**

La medición cuantitativa de los usos de la tierra, y su expresión estadística, son un resultado determinante dentro del análisis de cambio de usos, ya que arroja ideas preliminares sobre el posible comportamiento temporal de cada uso, y comparando cada mapa anual, se confirman algunas de esas hipótesis. Sin embargo, atreverse a desarrollar un método que exprese dichos cambios, de forma espacial, es fundamental para comprender de una forma más integral la dinámica de los cambios del uso de la tierra a lo largo de un período.

A partir de ello, se obtiene un mapa de direccionalidad de cambio de uso (**Figura 8**), tomando como base los años 1973 y 2017, es decir, un inicio y un final o destino de cambio, respectivamente. Bajo este principio, se creó una matriz de tres columnas, donde en la primera se ubican los usos codificados de 1973, en la segunda los usos codificados del 2017, y en la tercera columna la dirección de cambio entre ambos años. Por lo tanto, como ya se mencionó, cada uso tiene una codificación numérica progresiva para ambos años, siendo: 1= urbano, 2= cuerpos de agua, 3= cultivo, 4= bosque, 5=matorral, 6= suelo desnudo. Por ejemplo, la direccionalidad de cambio se basa en que si en un área determinada, para el año 1973 existía el uso urbano, y luego en el 2017 se mantenía dicho uso, el valor de la tercera columna sería igual a 1; y si en un área determinada para el año 1973 predominaba el uso urbano, y luego en el 2017 pasó a cultivo, entonces, el valor de la casilla de la tercera columna sería 3. En total, son 34 interacciones de direccionalidad, ya que no hubo una conducta de cambio entre urbano hacia bosque ni de urbano hacia cuerpo de agua.

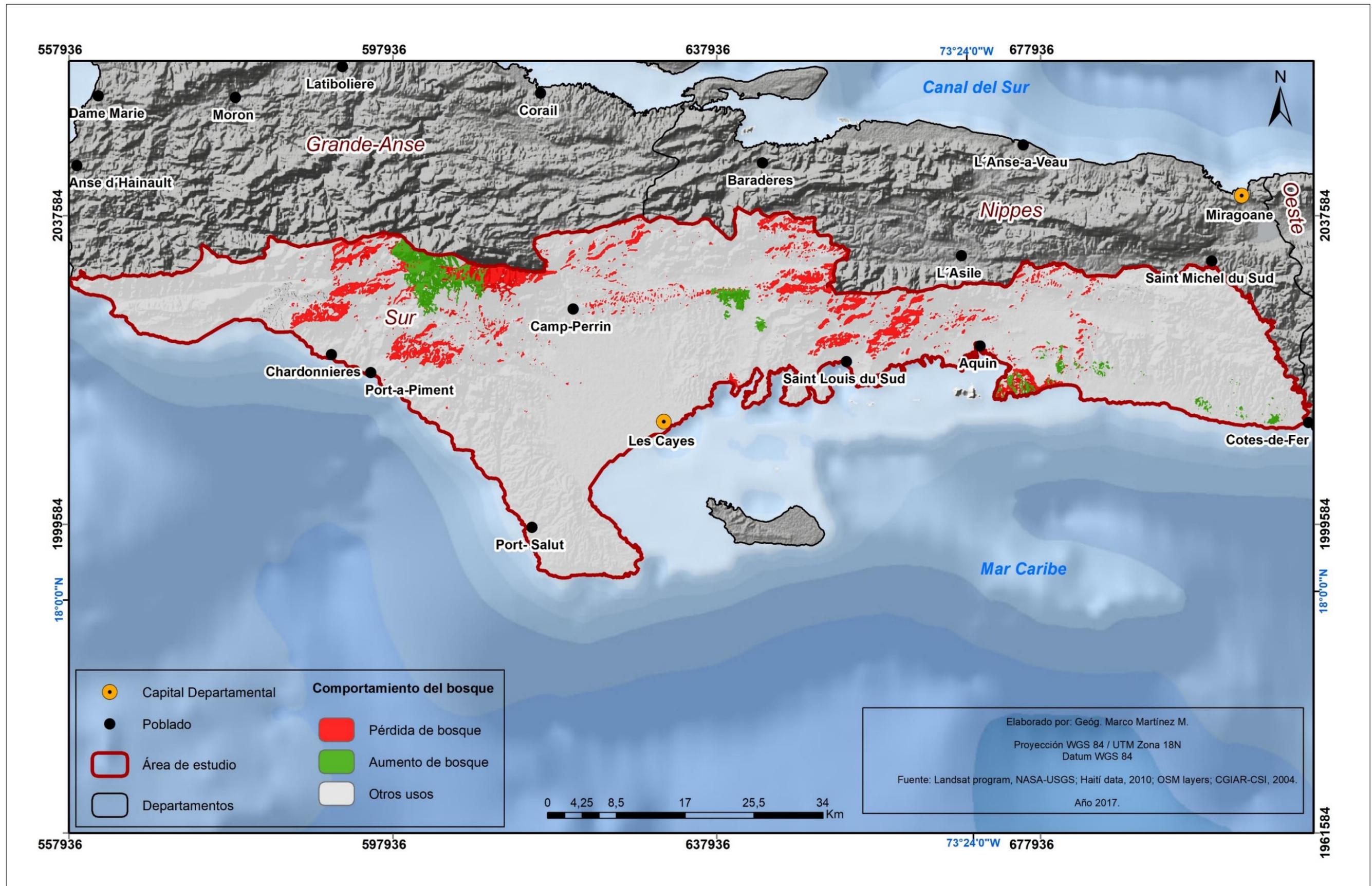


Figura 4. Comportamiento espacial de la cobertura de bosque en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.

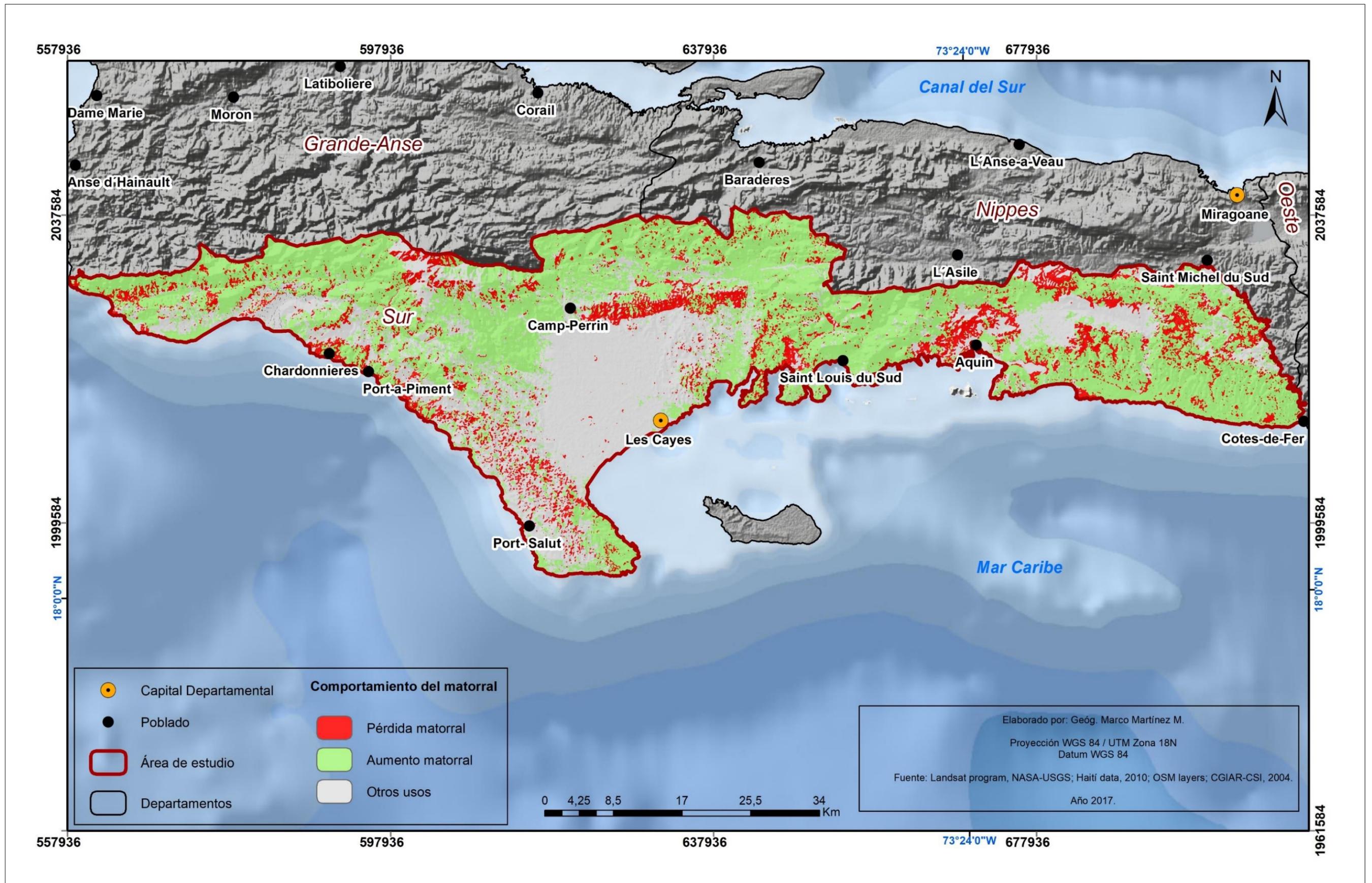


Figura 5. Comportamiento espacial de la cobertura de matorral en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.

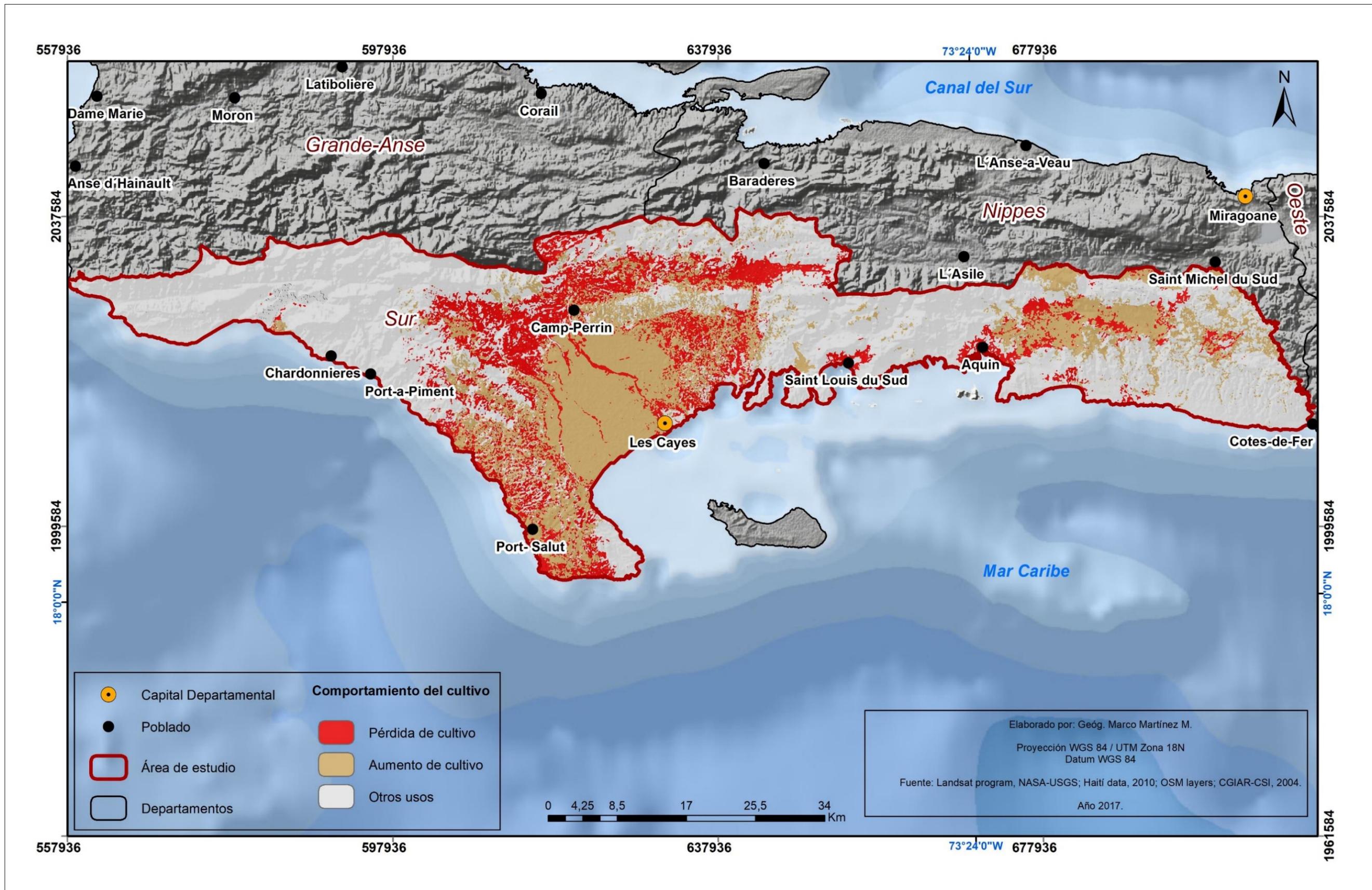


Figura 6. Comportamiento espacial de la cobertura de cultivo en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.

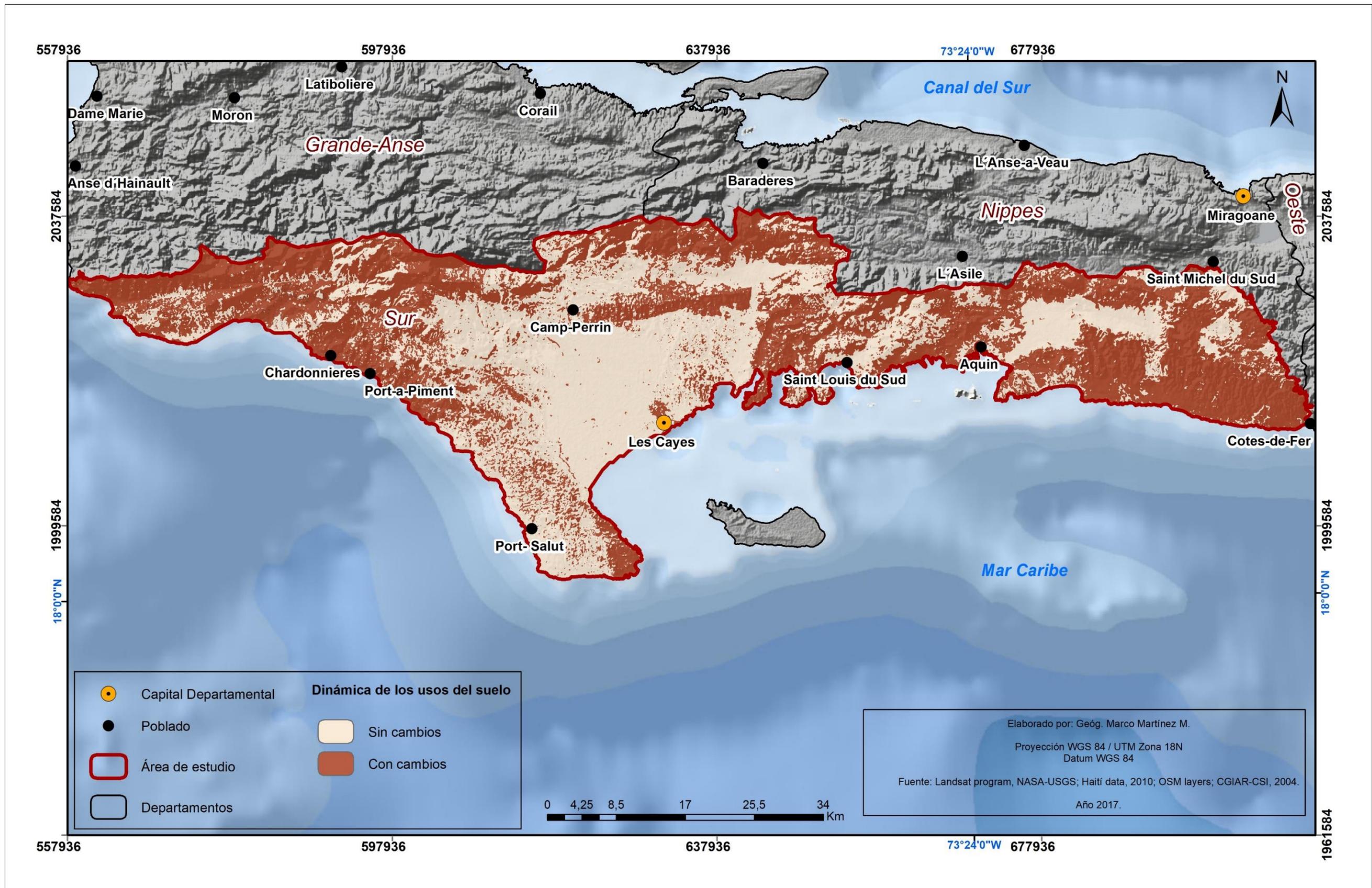


Figura 7. Cambios espaciales totales del uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, desde el año 1973 hasta el año 2017. Elaboración propia, 2017.

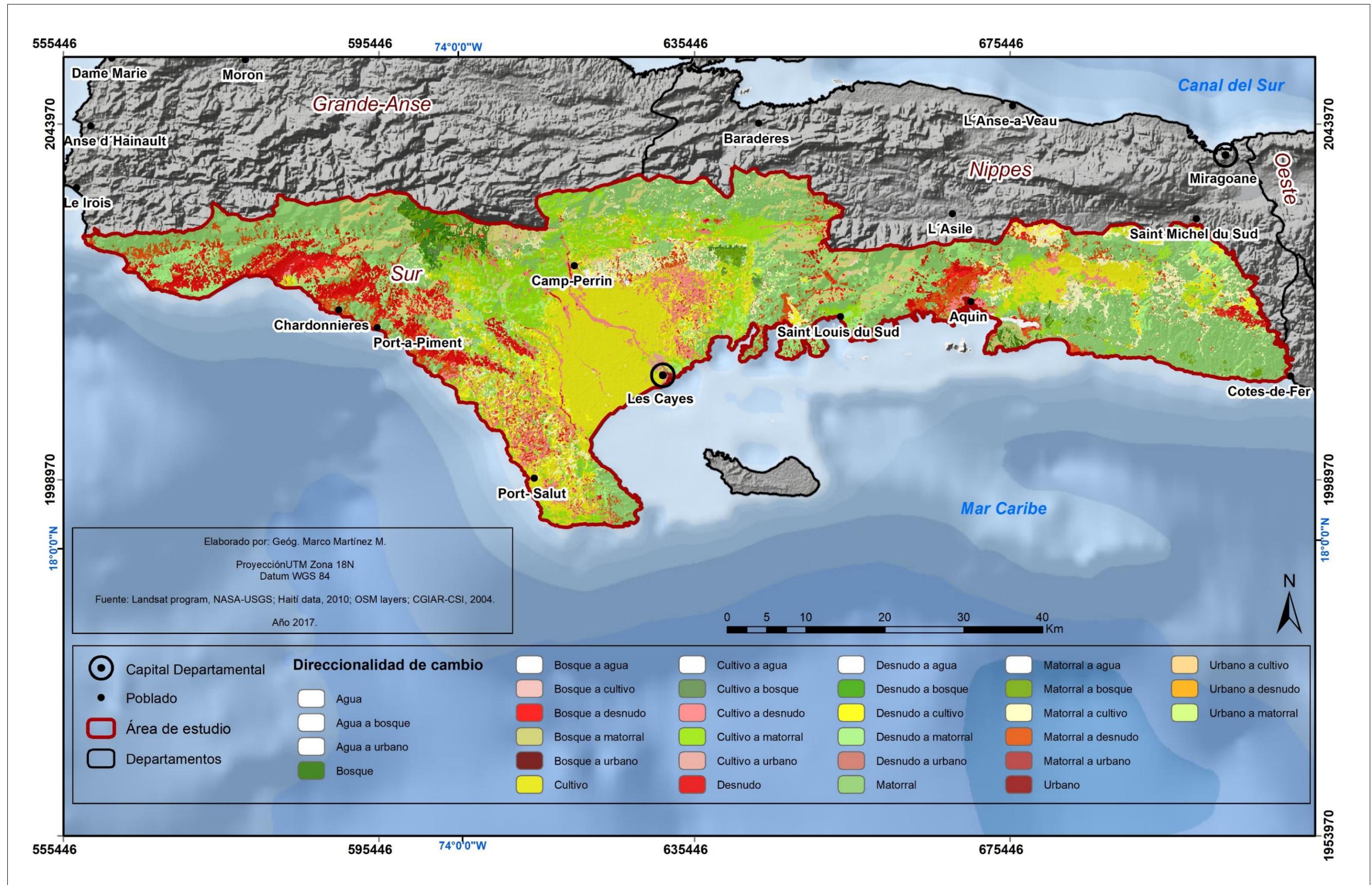


Figura 8. Direccionalidad de cambio de uso de la tierra en el Departamento Sur de Haití, entre el año 1973 al año 2017. Elaboración propia, 2017.

En pocas palabras, la direccionalidad de cambio de uso de la tierra, se define como el paso de una cobertura a otra cobertura, en un tiempo y espacio determinado. Dicha direccionalidad puede estar influida por aspectos externos al uso de la tierra, como lo son la dinámica poblacional (aumento o disminución de habitantes), el clima o cambios en el sistema económico y político, entre otros. Lo determinante es, lograr mostrar mediante herramientas cartográficas, el comportamiento espacial de cada una de las coberturas en el Departamento Sur.

De forma consecuente, mediante la matriz establecida, se obtuvieron mapas, en los que se expresan básicamente, dónde un uso determinado ganó terreno, y dónde tuvo pérdidas. Para el análisis de este proyecto, interesa valorar los cambios de los usos de bosque, matorral y cultivo. Por tanto, la **Figura 4** expone la variación espacio-temporal de la cobertura boscosa, desde 173 hasta el año 2017. En ella se observa claramente una pérdida forestal a partir del año 1973, quedando únicamente algunos parches de bosque en la zona del Pic Macaya, en la zona central y sureste del departamento. El uso forestal tuvo direccionalidad de cambio a todos los demás usos en estudio.

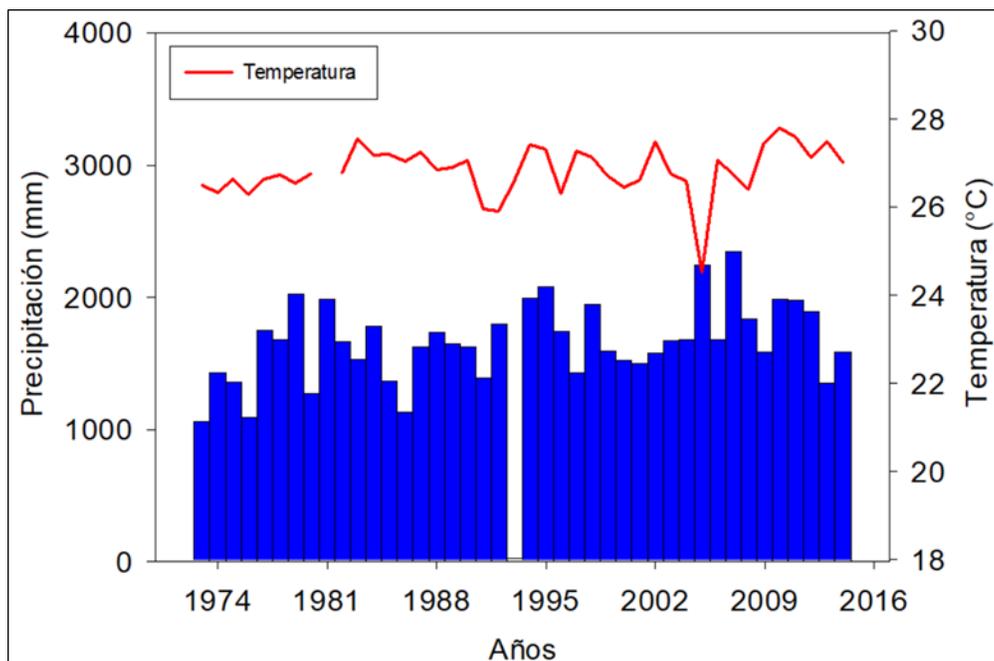
En el caso del uso matorral, mostrado en la **Figura 5**, muestra un contundente mantenimiento espacio-temporal de dicho uso, a lo largo de todo el departamento desde el año 1973. Son apenas pequeños y medianos parches de pérdidas areales que sufrió el matorral, el cual presentó direccionalidad en todos los demás usos.

El otro uso de interés para este documento es el uso cultivo, expuesto en la **Figura 6**, el cual tiene una dinámica espacial muy peculiar, respecto a los demás usos, ya que las áreas con pérdidas del uso se encuentran totalmente cercanas en forma periférica al uso aumentado, en su mayoría. Esto explica aquellas áreas netamente agrícolas, relacionadas a eventos geomorfológicos históricos que ayudaron a establecer condiciones edáficas para para ser cultivables. De la misma forma, se sintetiza espacialmente en la **Figura 7**, aquellas áreas que sufrieron algún cambio de uso, independientemente de la direccionalidad, y aquellas que, entre los años 1973 y 2017, no tuvieron cambio alguno, es decir, se mantuvieron estables en su dinámica de uso de la tierra.

## 4.2. Análisis de las variables climáticas y socio-económicas

Al inicio del presente capítulo, se mencionan las variables que se incluyen dentro del concepto de cambio global, para fines de este proyecto. Por tanto, es necesario mostrar su comportamiento temporal y las relaciones con eventos hidrometeorológicos y políticos más relevantes de Haití, detallados en el **cuadro 3**.

Así, en el **Gráfico 2** se muestra el registro de pluviosidad y temperatura del Departamento Sur, desde el año 1973 hasta el 2014, donde se evidencia un régimen de lluvias oscilante entre 1058 mm/m<sup>2</sup> y 2342 mm/m<sup>2</sup>. Además, la temperatura promedio mínima fue de 26 °C y la máxima de 28 °C. Por su parte, el gráfico demuestra la magnitud de algunos eventos hidrometeorológicos y climáticos que tuvieron como escenario la Isla La Española o bien, la región caribeña (**cuadro 3**), como lo son: 1) En 1983 se presentó una temperatura promedio de 27.6 °C, una de las más altas registradas durante del período en estudio, el cual coincide con la temporalidad del Fenómeno del Niño de 1982-1983 (NOOA, 2015); 2) En el año 2005 se formaron dos huracanes (Denis y Wilma) y una Tormenta Tropical (Alpha) que tomaron paso sobre territorio haitiano, por lo que pudo influenciar la disminución notable de la temperatura (siendo la mínima dentro del período en estudio) y uno de los niveles más altos de pluviosidad registrados, dentro del período de estudio, con 2246 mm/m<sup>2</sup>.

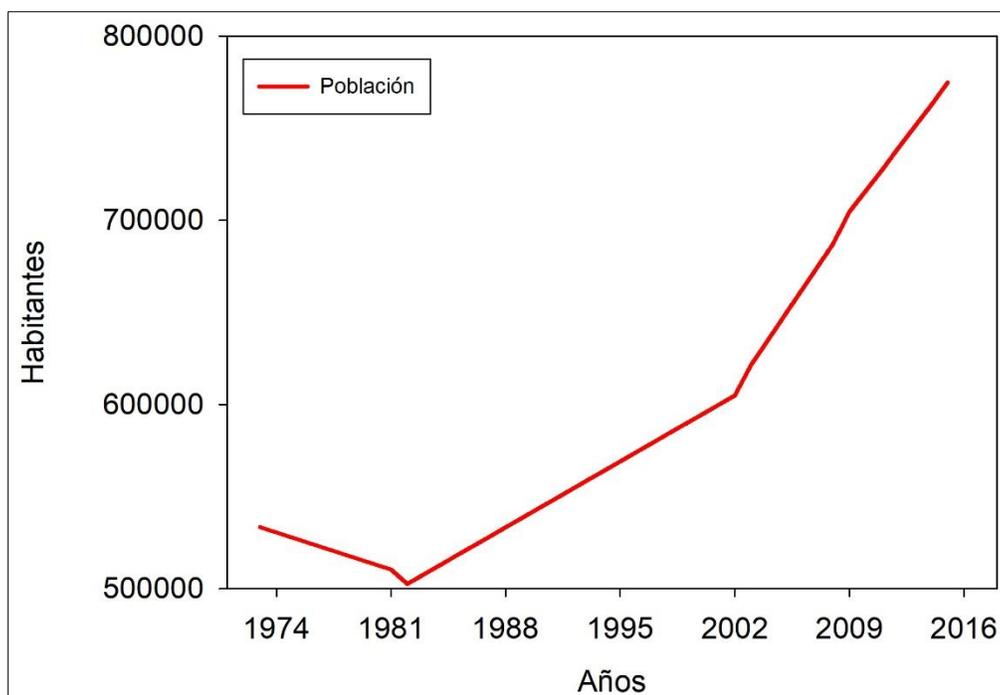


**Gráfico 2.** Precipitación acumulada anual (barras en azul) y temperatura promedio anual en el Departamento Sur de Haití, 1973-2014. Fuente: NOAA, 2017.

Por otra parte, el **Gráfico 3** exhibe la población total del Departamento Sur, desde el año 1973 al 2016, donde, como se ha recalcado a lo largo de éste capítulo, hay acontecimientos de dinámica poblacional que van de la mano con algunos eventos recopilados en el **cuadro 3**, tales como: 1) la inflexión en la línea demográfica, entre 1973 hasta 1982, puede estar atribuido, principalmente, a la inestabilidad política ocasionada por la dictadura de los Duvalier, la crisis económica y el descontento social. A su vez, el pésimo sistema de seguridad social y de salud, juegan un papel importante. 2) Luego de 1982, la dinámica poblacional presentó un crecimiento sostenido hasta el 2002, pero a partir de este año, los registros censales detallan un aumento aún mayor, comportamiento congruente con la consolidación del asistencialismo internacional y de la ONU para estabilizar la economía y las relaciones políticas internas.

A pesar de ello, el siglo XXI ha sucumbido el territorio haitiano con múltiples eventos hidrometeorológicos y con uno de los terremotos más fuertes en su historial, y que ha causado cientos de muertes de habitantes. Como dato total, hay un aumento neto de 241.582 habitantes desde el año 1973 hasta el 2016. Sin embargo, Haití cuenta con alrededor de 1,5 millones de ciudadanos fuera de su país, motivados en el éxodo en búsqueda de mejores condiciones laborales, de salud y acceso a servicios básicos (OIM, 2011)

Además, convergen en el tema algunas situaciones que ayudan a aumentar la mortalidad en Haití. Según CEPAL (2010) la población haitiana masculina tiene una esperanza de vida de 56,4 años y la femenina de 59,9 años; se espera que entre los años de 2015 al 2020, se presente una esperanza de vida promedio de 64,3 años (CEPAL, 2018). Por otro lado, la misma Organización asegura que, para el año 2007, unas 120.000 personas presentaban la enfermedad de VIH/SIDA (el 52% del total de población con la enfermedad en el Caribe). En Haití, 7.500 personas fallecieron a causa del SIDA para el año 2007. Además, otro factor que incide en la mortalidad haitiana es el brote de cólera que proliferó durante los meses post terremoto, en el año 2010 (**cuadro 3**). Así, según la Organización Panamericana de la Salud (2017) para el año 2010 se presentaron 179.379 casos de cólera entre los haitianos, falleciendo unos 3.990 habitantes. Para el año 2016, se contabilizaron 41.421 casos de brote, muriendo 447 habitantes del total de infectados. A pesar de los altos números de infectados, se ha logrado reducir considerablemente la cifra de defunciones por la epidemia del cólera.

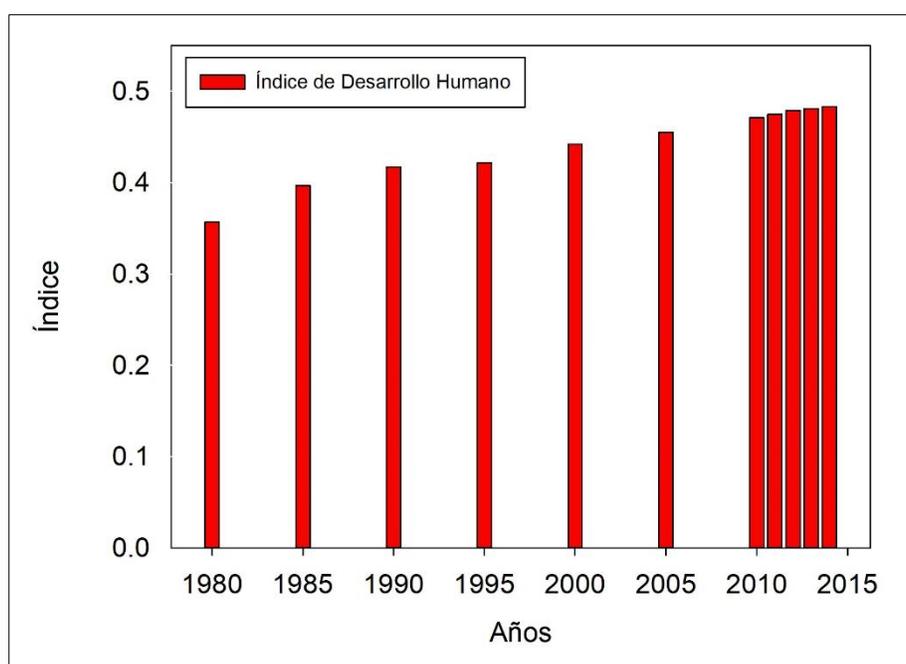


**Gráfico 3.** Población total del Departamento Sur de Haití, 1973-2016. Fuente: IHSI, 2017.

Conjuntamente, el Índice de Desarrollo Humano se representa en el **Gráfico 4**, el cual exhibe el comportamiento quinquenal del reporte de desarrollo humano, implementado por el PNUD. Dicho índice está basado en el cálculo de dimensiones del desarrollo humano: vida larga y saludable, con conocimientos (educación) y calidad de vida. De hecho, no refleja desigualdades, pobreza, seguridad humana y empoderamiento, entre otros. (PNUD, s/f).

Detallado lo anterior, se ostenta en Haití, a partir del año 1980 hasta el 2014, un crecimiento lento para el IDH, el cual, sólo ha crecido un 0.12 dentro del índice, y que prácticamente, entre el año 2010 al 2014 se ha mantenido estable, es decir, no ha disminuido, ni tampoco ha tenido un crecimiento representativo. Durante este período de disponibilidad de datos, el promedio del IDH ha sido de 0.4, indicador que posiciona a Haití como uno de los países con el índice más bajo (en total son 187 países), para el año 2014, ocupando inclusive, el índice más bajo de América Latina, en la casilla 167. (PNUD, s/f). Esto es un reflejo de toda la inestabilidad no superada y aumentada, a través de los años con números golpes de Estado, crisis financieras, epidemias, y daños causados por eventos naturales e hidrometeorológicos.

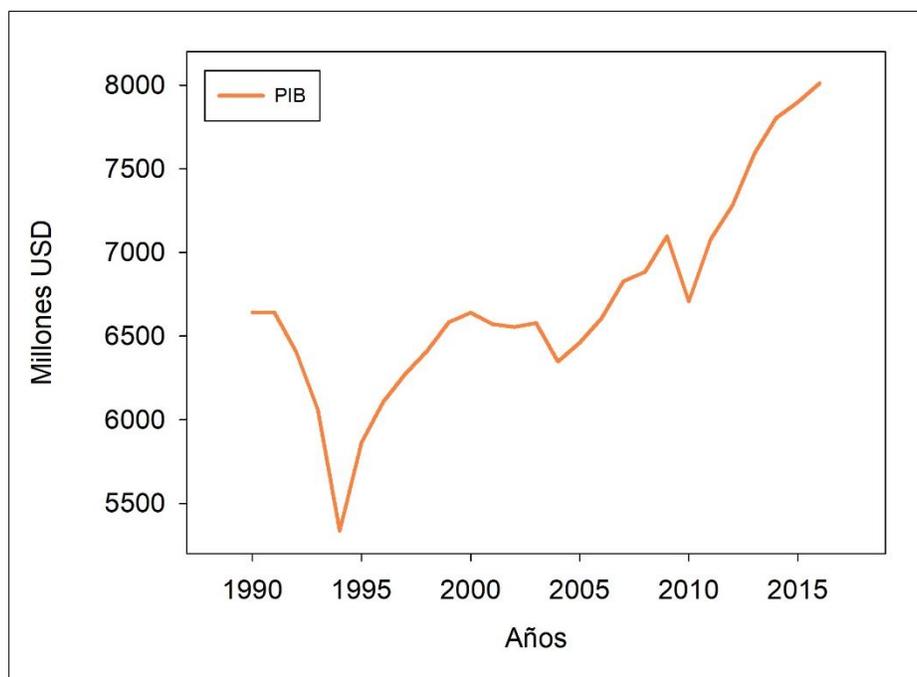
Los niveles bajos de desarrollo humano registrados en Haití, han propiciado reflejar dinámicas territoriales expresadas en: el sector agrícola, con medidas rudimentarias en el manejo de los suelos y técnicas de conservación; en ordenamiento territorial y Gestion de Riesgo, con la nula creación de programas que favorezcan disminuir la vulnerabilidad de las comunidades ante las manifestaciones de los eventos hidrometeorológicos y físicos de en Haití; y la poca concientización en temas de ambiente y recursos naturales, los cuales han ayudado a establecer la deforestación de los bosques y de los manglares en zonas costeras, así mismo, ha sido constante el comportamiento del suelo, en este caso en el Departamento Sur.



**Gráfico 4.** Índice de Desarrollo Humano de Haití, 1980-2014. Fuente: UNDP, s/f.

Por último, el **Gráfico 5** simboliza el comportamiento del Producto Interno Bruto, según totales anuales a precios constantes en dólares, para Haití. En él, se observa una serie de eventos que marcan de forma negativa un potencial crecimiento del PIB, como: 1) Entre 1991 a 1994 se evidencia una disminución del nivel pseudo constante que el PIB mantenía, relacionado ello con la crisis económica producida tras el embargo financiero propiciado por la OEA, como efecto del golpe de Estado a Bertrand Aristide. 2) La caída manifiesta en el año 2004, se debió por el segundo golpe de estado a Aristide y su consecuente exilio. 3) En el 2010, el evento más inmemorable para la comunidad internacional y haitiana, el terremoto del 12 de enero, hecho que desbalanceó el sistema político y económico. Según

Díaz y Kou (2014), aproximadamente Haití sufrió daños y pérdidas valoradas en más de 7.700 millones de dólares, y que luego, recibió 5 mil millones de dólares en ayuda humanitaria y reconstrucción. Realmente, el 40% del presupuesto anual del gobierno, se compone de ayuda extranjera. 4) A partir del año 2011 se aprecia un crecimiento del PIB, en unos \$ 934.14 millones hasta el 2016, lo que atañe a la fuerte intervención de la ONU y otros organismos internacionales en Haití para todo el programa de asistencia humanitaria y estabilidad política.



**Gráfico 5.** Producto Interno Bruto de Haití, 1990-2016. Fuente: CEPAL, 2017.

Según los datos expuestos, muestran un panorama poco positivo y desalentador para el territorio haitiano, el cual ha afrontado una serie de eventos hidrometeorológicos y geodinámicos extremos, así como declives y estancamientos en el desarrollo humano y económico, mediado también, por situaciones políticas poco progresistas y las malas decisiones por parte de los Jefes de Gobierno y gabinetes que han deteriorado el Estado de Haití. Cada uno de estos acontecimientos, inciden en una alteración del sistema global, y, su interrelación entre sí, conducen a un dinamismo en el territorio, donde el ser humano, es el principal actor. De manera que, los problemas ambientales y socioeconómicos generados por el cambio global constituyen el desafío más importante al que se enfrenta nuestra sociedad, y en la actualidad, hay un consenso general sobre la magnitud de los

cambios en el Planeta debidos a los impactos provocados por las actividades humanas (Zamora *et al.*, 2015).

### 4.3. Correlación multivariable de los factores climáticos, socio-económicos y el uso de la tierra

En los apartados anteriores se detalló la conducta estadística de las variables que forman parte de este proyecto, y su relación potencial con los eventos político-económicos e hidrometeorológicos más relevantes en Haití. Por tanto, es necesario conocer más a fondo, bajo un fundamento estadístico matemático, las relaciones intrínsecas entre las variables, y el peso de cada una de ellas en el cambio de uso de la tierra.

En primera instancia, tal como se muestra en la **Figura 9**, son las correlaciones derivadas del Método de correlación de Spearman, el cual relaciona variable por variable, y muestra aquellas correlaciones más determinantes ( $R > 0.6$  y  $p < 0.05$ ), procedentes de la relación de todas las variables en estudio (datos absolutos y sus tasas de cambio). Es válido aclarar que los niveles de correlación y significancia son expresiones estadísticas y no necesariamente tengan peso en la realidad del comportamiento natural de cada uno los usos y su cambio respectivo.

<i>Celdas contienen: Coeficiente de correlación Valor de significancia</i>		
<b>A)</b>		
<b>Urbano</b>	<b>Matorral</b>	<b>Población</b>
	0.81	0.86
	0.01	0.01
<b>B)</b>		
<b>Bosque</b>	<b>Desnudo</b>	
	-0.62	
	0.09	
<b>C)</b>		
<b>Matorral</b>	<b>Población</b>	
	0.93	
	< 0.001	

**Figura 9.** Correlaciones significativas de toda la matriz de datos basado bajo el Método Spearman.  
Fuente: Datos propios. 2017.

La **Figura 9 A** explica que conforme el uso urbano crece, a su vez lo hacen el matorral, el PIB, y la población. A su vez, todas estas variables tienen una significancia del 99%, excepto el PIB, el cual tiene un 90% de significancia, lo que indican su alta correlación respecto al uso urbano. La **Figura 9 B** revela la única correlación determinante entre bosque y suelo desnudo, en el cual, mientras el bosque aumenta, el suelo desnudo disminuye, o viceversa. Aunado a lo anterior, esta relación es 90% significativa. Por otra parte, en la **Figura 9 C** se muestra la correlación bastante alta entre el matorral y la población, es decir, cuando el matorral aumenta en área, también aumenta la población, bajo una significancia de más del 99%.

Para lograr medir puntualmente, de forma estadística, cuáles variables socioeconómicas y climáticas realmente influyen en el cambio del uso de la tierra, se utilizó el Método de Regresión Linear Multivariable “*Stepwise*”, el cual permite relacionar todas las tasas de cambio de las variables respecto a una tasa de cambio de uso determinado, y el mismo método se encarga de filtrar las variables influyentes. Según lo anterior, la **Tabla 1**, enlista cada uno de los usos de la tierra y aquellas variables que son determinantes estadísticamente, en su posible cambio.

**Tabla 1.** Regresión significativa de variables seleccionadas entre todas las combinaciones posibles.

Uso de la tierra	Variable	R	R <sup>2</sup>	P	Fórmula
Urbano	----	----	----	----	----
Cultivo	T.C precipitación ( $x_1$ )	0.71	0.51	0.05	$y = 3.567 - 0.207 * x_1$
Agua	----	----	----	----	----
Bosque	----	----	----	----	----
Matorral	T.C población ( $x_1$ )	0.87	0.76	0.003	$y = 4.538 - 2.281 * x_1 + 0.211 * x_2 + 1.441 * x_3$
	T.C temperatura ( $x_2$ )	0.95	0.90	0.04	
	T.C. IDH ( $x_3$ )	0.98	0.97	0.04	
Desnudo	T.C población ( $x_1$ )	0.66	0.43	0.08	$y = 12.866 + -9.142 * x_1$

Fuente: Datos propios, 2017

T.C = Tasa de Cambio

Entonces, basado en lo antepuesto, el uso urbano y el bosque no obtuvieron ninguna correlación estadística que explique el cambio que cada uno ha presentado, es decir, ninguna de las variables involucradas en este proyecto son totalmente concluyentes para influir en el cambio de dichas coberturas. Por tanto, los posibles cambios son influenciados por factores climáticos y eventos temporales, o bien, por razones de comportamiento humano, de los cuales, no abarca el proyecto.

Además, el cambio del uso del cultivo tiene una alta correlación con la tasa de cambio de la precipitación, siendo un 95% significativa en el cambio. Las demás variables, son descartadas, ya que no alcanzan un nivel de correlación mínimo. También, el uso matorral presenta una alta correlación ante tres variables: tasa de cambio de la población, el cual es el factor con mayor significancia en cerca del 99%; y la tasa de cambio de la temperatura y el IDH son un 95% significativa en el cambio de uso de matorral. Así mismo, para el cambio del suelo desnudo, se encontró una correlación con la tasa de cambio de población, rondando el 90% de significancia.

En otras palabras, la precipitación influye directamente en el aumento o disminución de las áreas dedicadas a cultivos; para el uso de matorral, el aumento poblacional es el que influye con mayor fuerza en la dinámica de tal cobertura, y no menos importantes, influyen considerablemente también en el cambio, el IDH y la temperatura. Por último, el suelo desnudo está fuertemente influenciado por el aumento poblacional.

Por otra parte, tres de cinco usos de la tierra correlacionados con las variables en análisis, presentaron una explicación estadística del cambio, y dos de esos tres usos (matorral y desnudo), manifiestan expresiones de cambio por situaciones socioeconómicas. Es decir, el aumento poblacional y el estancamiento en el desarrollo humano en Haití, propician una dinámica de cambio en los usos de matorral y suelo desnudo. Respecto a la disminución de la cobertura forestal, las metodologías estadísticas no correlacionan ninguna de las variables socioeconómicas y biofísicas que integra ésta investigación (y dentro del concepto de Cambio Global) al cambio espacial que ha sostenido durante los años de 1973 al 2017 (**figura 2**). Esto evidencia que la deforestación es un efecto directo de las acciones humanas sobre el territorio y funge como principal modificador del cambio de uso de la tierra (Geist y Lambin, 2001).; también se valida que la deforestación ha sido un proceso manifiesto a lo largo de todo Haití de casi 500 años (González y Manero, 2011).

## 5. Conclusiones

Haití fue la primera nación afrodescendiente en lograr su independencia, y anteriormente, logró ser una de las colonias europeas más prósperas de la época post-colonial, al punto de ser una total atracción para los piratas que rondaban aguas caribeñas en busca de riquezas y bienes naturales de dichas tierras. A pesar de una historia de emprendimiento, gloria y lucha, el sistema político constituido no alcanzó a ser competente para seguir con los júbilos económicos que presentaban antes de independizarse, haciendo pues, un Estado vulnerable para la corrupción política, lo que puso sobre la mesa un descontento social agravante que motivó a efectuar numerosos golpes de Estado a los mandatarios en turno. Las dificultades socio-económicas y políticas construidas en las dictaduras y malas gobernanzas por parte de los políticos, tuvieron efectos notorios en el manejo de los recursos ambientales, es decir, en los usos que el humano implantaba en el territorio, derivados de la necesidad imperante de aprovechamiento de tal capital natural.

La presente investigación se fundamenta dentro del gran tema de Cambio Global, el cual es un concepto multivariable y se puede analizar desde múltiples escalas territoriales que, a su vez, permite ser estudiado bajo distintas metodologías multidisciplinarias. Al utilizar sensores remotos y análisis estadísticos que cumplieran con el estudio de diversas variables (uso de la tierra, precipitación, temperatura, población, PIB e IDH), brindan datos confiables que aciertan con otros estudios realizados en Haití; a pesar de que para ésta investigación se trabajó con una metodología extensa y un meticuloso manejo de los datos.

Por tanto, a lo largo de este documento se ha puesto en manifiesto la utilidad de la tecnología satelital, cuya disponibilidad se encuentra libre para la comunidad científica y académica (el caso de los servidores del programa Landsat), para el que guste ahondar más profundo sobre el comportamiento de las actividades humanas sobre el territorio, y poder cuantificar sus efectos en el ambiente, por ejemplo. Además, se constató que los sensores remotos y sus herramientas, orientados hacia la detección y monitoreo de coberturas de uso, son de gran ayuda para la comunidad científica, que busca comprender e interrelacionar factores que expliquen el cambio de uso de la tierra.

Sumado a lo anterior, el dato derivado de la cuantificación, e integrado a fórmulas estadísticas, como la Spearman y la de Regresión Lineal, funcionan de gran manera para establecer correlaciones cuando existen gran cantidad de datos y de forma no ordenada.

Sin embargo, los datos obtenidos de esta relación estadística, consiguen crear una visión específica, mas no real, de la dinámica propia de las variables que convergen, en ese caso, con el cambio del uso de la tierra. Lo importante acá, es la interpretación certera de los datos, y lograr establecer relaciones lo más cercanas a una realidad conocida, basada en información previamente levantada, que sirva como línea base para crear una idea un poco más amplia de lo que se espera obtener. De tal forma, la **Tabla 2** puntualiza los cambios areales concluyentes para cada uso de la tierra entre los años 1973-2017.

**Tabla 2.** Cambios areales de los usos de la tierra entre los años 1973-2017.

Uso de la tierra	Área km <sup>2</sup>	Tasa de cambio (%)
Urbano	8.39	4.64
Cultivo	-159.08	-0.48
Agua	1.20	0.62
Bosque	-152.57	-2.83
Matorral	298.84	0.55
Desnudo	6.51	0.03

*Elaboración propia, 2017.*

Se evidencia un crecimiento anual de la mancha urbana, dentro de lo que respecta a la dinámica de un departamento rural, como lo es el del Sur, a partir del año 1973, y que, por otro lado, el bosque ha sido fuertemente deforestado; sin embargo, la deforestación ya era un problema que se venía manifestando desde la época colonial y que, en esta investigación, se demuestra tal dinámica. A pesar de esto, la alta deforestación no tiene explicación de correlación estadística, lo que hace pensar en que existen otros factores más antropogénicos o naturales de la Tierra, que determinen tal disminución de la cobertura boscosa. Entonces se concluye que, el cambio de uso de la tierra no sólo está mediado por factores como el PIB, IDH, precipitación, temperatura y población, sino que también convergen otros factores socio-económicos y culturales, así como eventos de índole natural.

Se demuestra también, que la degradación ambiental es un efecto concatenante de las problemáticas sociales, económicas y políticas que presenta Haití, y, por ende, el

Departamento Sur. En proporción territorial, y dentro del enfoque del cambio de uso de la tierra, el 23% del Departamento Sur (615 km<sup>2</sup>) se ha convertido más vulnerable a la degradación ambiental, ya que en 1973 presentaba una cobertura con alguna vegetación (bosque, matorral o cultivo) y para el 2017 son áreas cubiertas con suelo desnudo, infraestructura urbana y residencial o cultivos rudimentarios (**figura 8**). Dicho de otra forma, los Sistemas de Información Geográfica se utilizaron para evidenciar aquellas zonas que presentan mayor daño ambiental y representarlas mediante productos cartográficos que ayuda a la lectura del territorio.

Por otra parte, los datos procedentes de pocas variables (debido a la poca disponibilidad para Haití) muestran una idea clara de cómo han podido influir eventos naturales, políticos, económicos y sociales en el cambio de uso de la tierra, y esto es sumamente útil para los tomadores de decisiones a escala de nacional, o departamental. Es decir, éste proyecto contiene información relevante para los políticos y líderes comunales, que son los delegados de establecer el desarrollo social y económico, hacia un enfoque de ordenanza del territorio y manejo de recursos naturales de forma sostenible.

La investigación manifiesta también, la exploración dentro del tema de Cambio Global, y cómo cada una de las variables juega un rol directo e indirecto dentro del cambio del uso de la tierra en el Departamento Sur. Es decir, se validó el supuesto de que las variables socioeconómicas y biofísicas podrían mantener una interrelación entre sí y un efecto en el cambio de uso. Además, es importante acotar que el ser humano, en este caso el habitante del Departamento Sur, es quien fuerza y conduce al cambio de uso de la tierra. De forma clara, el concepto de Cambio Global expresa la dinámica espacio-temporal del cambio de uso de la tierra.

Fundar relaciones de potencialidad de cambio climático con datos de cambio de uso de la tierra, y sus variables convergentes, es una tarea insuficiente, ya que el cambio climático es más que las variables propuestas en este proyecto; es un tema sumamente complejo que determinaría más años de estudio y análisis más holísticos. Si bien, éstos datos, ayudarán a crear proyecciones del comportamiento climático, basado en análisis retrospectivos y, cómo tales variables climáticas han influido en la dinámica de las actividades humanas sobre el territorio haitiano.

## 6. Recomendaciones

Con base a los resultados ya expuestos, se vislumbra la necesidad de crear y/o ajustar un Plan de Ordenamiento Territorial para el Departamento Sur (y para los demás departamentos de Haití), cuyo objetivo principal sea establecer, de forma prioritaria, una ordenanza de las actividades humanas sobre el territorio, en función de las capacidades físicas y ambientales del mismo, y que logren satisfacer las necesidades del ser humano en vías sostenibles. Además, aquí deben ir zonificados espacios con potencial agrícola, forestal, de desarrollo urbano, de conservación natural (cuerpos de agua, nacientes, zonas protegidas, etc.), y otra potencial actividad económica. Así mismo, lograr involucrar al poblador con el Plan de Ordenamiento para hacer saber sus necesidades y realidades cotidianas sobre el territorio.

Adicionalmente, se recomienda fundamentar programas de reforestación dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial, especialmente para aquellas zonas donde, en la **Figura 4**, muestra deforestación desde el año 1973, puesto que es necesario conservar las pocas áreas forestales y aumentar los parches existentes. Con esto también, se asegura la conservación de la biodiversidad de flora y fauna autóctona de la isla, y evitar la extinción de especies vulnerables ante el aumento del daño ambiental. Dichos planes deben ser homologados entre las instituciones gubernamentales que atañen dentro de la ideología ambiental y de conservación en Haití, así como también involucrar a la población circunvecina de las áreas a reforestar, para consensuar intereses y poder efectuar de una mejor manera el plan o programa de reforestación.

Por otra parte, se aconseja desarrollar de forma paralela al programa de reforestación, un sistema de agroforestería, que ayude a la conservación de los suelos y del ambiente en: el control de erosión; mejorar la infiltración del agua; disminución de la caída de material grueso en laderas de fuerte pendiente; funciona como conector de parches forestales, lo cual también aumentaría la biodiversidad local; desempeña a su vez como una cortina rompe vientos y cuida a los cultivos de tallo sensible; funge como un ingreso económico extra al agro productor, puesto que pueden extraer frutos tropicales y madera para carbón para el hogar; entre otros beneficios socio-ambientales (Molano y Quinceno, s/f; Sánchez, *et al*, 2008; De la Ossa-Lacayo, 2013.).

Con cada uno de estos planes y programas propuestos, deben ir también, programas de educación ambiental dirigidos a todos los pobladores del departamento, cuyo fin se centralice en crear conciencia de preservar los bosques y la fauna, los cuerpos de agua, y conservar los suelos mediante buenas prácticas agrícolas. Sin embargo, no sólo los habitantes del departamento deben ser capacitados ambientalmente, sino también los líderes políticos de la República de Haití, puesto que son ellos quienes deben crear políticas o reglamentos que insten a la conservación del medio, para así, garantizar un desarrollo sostenible de su economía.

## 7. Bibliografía citada

1. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). (2016). Preservación del bosque de los pinos en Haití: Haití: Salvar los árboles – mejorar las vidas. LATIN BRIEF 2 / 2016. Tomado de: [https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/publikationen/briefing-papers/latin-brief-haiti-160615\\_ES.pdf](https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/publikationen/briefing-papers/latin-brief-haiti-160615_ES.pdf). Fecha de consulta: 02/09/2017.
2. Aguilar, A; *et al.* (2014). Metodología para la Corrección Atmosférica de Imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el Módulo Flaash del Software Envi. Revista Geográfica de América Central, vol. 2, núm. 53, julio-diciembre, 2014, pp. 39-59. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica Tomado de: <http://www.redalyc.org/pdf/4517/451744544002.pdf>. Fecha de consulta: 11/04/2017.
3. Ayala, R; Menenti, M. (2001). Metodología para la búsqueda del mejor clasificador de imágenes de satélite. Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global, 469-472. Tomado de: <http://www.aet.org.es/congresos/ix/Lleida103.pdf>. Fecha de consulta: 11/04/2017.
4. Badii, *et al.* (2014). Correlación No-Paramétrica y su Aplicación en la Investigaciones Científica. Daena: International Journal of Good Conscience. Vol. 9, núm. 2. pp. 31-40. agosto 2014. ISSN 1870-557X. Tomado de: <http://www.spentamexico.org/v9-n2/A5.9%282%2931-40.pdf>. Fecha de consulta: 15/10/2017.
5. Banco Mundial. (2017). Haití. Tomado de: <http://datos.bancomundial.org/pais/haiti>. Fecha de consulta: 10/04/2017.
6. Birkel, C; Benegas, L. (2016). Comportamiento hidrológico en cuencas marino-costeras ante el cambio climático y de uso de la tierra: información clave para su gestión sostenible. Proyecto WATERCLIMA-LAC, PB n°1. Fecha de consulta: 10/04/2017.
7. Brizuela, A. *et al.* (2007). Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. TELEDETECCIÓN - Hacia un mejor

- entendimiento de la dinámica global y regional Ed. Martín. Tomado de: <http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg27.pdf>. Fecha de consulta: 11/04/2017.
8. Bocco, G; *et al.* (2000). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 44. 2001, pp. 18-38. Tomado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n44/n44a3.pdf>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
  9. Cabrera, O; Amaya, P. (s/f). Informe Final: Vulnerabilidad Socioeconómica ante el Cambio Climático en El Salvador. Tomado de: <http://www.oscarramirez.com/documentos/43173583.pdf>. Fecha de consulta: 09/04/2017.
  10. Castor, S. (1986). Haití: de la ruptura a la transición. Nueva Sociedad. N° 82, marzo-abril, pp. 54-63. Tomado de: [http://nuso.org/media/articles/downloads/1371\\_1.pdf](http://nuso.org/media/articles/downloads/1371_1.pdf). Fecha de consulta: 14/08/2017.
  11. Chavez. Jr. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment, 24:459-479. Tomado de: [https://www.researchgate.net/profile/Pat\\_Chavez\\_Jr/publication/223795843\\_An\\_improved\\_dark-object\\_subtraction\\_technique\\_for\\_atmospheric\\_scattering\\_correction\\_of\\_multispectral\\_data/links/54d8e6fc0cf25013d04076f6/An-improved-dark-object-subtraction-technique-for-atmospheric-scattering-correction-of-multispectral-data.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pat_Chavez_Jr/publication/223795843_An_improved_dark-object_subtraction_technique_for_atmospheric_scattering_correction_of_multispectral_data/links/54d8e6fc0cf25013d04076f6/An-improved-dark-object-subtraction-technique-for-atmospheric-scattering-correction-of-multispectral-data.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
  12. Chuvieco, E. (2002) Teledetección Ambiental. Editorial Ariel. Barcelona, España. Fecha de consulta: 20/04/2017.
  13. Chuvieco, E. (1995) Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp. Madrid, España. Tomado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjY5sDVqLbTAHUBOCYKHTzVCPkQFggoMAE&url=http%3A>

%2F%2Ffiles.especializacion-tig.webnode.com%2F200001110-8750e88486%2FFUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf&usg=AFQjCNG-MyZiM6ZczAoKE1QTh-SXJok5Qw&sig2=-7cj5WrtELsQ2X5ZViSLAQ. Fecha de consulta: 20/04/2017.

14. Chuvieco, E, (s/f). Teledetección, SIG y Cambio Global. Universidad de Alcalá de Henares, España. Tomado de: <http://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/15/48/05chuvieco.pdf>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
15. Climate Hazards Group. (2017). The Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations. Tomado de: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
16. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2009). Haití. Tomado de: [http://www.cepal.org/prensa/noticias/comunicados/3/38323/Haiti\\_2009\\_factsheetre v.pdf](http://www.cepal.org/prensa/noticias/comunicados/3/38323/Haiti_2009_factsheetre v.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
17. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, 2017. Tomado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/ae2017>. Fecha de consulta: 20/02/2018.
18. Committee on the Human Dimensions of Global Change, National Research Council, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Policy Division, Board on Environmental Change and Society and Committee on Global Change Research. (1999). *Human Dimensions of Global Environmental Change: Research Pathways for the Next Decade*. National Academy Press, Washington, D.C. Fecha de consulta: 02/09/2017.
19. De la Ossa-Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. Rev. Colombiana ciencia. p 171-193. Tomado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&u act=8&ved=0ahUKEwizsJvroqDXAhXJSCYKHViZBfYQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4694165.pdf&usg=AOvVaw13dZ2qUr3hMoX5z2BpSj1W>. Fecha de consulta: 11/02/2017.

20. Delice, P. (s/f). Democracia y violencia económica en Haití (1970-1980). Tomado de: [http://paperroom.ipsa.org/papers/paper\\_3967.pdf](http://paperroom.ipsa.org/papers/paper_3967.pdf). Fecha de consulta: 02/09/2017.
21. Di Gregorio, A. & Jansen, L. J. M. (2000). Land cover classifications system (LCCS): classification concepts and user manual for software version 1.0. Rome: FAO. 179 pp.
22. Díaz, M.F; Kou, A. (2014) Haití luego del terremoto: pérdidas y recuperación económica. Universidad del Pacífico, Perú. Tomado de: [https://www.academia.edu/12151537/Consecuencias\\_Econ%C3%B3micas\\_del\\_Terremoto\\_de\\_Hait%C3%AD](https://www.academia.edu/12151537/Consecuencias_Econ%C3%B3micas_del_Terremoto_de_Hait%C3%AD). Fecha de consulta: 30/10/2017.
23. Duarte, C; *et al.* (2006). Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. Tomado de: <http://www.lincg.uc-csic.es/wp-content/uploads/2012/12/Cambio-Global-Carlos-Duarte.pdf>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
24. EcuRed. 2015. Desastres naturales en Haití. Tomado de: [https://www.ecured.cu/Desastres\\_naturales\\_en\\_Hait%C3%AD](https://www.ecured.cu/Desastres_naturales_en_Hait%C3%AD). Fecha de consulta: 30/05/2017.
25. Equihua-Zamora, M; *et al.* (2015). Cambio global: el Antropoceno. CIENCIA ergosum, Vol. 23-1, marzo-junio 2016. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. pp. 67-75. Tomado de: <http://www.redalyc.org/pdf/104/10444319008.pdf>. Fecha de consulta: 30/05/2017.
26. Falcón, O. (2014). Dinámica de cambio de uso/cobertura del suelo, en una región del Estado de Quintana Roo, México: El impacto de las políticas gubernamentales sobre el Manejo Forestal Comunitario (tesis de grado). Universidad Autónoma de México. Tomado de: <http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707773/0707773.pdf>. Fecha de consulta: 30/05/2017.
27. FAO (1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. N° 130, Roma Italia. Tomado de:

<http://www.fao.org/docrep/007/w0015e/w0015e00.htm>. Fecha de consulta: 09/04/2017.

28. FAO. (2001). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Tomado de: <http://www.fao.org/docrep/004/W4745S/w4745s09.htm>. Fecha de consulta: 09/04/2017.
29. FCPF. (2011). Estimación de los Costos de Oportunidad de REDD+. Tomado de: [https://forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/July2012/04\\_capitulo%2004%20Uso%20del%20suelo%20y%20cambio%20en%20el%20uso%20del%20suelo.pdf](https://forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/July2012/04_capitulo%2004%20Uso%20del%20suelo%20y%20cambio%20en%20el%20uso%20del%20suelo.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
30. Federación Internacional de Federaciones de la Cruz Roja y la Media Luna Roja. (2010). Terremoto de Haití 2010 – Informe de avance. Ginebra, Suiza. Tomado de: [http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/208400-First-anniversary-Haiti-EQ-operation-report\\_Spanish.pdf](http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/208400-First-anniversary-Haiti-EQ-operation-report_Spanish.pdf). Fecha de consulta: 10/04/2017.
31. GCE. (s/f). Manual para el sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Tomado de: [https://unfccc.int/files/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training\\_material/methodological\\_documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf). Fecha de consulta: 09/04/2017.
32. Geist, H; Lambin, E. (2001). *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence*. Lucc Report Series; 4. Universidad de Louvain, Bélgica.
33. González, M; Manero, A. (2011). El conflicto de Haití. Conflictos Internacionales Contemporáneos, 2011. Madrid: Ministerio de Defensa, Escuela de Guerra del Ejército e Instituto Universitario de Estudios Internacionales y Europeos Francisco de Vitoria, nº 14, 292 pp. Tomado de: [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17390/14\\_conflictos\\_haiti\\_2011.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/17390/14_conflictos_haiti_2011.pdf?sequence=1). Fecha de consulta: 10/04/2017.

34. Gorgas, J *et al.* (2011). Estadística básica para estudiantes de ciencias. Universidad Complutense de Madrid, España. Tomado de: [http://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro\\_GCZ2009.pdf](http://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf). Fecha de consulta: 15/10/2017.
35. Haiti-Référence. (2016). Catastrophes Naturels: Ouragans. Tomado de: <https://www.haiti-reference.com/pages/plan/geographie-et-tourisme/milieu-naturel/desastres-et-accidents/cyclones-et-ouragans/>. Fecha de consulta: 05/04/2017.
36. Henoch, P. (2010). Vulnerabilidad Social: Más Allá de la Pobreza. Informe Social. nº 128. Tomado de: [http://www.superacionpobreza.cl/wp-content/uploads/2014/03/vulnerabilidad\\_social\\_mas\\_alla\\_de\\_la\\_pobreza.pdf](http://www.superacionpobreza.cl/wp-content/uploads/2014/03/vulnerabilidad_social_mas_alla_de_la_pobreza.pdf). Fecha de consulta: 09/04/2017.
37. IBD. (2014). Climate Change and IDB: Building Resilience and Reducing Emissions. Tomado de: [dehttps://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6713/BP\\_Caribbean\\_SIDS\\_Final\\_PS.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6713/BP_Caribbean_SIDS_Final_PS.pdf?sequence=1). Fecha de consulta: 11/04/2017.
38. Instituto Nacional de Censos y Estadística. (s/f). Metodología de tenencia y uso de la tierra. Costa Rica. Tomado de: [http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/inec\\_institucional/metodologias/documentos\\_metodologicos/45\\_metodologia\\_tenencia\\_y\\_uso\\_de\\_la\\_tierra.pdf](http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/inec_institucional/metodologias/documentos_metodologicos/45_metodologia_tenencia_y_uso_de_la_tierra.pdf). Fecha de consulta: 07/02/2018
39. Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique. 2003. *Enquête sur les conditions de vie en Haïti*. Tomado de: <http://www.ihsi.ht/pdf/ecvh/ECVHVolumel/logement.pdf>. Fecha de consulta: 10/02/2018.
40. Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique. 2017. *Statistiques Démographiques et Sociales*. Tomado de: [http://www.ihsi.ht/produit\\_demo\\_soc.htm](http://www.ihsi.ht/produit_demo_soc.htm). Fecha de consulta: 05/05/2017.

41. Instituto Geográfico Nacional Agustín Codazzi. (2007). Capítulo 3: Teledetección. Tomado de: [ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion\\_Modulo.pdf](ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion_Modulo.pdf). Fecha de consulta: 20/04/2017.
42. IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Tomado de: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
43. Lambin, E; Geist, H; Lepers, E. (2003). *Dynamics of land use and land cover change in tropical regions*. Annual Review of Environment & Resources. 28: 205-41.
44. Lambin, E. y Geist, H. (2006). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. The Global Change Series. Berlin: Springer.
45. Leventis, A. 1954. De la Colonia al estado soberano. El Correo. N° 2. pp 5-7. UNESCO. Tomado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000781/078141so.pdf>. Fecha de consulta: 11/06/2017.
46. López, V; *et al.* (2014). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. Tomado de: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjFhsG-7LXTAhXHbSYKHdKdBP4QFggpMAE&url=https%3A%2F%2F Dialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5116566.pdf&usg=AFQjCNFme7Rii6MqvpX5vQ\\_LjMj5M1T4UQ&sig2=vPPXkFKicBGsDzASvfoWhQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjFhsG-7LXTAhXHbSYKHdKdBP4QFggpMAE&url=https%3A%2F%2F Dialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5116566.pdf&usg=AFQjCNFme7Rii6MqvpX5vQ_LjMj5M1T4UQ&sig2=vPPXkFKicBGsDzASvfoWhQ). CIENCIA ergo-sum, Vol. 22-2, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. pp. 136-144. Fecha de consulta: 20/04/2017.
47. Lücke, O. (1998). Base Conceptual y Metodología para los escenarios de Ordenamiento Territorial. Tomado de: <https://es.scribd.com/document/111238795/07-Base-Conceptual-y-Metodologia-para-el-OT-O-Lucke>. Fecha de consulta: 10/06/2017.

48. Martínez, J. (2005). Percepción Remota: Fundamentos de Teledetección espacial. Comisión Nacional de Agua. México. Tomado de: <http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
49. Mas, J; *et al.* (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. pp 249–261. Tomado de: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjAs6-Ui7HTAhUCeSYKHZEGA34QFgg0MAI&url=https%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F23734189%2F1825477689%2Fname%2FAssessing\\_LUCC\\_Mexico-1.pdf&usg=AFQjCNF1\\_ml\\_nF0KOyv6mG8RhpUHlbaG3w&sig2=cAs31Jp\\_06-3rJ8q8WPbOw](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjAs6-Ui7HTAhUCeSYKHZEGA34QFgg0MAI&url=https%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F23734189%2F1825477689%2Fname%2FAssessing_LUCC_Mexico-1.pdf&usg=AFQjCNF1_ml_nF0KOyv6mG8RhpUHlbaG3w&sig2=cAs31Jp_06-3rJ8q8WPbOw). Fecha de consulta: 20/04/2017.
50. Mas, J; *et al.* (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/ uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental* (1): 23-39. Tomado de: [http://www.ccmss.org.mx/descargas/La\\_evaluacion\\_de\\_los\\_cambios\\_de\\_cobertura-uso\\_de\\_suelo\\_en\\_la\\_Republica\\_Mexicana.pdf](http://www.ccmss.org.mx/descargas/La_evaluacion_de_los_cambios_de_cobertura-uso_de_suelo_en_la_Republica_Mexicana.pdf). Fecha de consulta: 20/04/2017.
51. Ministere de L'environnement (2015). Plan de Gestion Parc National Naturel Macaya. Tomado de: [http://www.parcmacaya.ht/blog/doc\\_5.pdf](http://www.parcmacaya.ht/blog/doc_5.pdf). Fecha de consulta: 01/06/2017.
52. Molano, J; M, Quineno. s/f. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pidemonte Llanero. FAO. Tomado de: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s05.htm>. Fecha de consulta: 11/07/2017.
53. Murgueitio, C. (2010) La Dictadura de Duvalier en Haití y la Política de Contención al Comunismo en las repúblicas insulares del Caribe, (1957 – 1963). Tomado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3797116.pdf>. Fecha de consulta: 11/06/2017.

54. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2017). Climate Data Repository. U. S Department of Commerce. Tomado de: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/repository/entry/show?entryid=synth%3Ae570c8f9-ec09-4e89-93b4-babd5651e7a9%3AL3VkJWwuYWlydC5wcmVjaXAvCHJIY2lwLm1vbi50b3RhbC52NDAXLm5j>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
55. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2015). Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present). Tomado de: [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v4.shtml](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v4.shtml). Fecha de consulta: 22/10/2017.
56. Nazareno, M. (2014). Métodos De Clasificación De Imágenes Satelitales Para La Determinación De Usos Del Suelo Agrícola En El Partido De Tandil (Provincia De Buenos Aires, Argentina). Luján, Año 6, Número 6, 2014, Sección II: Metodología. pp. 11-28. Tomado de: [http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2014/02-ORRANDE\\_2\\_2014.pdf](http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2014/02-ORRANDE_2_2014.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
57. Oficina de Información. (2016). Haití. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Madrid, España. Tomado de: [http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/HAITI\\_FICHA%20PAIS.pdf](http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/HAITI_FICHA%20PAIS.pdf) Fecha de consulta: 10/04/2017.
58. OIM. 2011. Informe sobre las migraciones en el Mundo, 2011. Ginebra, Suiza. Tomado de: [http://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr2011\\_spanish.pdf](http://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr2011_spanish.pdf). Fecha de consulta: 12/02/2018.
59. OMM. (s/f). Cambio climático y desertificación. Tomado de: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/publications/documents/WMO\\_UNCCD\\_web\\_S.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/publications/documents/WMO_UNCCD_web_S.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
60. OMS. (2011) Haití, terremoto 2010. Tomado de: <http://www.who.int/hac/crises/hti/earthquake/es/>. Fecha de consulta: 10/04/2017.

61. ONU. (2014). La situación demográfica en el mundo. Tomado de: <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/Concise%20Report%20on%20the%20World%20Population%20Situation%202014/es.pdf>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
62. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. (2017). Actualización Epidemiológica: Cólera. Washington D.C, E.E.U.U. Tomado de: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&Itemid=270&gid=39838&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=39838&lang=es). Fecha de consulta: 12/02/2018.
63. Ozcáriz, J. (2008). La crisis y el Cambio Global. Ecosostenible, ISSN-e 1699-3942, Nº. 45, 2008, págs. 4-14. Tomado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2749169>. Fecha de consulta: 09/04/2017.
64. PAOT. (2003). Uso de Suelo: Informe Anual. Tomado de: [http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003\\_borrame/temas/suelo.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borrame/temas/suelo.pdf). Fecha de consulta: 09/04/2017.
65. PNUMA. (2013). Haití–República Dominicana: Desafíos ambientales en la zona fronteriza. Tomado de: [http://postconflict.unep.ch/publications/UNEP\\_Haiti-DomRep\\_border\\_zone\\_SP.pdf](http://postconflict.unep.ch/publications/UNEP_Haiti-DomRep_border_zone_SP.pdf). Fecha de consulta: 10/04/2017
66. Pacheco, *et al.* 2007. Algoritmos meméticos para selección de variables en el análisis discriminante. Estadística Española. Vol. 49, Núm. 165, 2007, págs. 333 a 347. Tomado de: <http://bddoc.csic.es:8080/detalles.html?id=599889&bd=ECOSOC&tabla=docu>. Fecha de consulta: 20/09/2017.
67. Ponce Opazo, B. (2010). Detección y análisis del cambio de uso del suelo en la zona centro - norte de la provincia de Capitán Prat, XI Región período 1984-2003. Valdivia, Chile. Tomado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fifp792d/doc/fifp792d.pdf>. Fecha de consulta: 11/04/2017.

68. Rindfuss, R *et al.* (2015) Land use change: complexity and comparisons. *Journal of Land Use Science*. Vol. 3, No. 1, 1-10.
69. Rodríguez-Becerra, M; Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: evolución, tendencias y principales prácticas*. BID. Tomado de: <http://cebem.org/cmsfiles/publicaciones/gestionambientalLACaribe.pdf>. Fecha de consulta: 11/04/2017.
70. Rosete, F; *et al.* (2009). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación ambiental* 2009 1(1): 70-82. Tomado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n67/n67a4.pdf>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
71. Ruiz, V; *et al.* (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas* 22(3):117-123 [septiembre-diciembre 2013]. Tomado de: [http://www.tortillaconsal.com/miraflores/estudio\\_miraflores.pdf](http://www.tortillaconsal.com/miraflores/estudio_miraflores.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
72. Sacristán, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*, nº 24, pp. 13-41. Tomado de: [http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24\\_02.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_02.pdf). Fecha de consulta: 20/04/2017.
73. Sánchez, D; *et al.* (2008). *Cercas vivas y su valor para la producción y conservación*. CATIE. Turrialba, C.R. Tomado de: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7782/171.pdf?sequence=2>. Fecha de consulta: 02/11/2017.
74. Sevilla, R. 1990. Santo Domingo, frontera francoespañola: Consecuencias de la presencia francesa en la isla española. *Revista de Indias*. Anexo 4. pp.164-185. Tomado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/5218/3/RIFrontera.pdf>. Fecha de consulta: 11/06/2017.
75. SigmaPlot. (2014). *SigmaPlot Statistics User Guide*. Systat Software, Inc. Fecha de consulta: 18/07/2017.

76. Socioeconomic Data and Applications Center. (2017). Gridded Population of the World (GPW), v4. NASA's Earth Observing System Data and Information System. Tomado de: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/gpw-v4/sets/browse>. Fecha de consulta: 20/04/2017.
77. Taubert, F *et al.* (2018). *Global patterns of tropical forest fragmentation*. Nature. doi:10.1038/nature25508.
78. Tovar, W. (2013). Propuesta de clasificación de cobertura/uso de la tierra en Los Andes (tesis de grado). Universidad de Los Andes, Venezuela. Tomado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/39866/1/Tovar2013.pdf>. Fecha de consulta: 7/02/2018.
79. UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. ONU, Ginebra, Suiza. Tomado de: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf). Fecha de consulta: 11/04/2017.
80. Ureña, P. 2003. Saint-Domingue y Santo Domingo en el siglo XVIII: aparición de dos identidades en una sola isla, en la lejana frontera de dos imperios europeos. Universidad de La Rioja. Tomado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=1011543>. Fecha de consulta: 11/06/2017.
81. Vitale, L. 1987. Haití: Primera nación independiente de América Latina. Todo es Historia, N° 245, Buenos Aires. Tomado de: [http://www.archivochile.com/Ideas\\_Autores/vitalel/2lvc/02lvchistsocal0033.pdf](http://www.archivochile.com/Ideas_Autores/vitalel/2lvc/02lvchistsocal0033.pdf). Fecha de consulta: 15/06/2017.
82. Vitousek, P. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. Ecology 75 (7), 1994, pp 1861-1876. Tomado de: [http://esa.org/history/Awards/papers/Vitousek\\_PM\\_MA.pdf](http://esa.org/history/Awards/papers/Vitousek_PM_MA.pdf). Fecha de consulta: 20/04/2017.

83. WaterClima-LAC. (2017). Proyecto Piloto B. Aquin, Zona Costera Sur de Haití (Caribe). Tomado de: [http://www.waterlac.eu/es\\_CL/pilot-project-b-aquin-south-coastal-zone-haiti-caribbean/](http://www.waterlac.eu/es_CL/pilot-project-b-aquin-south-coastal-zone-haiti-caribbean/). Fecha de consulta: 21/05/2017.
84. Watson, R; *et al.* (2000). Land Use, Land-Use Change and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375. Tomado de: [http://old.grida.no//climate/ipcc/land\\_use/045.htm](http://old.grida.no//climate/ipcc/land_use/045.htm). Fecha de consulta: 09/04/2017.
85. Zamora, R; *et al.* (2015). La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp. Tomado de: [http://refbase.iecolab.es/files/zamora/2015/3095\\_Zamora\\_etal2015.pdf](http://refbase.iecolab.es/files/zamora/2015/3095_Zamora_etal2015.pdf). Fecha de consulta: 01/06/2017.
86. Zurruta, A; *et al.* (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. Daena: International Journal of Good Conscience. 10(3)1-9. diciembre 2015. Tomado de: [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf). Fecha de consulta: 09/04/2017.

## 8. Anexos

	T.C. Temp	Precip	T.C. Precip	Urbano	T.C. Urbano	Cultivo	T.C. Cultivo	C. Agua	T.C. C. Agua	Bosque	T.C. Bosque	Matorral	T.C. Matorral	Desnudo	T.C. Desnudo	PIB	T.C. PIB	IDH	T.C. IDH	Poblac	T.C. Poblac
Temp	0.5 0.0 39.0	0.0 0.8 41.0	-0.1 0.4 40.0	0.3 0.5 7.0	0.5 0.0 40.0	0.2 0.6 7.0	0.3 0.0 40.0	0.2 0.6 7.0	0.2 0.3 40.0	0.0 1.0 7.0	0.2 0.2 40.0	0.2 0.7 7.0	0.4 0.0 40.0	-0.3 0.5 7.0	-0.2 0.2 40.0	0.2 0.2 25.0	0.2 0.3 23.0	0.3 0.4 11.0	-0.1 0.8 10.0	0.2 0.3 41.0	0.3 0.1 40.0
T.C. Temp		-0.2 0.3 39.0	-0.2 0.3 39.0	0.0 1.0 6.0	-0.1 0.6 39.0	0.0 1.0 6.0	0.1 0.4 39.0	0.1 0.8 6.0	0.0 0.8 39.0	0.3 0.6 6.0	0.0 0.9 39.0	0.1 0.8 6.0	0.1 0.7 39.0	-0.3 0.7 6.0	0.1 0.7 39.0	-0.2 0.4 25.0	-0.2 0.3 23.0	-0.3 0.4 11.0	0.2 0.6 10.0	-0.1 0.5 39.0	-0.2 0.3 39.0
Precip			0.5 0.0 41.0	0.5 0.2 7.0	-0.1 0.6 41.0	-0.6 0.2 7.0	0.2 0.3 41.0	0.0 1.0 7.0	-0.1 0.6 41.0	0.2 0.6 7.0	-0.2 0.3 41.0	-0.1 0.8 7.0	0.2 0.3 41.0	0.1 0.8 7.0	0.0 0.9 41.0	-0.3 0.1 25.0	-0.1 0.7 23.0	0.2 0.6 11.0	-0.3 0.3 10.0	0.2 0.2 42.0	0.2 0.2 41.0
T.C. Precip				0.0 1.0 6.0	0.3 0.1 41.0	-0.6 0.1 6.0	-0.2 0.1 41.0	-0.3 0.7 6.0	0.0 0.8 41.0	0.4 0.4 6.0	0.2 0.3 41.0	-0.3 0.6 6.0	-0.2 0.2 41.0	0.0 1.0 6.0	0.1 0.7 41.0	-0.1 0.6 25.0	-0.2 0.4 23.0	0.3 0.3 11.0	-0.4 0.2 10.0	0.0 0.2 41.0	0.0 0.9 41.0
Urbano					-0.5 0.3 7.0	-0.2 0.7 8.0	-0.1 0.8 7.0	0.7 0.0 8.0	-0.3 0.5 7.0	-0.1 0.7 8.0	0.1 0.8 7.0	0.8 0.0 8.0	0.4 0.3 7.0	-0.4 0.3 8.0	0.0 0.9 7.0	1.0 0.1 4.0	1.0 0.1 4.0	1.0 1.0 2.0	-1.0 1.0 2.0	0.9 0.0 7.0	0.5 0.3 8.0
T.C. Urbano						-0.3 0.5 7.0	-0.3 0.0 44.0	-0.2 0.7 7.0	0.1 0.4 44.0	-0.2 0.6 7.0	0.0 0.8 7.0	-0.5 0.2 44.0	-0.2 0.1 44.0	0.7 0.1 7.0	0.5 0.0 44.0	-0.2 0.4 27.0	-0.2 0.3 25.0	0.3 0.4 11.0	-0.3 0.4 10.0	-0.1 0.5 42.0	-0.3 0.0 42.0
Cultivo							0.8 0.0 7.0	0.2 0.7 8.0	-0.1 0.5 7.0	-0.3 0.7 8.0	0.1 0.7 7.0	0.2 0.7 8.0	0.2 0.2 8.0	0.6 0.9 8.0	0.0 0.8 7.0	-0.1 0.4 4.0	0.4 0.8 4.0	-1.0 1.0 2.0	1.0 1.0 2.0	0.3 0.5 7.0	-0.1 0.8 8.0
T.C. Cultivo								0.3 0.4 7.0	0.2 0.2 44.0	0.1 0.7 7.0	0.2 0.2 44.0	0.1 0.8 7.0	0.7 0.0 44.0	-0.2 0.6 7.0	0.0 1.0 44.0	-0.1 0.5 27.0	0.1 0.6 25.0	0.1 0.7 11.0	0.1 0.8 10.0	0.1 0.7 42.0	0.0 1.0 42.0
C. Agua									0.3 0.4 7.0	-0.2 0.6 8.0	0.1 0.7 7.0	0.9 0.0 8.0	0.9 0.0 7.0	-0.3 0.4 8.0	-0.1 1.0 7.0	0.0 1.0 4.0	0.0 1.0 4.0	-1.0 1.0 2.0	1.0 1.0 2.0	0.8 0.0 7.0	0.1 0.8 8.0
T.C. C. Agua										0.2 0.7 7.0	0.2 0.3 44.0	0.0 0.9 7.0	0.4 0.0 44.0	0.0 1.0 7.0	-0.2 0.3 44.0	0.0 0.8 27.0	0.0 0.9 25.0	-0.5 0.1 11.0	0.3 0.4 10.0	-0.2 0.2 42.0	0.0 0.9 42.0
Bosque											0.3 0.5 7.0	-0.2 0.5 8.0	-0.4 0.1 8.0	-0.6 0.1 8.0	-0.7 0.1 7.0	-0.4 0.8 4.0	-0.4 0.8 4.0	1.0 1.0 2.0	-1.0 1.0 2.0	0.4 0.3 7.0	0.6 0.2 8.0
T.C. Bosque												-0.1 0.8 7.0	-0.5 0.0 44.0	-0.1 0.8 44.0	-0.1 0.0 27.0	-0.2 0.5 25.0	-0.2 0.2 11.0	-0.6 0.1 10.0	0.6 0.0 42.0	-0.2 0.2 42.0	
Matorral														0.7 0.1 7.0	-0.5 0.1 4.0	-0.1 0.3 4.0	0.8 0.3 2.0	1.0 1.0 2.0	-1.0 1.0 2.0	0.9 0.0 7.0	0.5 0.4 8.0
T.C. Matorral															-0.3 0.5 7.0	0.1 0.4 44.0	0.1 0.5 25.0	0.3 0.4 11.0	-0.3 0.4 10.0	0.3 0.1 42.0	
Desnudo															0.7 0.1 7.0	-0.8 0.3 4.0	-0.8 0.3 4.0	-1.0 1.0 2.0	1.0 1.0 2.0	-0.9 0.0 7.0	-0.8 0.1 8.0
T.C. Desnudo																0.0 1.0 27.0	0.1 0.8 25.0	0.2 0.6 11.0	-0.4 0.2 10.0	-0.2 0.3 42.0	
PIB																	0.3 0.1 25.0	0.9 0.0 9.0	-0.1 0.8 9.0	0.8 0.0 26.0	0.4 0.0 26.0
T.C. PIB																		0.0 0.9 8.0	-0.4 0.3 8.0	0.3 0.1 24.0	0.1 0.8 24.0
IDH																				-0.6 0.1 10.0	1.0 0.0 11.0
T.C. IDH																					-0.6 0.1 10.0
Poblac																					0.6 0.0 42.0
T.C. Poblac																					

Anexo 1. Matriz del método de Correlación de Spearman. Fuente: Datos propios, 2017.