



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Agropecuaria

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER
COMPLEXIVO**

MODALIDAD: “ESTUDIO DE CASO”

**“ANÁLISIS DEL CAMBIO Y USO DEL SUELO EN EL
TRANSCURSO DE DOS DÉCADAS PARROQUIA
MANGLARALTO – CANTÓN SANTA ELENA”**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Gonzabay Gonzabay Nelson Wladimir

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**“ANÁLISIS DEL CAMBIO Y USO DEL SUELO EN EL
TRANSCURSO DE DOS DÉCADAS PARROQUIA
MANGLARALTO – CANTÓN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

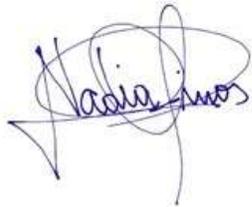
INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Gonzabay Gonzabay Nelson Wladimir

Tutor: Ponce de León Lima Daniel Antonio, PhD.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



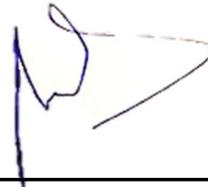
Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**DIRECTORA DE CARRERA DE
AGROPECUARIA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, Ph.D
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León, Ph.D
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
**PROFESOR GUIA DE LA UIC
SECRETARIO**

RESUMEN:

La parroquia Manglaralto enrola veinte comunas, las cuales su cobertura y usos de sus suelos varían según la localización de estas.

El último levantamiento sobre cobertura y uso del suelo de la parroquia se realizó en el año 2014, sobre el plano base de la parroquia rural Manglaralto, por lo tanto, no existe una estimación efectiva de los cambios de usos del suelo en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena en las últimas dos décadas. Es por ello, que se considera de suma importancia conocer el cambio de coberturas y usos del suelo de la parroquia Manglaralto en los últimos años, de manera que permita identificar el estado actual y las tendencias en la ocupación del suelo para la toma de decisiones acertadas, tanto en la conservación y el buen uso de los suelos.

Palabras claves: Sistema de Información Geográfica, USGS, corrección radiométrica y vegetación.

CARTA DE ORIGINALIDAD

Ing.

Nadia Quevedo, PhD.

**DIRECTOR/A DE LA CARRERA DE AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Presente. -**

Cumpliendo con los requisitos exigidos por la Facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Agropecuaria, envío a Ud. el componente práctico del examen complejo titulado **“ANÁLISIS DEL CAMBIO Y USO DEL SUELO EN EL TRANCURSO DE DOS DÉCADAS PARROQUIA MANGLARALTO – CANTÓN SANTA ELENA”** para que se considere su sustentación, señalando los siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales y privados que puedan afectar, el contenido, resultados o conclusiones de la presente investigación.
3. Constatamos que la persona designada como tutor/a es el/la responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El/la tutor/a certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma, cumpliendo con los principios éticos.



Gonzabay Gonzabay Nelson
Wladimir

AUTOR/A



Ing. Ponce de León Lima Daniel
Antonio, Ph.D

TUTOR/A

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Uso del suelo en el Ecuador	3
2.2. Importancia del suelo	3
2.3. El suelo como elemento productivo en la agricultura.....	4
2.4 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica.....	5
2.5. La teledetección como aporte a la innovación en la agricultura	7
2.6. Estudios de cambios y usos de suelo.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Lugar del estudio de caso	9
3.2. Metodología de investigación	9
3.2.2. Tratamiento de imágenes satelitales.....	10
3.2.2.1. <i>Preprocesamiento</i>	10
3.2.2.2. <i>Delimitación y clasificación de mapas de cambio y uso del suelo</i>	10
3.2.3. Análisis comparativo de cambio y uso de suelo	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Mapas de uso del suelo a partir de imágenes satelitales para los años 2000 y 2019.	13
Magnitud de los cambios en el uso del suelo en la parroquia Manglaralto	16
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
6. BIBLIOGRAFÍA.....	1

Índice de tablas

Tabla 1 . Características de las imágenes satelitales adquiridas.	10
Tabla 2 Gama de colores de combinación de bandas 4, 5, 3	10
Tabla 3 Matriz de confusión	12
Tabla 4 Matriz de confusión año 2000	15
Tabla 5 Matriz de confusión año 2019.	15
Tabla 6 Valores de pixeles de imágenes Landsat 7 clasificadas.....	16

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de Ubicación Parroquia Manglaralto	9
Figura 2 Mapa de uso del suelo año 2000 parroquia Manglaralto	13
Figura 3 Mapa de uso del suelo año 2019 parroquia Manglaralto	14
Figura 4 Cambios de cobertura y uso de suelo	16

Índice de Anexos

- **Imágenes Satelitales**
 - Anexo 1.** Imagen Landsat 7 año 2000
 - Anexo 2.** Imagen Landsat 7 año 2019
- **Mapas**
 - Anexo 3.** Mapa de cobertura y uso de suelo año 2000.
 - Anexo 4.** Mapa de cobertura y uso de suelo año 2019.

1. INTRODUCCIÓN

En América Latina se han desarrollado varias investigaciones sobre cambios y usos de suelo en los cuales Pineda (2011), Ruiz et al (2013) y López *et al* (2014), mediante los análisis utilizados en los sistemas de información geográfica coinciden, que, los cambios y usos del suelo se deben a dos factores de suma importancia: 1. Al crecimiento poblacional y urbanístico, 2. Expansión Agrícola con la demanda de alimentos. Además, Tarrillo (2019), acota que en la actualidad la deforestación es otro de los factores que juega un papel importante en la problemática de los uso y cambios del suelo, ocasionando que reduzca la vegetación natural que protege el suelo.

La Dirección de Estadísticas Económicas y la Unidad de Estadísticas Agropecuarias aseveran que los usos del suelo en el Ecuador se resumen en el aprovechamiento que los habitantes, le dan al mismo principalmente en: el sector agropecuario (Cultivos permanentes, transitorios, pastos), forestal y urbanos para el año (2012): mientras que Reyes (2014), concluye que el uso del suelo es el resultado de las actividades socioeconómicas que desarrollan o desarrollaron sobre la cobertura edáfica.

La Parroquia Manglaralto enrola veinte comunas, las cuales su cobertura y usos de sus suelos varían según la localización de estas. El último levantamiento sobre cobertura y uso del suelo de la parroquia se realizó en el año 2014, sobre el plano base de la parroquia rural Manglaralto, por lo tanto, no existe una estimación efectiva de los cambios de usos del suelo en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena en las últimas dos décadas.

Es por ello, que se considera de suma importancia conocer el cambio de coberturas y usos del suelo de la parroquia Manglaralto en los últimos años, de manera que permita identificar el estado actual y las tendencias en la ocupación del suelo para la toma de decisiones acertadas, tanto en la conservación y el buen uso de los suelos.

Problema Científico

¿Cuál es el estado actual del uso del suelo en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena y qué cambios han ocurrido en las últimas dos décadas?

Objetivo general

Analizar el cambio y uso de suelo de la parroquia Manglaralto en dos momentos de las últimas dos décadas.

Objetivos específicos

- Interpretar el cambio y uso de suelo a partir de imágenes satelitales para los años 2000 y 2019.
- Determinar la magnitud de los cambios en el uso del suelo en la parroquia Manglaralto.

Hipótesis

En las últimas dos décadas se han registrado cambios en el uso de suelo de la parroquia Manglaralto con una posible disminución del área agrícola.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Uso del suelo en el Ecuador

La Dirección de Estadísticas Económicas y la Unidad de Estadísticas Agropecuarias aseveran que los usos del suelo en el Ecuador se resumen en el aprovechamiento que los habitantes, le dan al mismo principalmente en: el sector agropecuario (Cultivos permanentes, transitorios, pastos), forestal y urbanos para el año (2012): mientras que Reyes (2014), concluye que el uso del suelo es el resultado de las actividades socioeconómicas que desarrollan o desarrollaron sobre la cobertura.

Los productos estudiados por ESPAC (2012), corresponden a los cultivos permanentes y transitorios, por ello prioriza su descripción; de la siguiente manera, para permanentes la tasa de crecimiento anual es de 0,25% en referencia al 2011, representando además el 11,62% del uso total de país en el 2012; los cultivos transitorios por su parte tuvieron una participación del 8,58% en el mismo año y presentaron una variación anual de 3,93 %. A nivel regional, se observa que la Costa cuenta con mayor presencia de cultivos permanentes con 70,04%, seguido por la Sierra con 20,94% y el Oriente con 9,02%. Para el caso de los cultivos transitorio la tendencia es igual, así la región Costa con un 61,36%, la Sierra con el 34,43% y la región Oriental 4,20%.

2.2. Importancia del suelo

Según FAO (2015), el suelo es un componente central de los recursos de tierras y la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica. El suelo es la base para obtener alimentos, piensos, combustible y producción de fibras y muchos servicios ecológicos vitales. El suelo es un sistema vivo complejo, dinámico y su idoneidad varía de un lugar a otro. El área de tierra productiva es limitada y se encuentra bajo una creciente presión por la intensificación y los usos que compiten por los cultivos agrícolas, bosques y pastos/pastizales, y para satisfacer las demandas de una

creciente población de alimentos y producción de energía, extracción de materias primas, y demás.

Podemos rescatar que el suelo es importante para la vida en la tierra:

- Es el reservorio de al menos una cuarta parte de la biodiversidad mundial y por lo tanto requiere la misma atención que la biodiversidad que se encuentra por encima.
- Desempeña un papel clave en el suministro de agua limpia y resiliencia frente a las inundaciones y la sequía.
- La vida de animales y plantas depende de los ciclos de nutrientes primarios a través de los procesos del suelo. Los suelos eficientes suponen el mayor almacenaje de carbono terrestre; su conservación podría contribuir a la mitigación del cambio climático.
- Sirve como plataforma para la construcción y son fuente de materias primas. Los suelos desempeñan un papel para lograr sistemas integrados de producción y ayudar a abordar el vínculo entre los alimentos, el agua y la energía.
- Como parte de los ecosistemas y de los agroecosistemas, prestan importantes funciones o servicios que mantienen a estos y que apoyan las actividades sociales y económicas de las personas.

2.3. El suelo como elemento productivo en la agricultura

Los suelos proporcionan los nutrientes esenciales, el agua, el oxígeno y el sostén para las raíces que nuestras plantas destinadas a la producción de alimentos necesitan para crecer y florecer. Además, cumplen una función de amortiguación al proteger las delicadas raíces de las plantas de las fluctuaciones de temperatura.

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas, someter el suelo a un intenso laboreo y compactación mecánica tiende a deteriorar su estructura, según Contreras (2009).

Rodriguez (2016) manifiesta que el uso agrícola excesivo del suelo, trae como consecuencia cambios negativos en sus propiedades, físicas, químicas y biológicas, para finalmente degradarse; por lo que la degradación es consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre, en forma directa por la no agregación de macro elementos y micro elementos, y el uso indiscriminado de agroquímicos, llevándose a cabo la degradación química, física y biológica. El mismo autor sostiene lo antes propuesto por Wildner Veiga en 1992, que existen tres etapas en la degradación del suelo:

Etapas 1: El suelo con su estructura original y la materia orgánica, son destruidas gradualmente, sin embargo, el agricultor, no las percibe, por cuanto la erosión ocurre en niveles de tolerancia mínima y el rendimiento de los cultivos se mantiene estable, por la aplicación normal de fertilizantes.

Etapas 2: Se presentan valores bajos de materia orgánica, y el suelo comienza a perder su estructura, la erosión se acelera y el rendimiento de los cultivos baja el rendimiento por hectárea.

Etapas 3: El proceso de erosión es tan violento que la tierra comienza a ser abandonada por el agricultor, debido a la baja productividad y dificultad de operación de máquinas a causa de la existencia de surcos y cárcavas en el campo. El tiempo que lleva a un suelo cultivado a llegar a la etapa 3 depende de la intensidad de aplicación de las prácticas inadecuadas de manejo, de su 14 pendiente y textura, que se relacionan mucho con su resistencia a la erosión hídrica.

2.4 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica

Los sistemas de información geográfica son una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión esta definición ostentada por el Laboratorio Unidad Pacífico Sur de Mexico (2010).

Según Burstein (2009), plantea que los SIG pueden ser usados en cualquier aplicación cuyo objetivo principal sea gestionar algún tipo de información georeferenciada; referida a los elementos o fenómenos que tienen lugar sobre la superficie terrestre. Son una herramienta especializada esencial para poder manipular con eficacia la información geográfica porque aumentan su accesibilidad, su exactitud y, en general, garantizan la eficacia de los resultados de las decisiones a tomar.

IMASGAL (2020), manifiesta que los sistemas de información geográfica tienen aplicación en diversos campos: gestión de patrimonio cultural, urbanismo, redes de tensión eléctrica, cableado telefónico, topografía, micología, gestión de rutas, redes de saneamiento y abastecimiento, control de compras, arquitectura, paisajismo, medio ambiente, agrícola, medicina.

Mientras Olaya (2014), expone detalladamente en tres ramas la aplicación de los SIG: **Científicas**

Especialmente en ciencias medioambientales (en sentido amplio) y relacionadas con el espacio.

Desarrollo de modelos empíricos, por ejemplo, los que relacionan temperatura con altitud, orientación, etc. a partir de medidas tomadas en el lugar. · Modelización cartográfica (aplicación de modelos empíricos para hacer mapas de temperatura a partir de mapas de altitud, orientación, etc.)

Modelos dinámicos (utilización de las leyes de la termodinámica y la dinámica de fluidos para hacer un mapa de temperatura utilizando un mapa de elevaciones, entre otros, como condiciones de contorno.

Teledetección, las imágenes de satélite son estructuras raster que se manejan de forma óptima en un SIG

Gestión

- Cartografía automática
- Información pública, catastro
- Planificación de espacios protegidos

- Ordenación territorial
- Planificación urbana
- Estudios de impacto ambiental
- Evaluación de recursos
- Seguimiento de las consecuencias de determinadas actuaciones (presas, diques, carreteras)

Empresarial

Marketing (envió de propaganda a los residentes cerca del local que cumplan determinadas condiciones)

Estrategias de distribución (optimización de las rutas que una flota de camiones debe realizar para distribuir mercancía desde varios almacenes a varios clientes) ·

Localización óptima de una sucursal en función de los clientes potenciales situados alrededor.

2.5. La teledetección como aporte a la innovación en la agricultura

En la actualidad se aplican tecnologías eficaces en la agricultura como la teledetección y los SIG para identificar impactos y tomar medidas correctivas y prospectivas (Ponvert Delisles Dámaso y Lau Quan Andrés, 2013).

En la agricultura, las técnicas de teledetección permiten obtener parámetros biofísicos o características relacionadas con el desarrollo de los cultivos, a través de relaciones establecidas entre la energía emitida por los cultivos (conocida como reflectancia espectral) y dichas características. Puesto que cada imagen de satélite cubre un área extensa, se genera un mapa con estas características de los cultivos, lo que permite

estudiar la distribución espacial y su evolución en el tiempo al utilizar una secuencia de imágenes. Uno de los principales usos de la teledetección en los sistemas agrícolas es la identificación de cultivos y/o parcelas de regadío. Utilizando las imágenes de satélite se tiene la capacidad de elaborar mapas de cultivos,

actualizarlos, estimar superficies y en consecuencia calcular la distribución espacial y temporal de sus necesidades hídricas en área extensas, (Balbontín *et al*, 2016).

Gutiérrez (2017), manifiesta que en la agricultura tenemos claro el desafío que implica la adopción de nuevas tecnologías y con éxito se han adaptado, han evolucionado a la par de procesos; una de ellas es la que tradicionalmente llamamos “cartografía” digital y que se refiere al uso del Sistema de Información Geográfica (SIG). En la actualidad los aportes innovadores de los SIG para la agricultura mencionamos los más aplicados: Zonificación de cultivos, Evaluación de tierras, Conservación y manejo de suelo, Planificación y Ordenamiento Del uso del Suelo y la agricultura de precisión.

Ferrer (2013), manifiesta que las aplicaciones agrícolas en general de cubiertas vegetales es el área de desarrollo de la teledetección que más se maneja en la actualidad, plasmando estimaciones de producción agrícolas, control de superficies de cultivos o para el control de plagas.

2.6. Estudios de cambios y usos de suelo

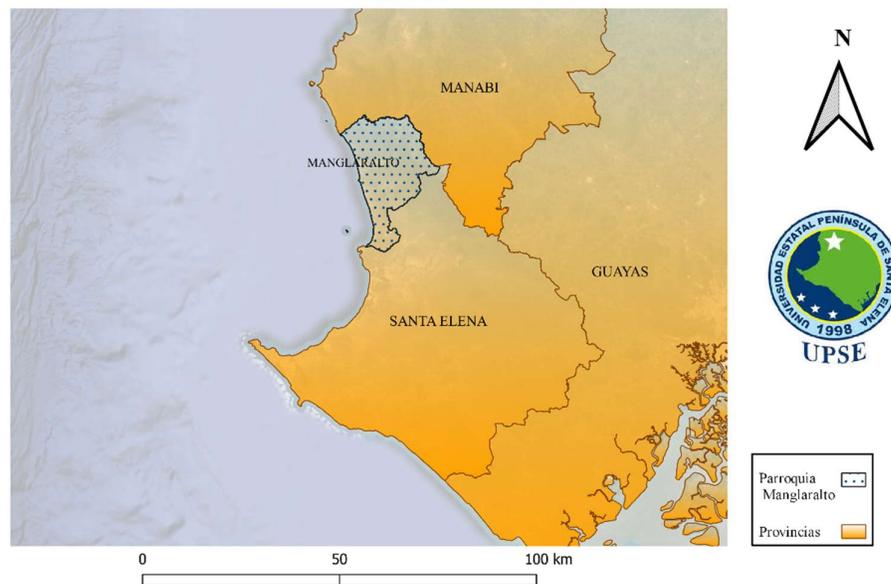
En América Latina se han desarrollado varias investigaciones sobre cambios y usos de suelo en los cuales Pineda (2011), Ruiz *et al* (2013) y López *et al* (2014), mediante los análisis utilizados en los sistemas de información geográfica coinciden, que, los cambios y usos del suelo se deben a dos factores de suma importancia: 1. Al crecimiento poblacional y urbanístico, 2. Expansión Agrícola con la demanda de alimentos. Además, Tarrillo (2019), acota que en la actualidad la deforestación es otro de los factores que juega un papel importante en la problemática de los uso y cambios del suelo, ocasionando que reduzca la vegetación natural que protege el suelo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del estudio de caso

La Parroquia Manglaralto de la provincia Santa Elena posee una superficie de 497,4 km², encontrándose ubicada a 1°49'34" de latitud Sur y 80°41'17" de longitud Oeste, localizándose sobre los 12 m.s.n.m. limitando a Norte con la Provincia de Manabí y el cantón Puerto López, al Sur con la parroquia Colonche, al Este con la Provincia de Manabí y cantón Jipijapa y al Oeste con el Océano Pacífico.

Figura 1 Mapa de Ubicación Parroquia Manglaralto



Fuente. Elaboración Propia

3.2. Metodología de investigación

3.2.1. Adquisición de datos

Considerando la zona de estudio, se obtuvo las imágenes satelitales en línea, del portal de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), tomando en cuenta, que las mismas tengan poco porcentaje de nubosidad (0-20%), es decir que tengan buena visibilidad posible para los intervalos de tiempo y área establecidos, seleccionando dos imágenes para los años 2000 y 2019, del Satélite Landsat 7, sensor ETM+, con resolución de 60m./pixel en sus bandas, que nos permiten verificar la situación actual

del área en estudio. En la Tabla 1. Se muestran los datos técnicos de las imágenes obtenidas.

Tabla 1 . Características de las imágenes satelitales adquiridas.

Satélite	Sensor	Path/Row	Fecha de adquisición	Nubosidad de la escena (Porcentaje)	Nubosidad en terreno (Porcentaje)	Calidad de la imagen	Azimut Solar (Grados)	Elevación Solar (Grados)
Landsat 7	ETM+	011/61	23/11/2000	3	2	9	128,489313	58,11704978
	ETM+	011/61	4/5/2019	9	9	9	57.09182539	56.85227593

Fuente. Elaboración propia con datos de la USGS.

3.2.2. Tratamiento de imágenes satelitales

3.2.2.1. Preprocesamiento

Para el procesamiento de las imágenes, se utilizó el software QGIS 3.16, con la herramienta Semi-Automatic Clasificación Plugin (SCP), dadas las características de las imágenes obtenidas del portal USGS con categoría Landsat Collection 2 Level 1, se realizaron correcciones radiométricas y una transformación de reflectancia, para ambos años (2000-2019), además un bandeado, lo cual consiste en una corrección de bandas para la imagen del año 2019, cumpliendo criterios formales de calidad, de bandeado, geométrica y radiométrica, de manera que garanticen la calidad de las imágenes para realizar el análisis.

3.2.2.2. Delimitación y clasificación de mapas de cambio y uso del suelo

Para la generación de los mapas se basó en los criterios de INEGI (2010), citado por Jiménez (2016), que para realizar estudios donde se requiera visualizar o diferenciar vegetación, zonas urbanas, suelos expuestos y cuerpos de agua se utiliza la combinación de las bandas RGB 4, 5, 3; obteniendo una gama de colores los cuales se muestran en la Tabla 2 para su respectiva interpretación.

Tabla 2. Gama de colores de combinación de bandas 4, 5, 3

Color	Coberturas
Marrón, verde, amarillo	Vegetación
Azul claro	Áreas urbanas y suelos expuestos
Azul oscuro	Cuerpos de agua y áreas inundadas

Fuente. Tomado de Jiménez (2016)

Una vez aplicado el juego de bandas procedimos a realizar la clasificación supervisada mediante la herramienta *Maximun Likelihood Classification*, para lo cual se seleccionaron puntos al azar considerando la coloración en diferentes pixeles que oscilan en la gama de color similar y se fue clasificando los puntos por grupos, proceso que se realizó para los diferentes momentos.

Para la generación de los mapas se clasificaron las imágenes mediante el uso del Plugin (*Maximun Likelihood Classification*) en el software ArcMap 10.5 para lo cual se seleccionaron áreas de entrenamiento a partir de lugares conocidos, con una región de rechazo de 0,005 que nos lleva a las coberturas del uso del suelo y la vegetación existente en el lugar de estudio.

Posterior a ello se procede a la aplicación del algoritmo para la clasificación, siendo este: Máxima similitud, la misma que fue elegida de acuerdo al ajuste de la realidad de la investigación.

3.2.3. Análisis comparativo de cambio y uso de suelo

Para el análisis se consideró realizarlo mediante el uso de matriz de confusión y tabla de comparación, considerando que Ariza-López *.et al*, (2018), establecen que *“Las matrices de confusión son la forma más usual y estándar de indicar la exactitud temática de productos derivados de clasificaciones de datos procedentes de imágenes. En este marco, son ampliamente utilizados dos índices: el porcentaje de exactitud y el índice Kappa.”*

Una vez obtenida la clasificación supervisada procedemos a la obtención de la matriz de confusión para lo cual debemos extraer puntos de evaluación mediante *Create Accuracy Assesment Points* y luego generamos la matriz usando *Compute Confusión Matrix*, ambas herramientas del software ArcMap 10.5.

Con la matriz ya obtenida se procedió a calcular la tasa de exactitud que *“Es la proporción de píxeles (superficie) correctamente clasificados en los mapas, producto de la interpretación de imágenes de satélite y el coeficiente derivado de su cálculo representa la probabilidad para cualquier sitio en el mapa de ser correctamente*

clasificado.” y la tasa de error que “es el porcentaje de sitios de verificación clasificados incorrectamente”, sustentado por Camacho-Sanabria *et al.* (2017).

Tabla 3 Matriz de confusión.

Coberturas	Vegetación densa	Vegetación en transición	Área agrícola	Área urbana	Suelo desprovisto de vegetación	Cuerpos de Agua y Zonas inundadas
Vegetación densa	VP-VN	FN	FN	FN	FN	FN
Vegetación en transición	FP	VP-VN	FN	FN	FN	FN
Área agrícola	FP	FP	VP-VN	FN	FN	FN
Área urbana	FP	FP	FP	VP-VN	FN	FN
Suelo desprovisto de vegetación	FP	FP	FP	FP	VP-VN	FN
Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	FP	FP	FP	FP	FP	VP-VN

Fuente. Elaboración propia

Donde:

Verdadero Positivo (VP): es la cantidad de positivos que fueron clasificados correctamente como positivos por el modelo.

Verdadero Negativo (VN): es la cantidad de negativos que fueron clasificados correctamente como negativos por el modelo.

Falso Positivo (FP): es la cantidad de negativos que fueron clasificados incorrectamente como positivos.

Falso Negativo (FN): es la cantidad de positivos que fueron clasificados incorrectamente como negativos.

$$Tasa\ de\ exactitud\ (Accuracy) = \frac{VP + VN}{(VP + VN + FP + FN)} \times 10$$

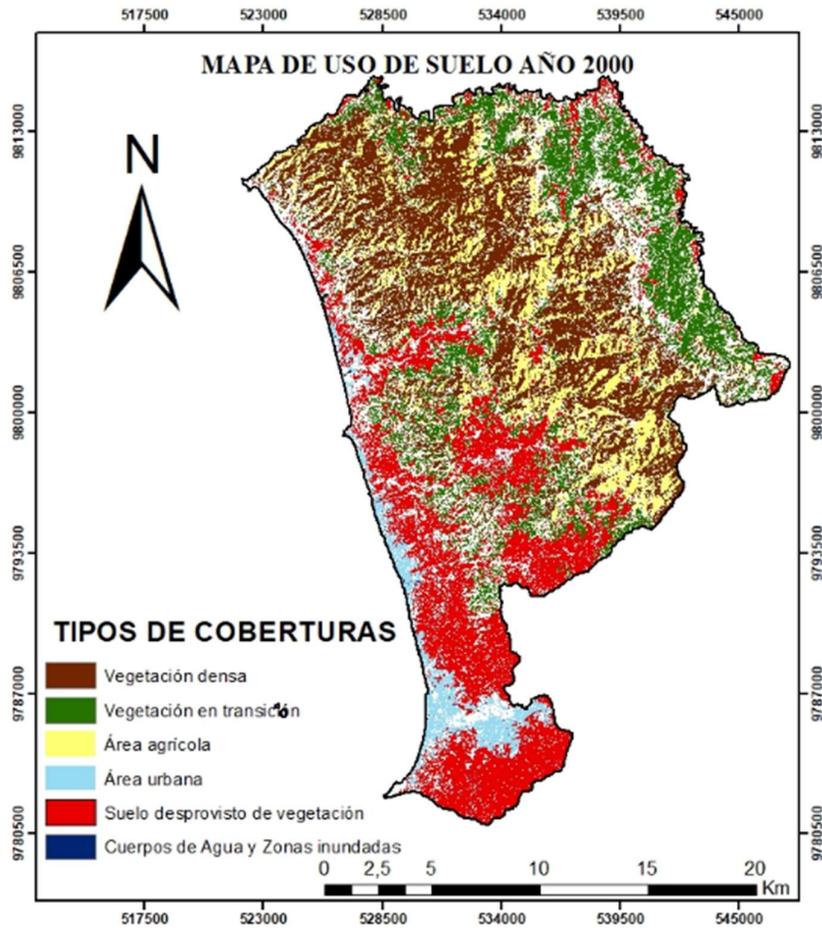
$$Tasa\ de\ Error = \frac{FP + FN}{(VP + VN + FP + FN)}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mapas de uso del suelo a partir de imágenes satelitales para los años 2000 y 2019.

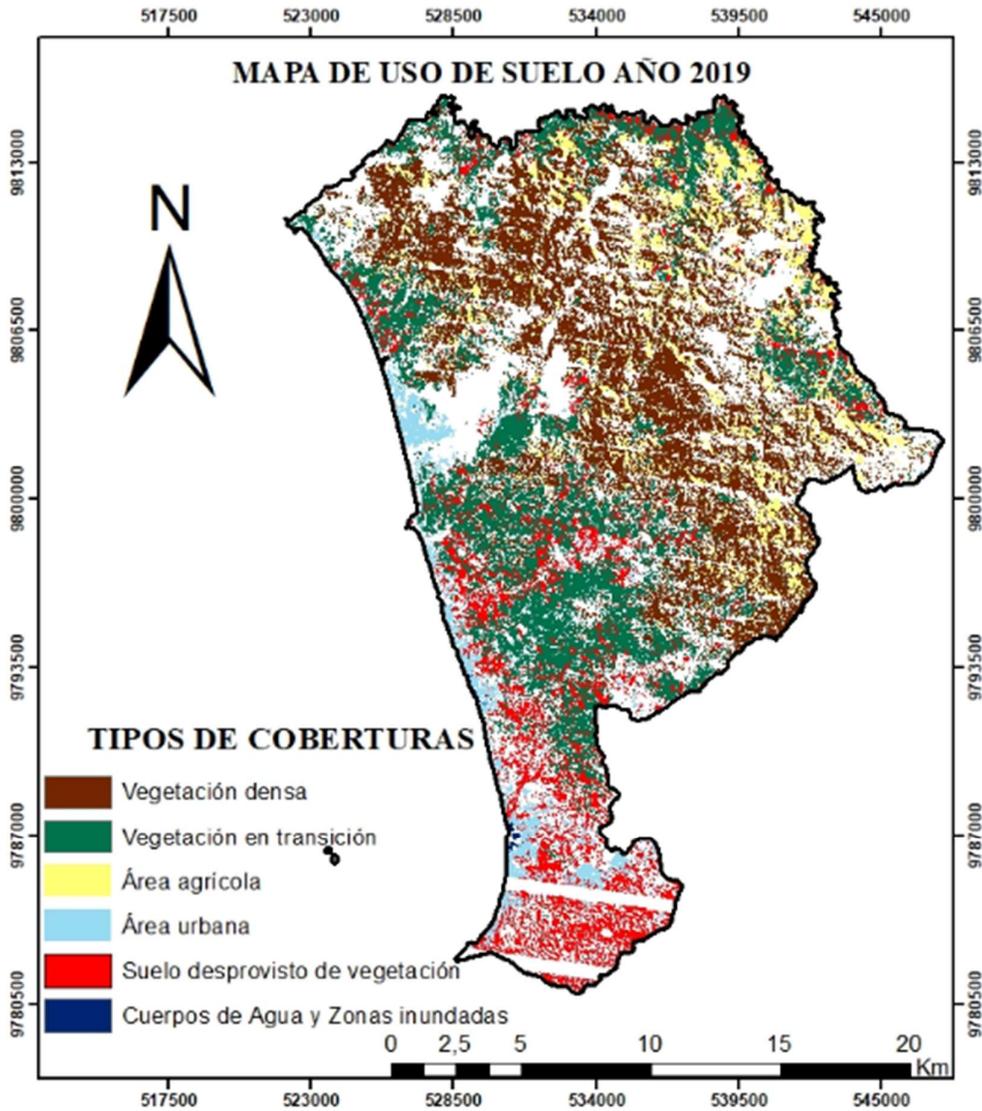
Se obtuvo el mapa de cambio y uso de suelo en los años 2000 y 2019, productos del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 para estos años. Se logran diferenciar seis clases de coberturas: Vegetación densa (VD), Vegetación en transición (VT), Área agrícola (AA), Área urbana (AU), Suelo desprovisto de vegetación (SDV), Cuerpos de Agua y Zonas inundadas (CA).

Figura 2 Mapa de uso del suelo año 2000 parroquia Manglaralto



Fuente. Elaboración propia.

Figura 3 Mapa de uso del suelo año 2019 parroquia Manglaralto



Fuente. Elaboración propia.

Una vez determinadas las distintas coberturas mediante la clasificación supervisada, se validan los datos ayudados de una matriz de confusión, donde se calcula la exactitud de la clasificación obtenida por el procedimiento y su error para cada año: los resultados se aprecian en las Tablas 4 y 5.

Se obtiene un elevado porcentaje de clasificación correcta para el año 2000 (98.4 %) con un error menor al 1% (0,02%) siendo de esta manera que, de los 2068 puntos de verificación, 2035 coinciden con las coberturas de la leyenda del mapa clasificado y

33 son pertenecientes a una cobertura diferente de los pixeles clasificados. Para la clasificación del año 2019 se tiene que, de los 2129 puntos, 2125 coinciden con las clasificaciones de las coberturas y cuatro son pixeles diferentes a las coberturas clasificadas.

Tabla 4 Matriz de confusión año 2000.

Coberturas	Vegetación densa	Vegetación en transición	Área agrícola	Área urbana	Suelo desprovisto de vegetación	Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	Total
Vegetación densa	500	0	2	2	0	1	505
Vegetación en transición	0	450	6	3	6	1	466
Área agrícola	0	0	400	0	0	6	406
Área urbana	0	0	0	300	0	4	304
Suelo desprovisto de vegetación	0	0	0	2	300	0	302
Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	0	0	0	0	0	85	85
Total	500	450	408	307	306	97	2068
Exactitud						2035	98,4
ERROR							0,02

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5 Matriz de confusión año 2019.

Coberturas	Vegetación densa	Vegetación en transición	Área agrícola	Área urbana	Suelo desprovisto de vegetación	Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	Total
Vegetación densa	656	0	1	0	0	0	657
Vegetación en transición	0	496	1	0	2	0	499
Área agrícola	0	0	399	0	0	0	399
Área urbana	0	0	0	300	0	0	300
Suelo desprovisto de vegetación	0	0	0	0	198	0	198
Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	0	0	0	0	0	76	76
Total	656	496	401	300	200	76	2129
Exactitud						2125	99,81
ERROR							0,002

Fuente. Elaboración propia

Magnitud de los cambios en el uso del suelo en la parroquia Manglaralto

Se encontraron diferencias en los valores de píxeles entre las imágenes de los años 2000 y 2019.

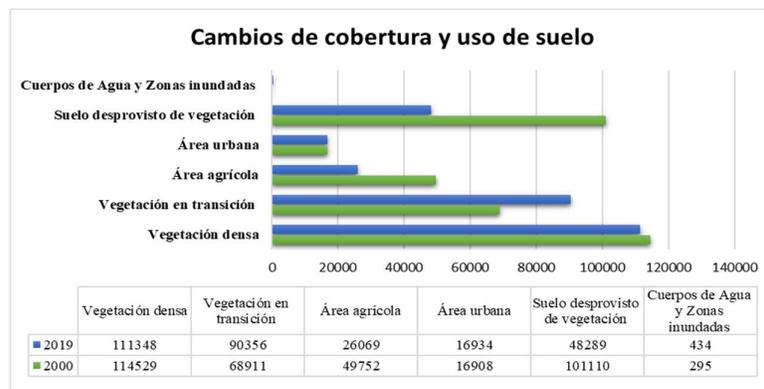
Valores en hectáreas de las clases de uso del suelo obtenidas a partir de la interpretación de las imágenes Landsat 7.

Coberturas	Años		Diferencia píxeles	Años		Diferencia (ha)	%
	No. de píxeles			Área ha			
	2000	2019		2000	2019		
Vegetación densa	114529	111348	-3181	13.744	13.362	-382	2,8
Vegetación en transición	68911	90356	21445	8.269	10.843	2.574	31,1
Área agrícola	49752	26069	-23683	5.970	3.129	-2.841	47,6
Área urbana	16908	16934	26	2.029	2.032	3	0,1
Suelo desprovisto de vegetación	101110	48289	-52821	12.133	5.795	-6.338	52,2
Cuerpos de Agua y Zonas inundadas	295	434	139	3,6	5,2	1,6	44,4

Fuente. Elaboración propia.

De los valores extraídos de la tabla de atributos para las clasificaciones de las imágenes de ambos años, se obtuvo la disminución para la cobertura: Suelo desprovisto de vegetación 6338 ha (52,2%), Área Agrícola 2841 ha (47,6%), y Vegetación Densa 382 ha (2,8%); mientras que se logró apreciar el aumento para las coberturas: Cuerpos de Agua y Zonas inundadas 1,6 ha (44,4%) cabe mencionar que el incremento se podría deber a la presencia de precipitación en el mes que fue tomada la imagen (Noviembre-2019), Vegetación en transición 2574 ha (31,1%) y Área Urbana 3 ha (0,1%).

Figura 4 Cambios de cobertura y uso de suelo



Fuente. Elaboración propia.

Evolución de la cobertura y uso del suelo

En la Figura 4 se presentan los resultados del cambio de cobertura y uso de suelo entre los años 2000 y 2019; considerando que el 52,2% del área desprovista de vegetación y el 47,6% de las áreas de agricultura, pasaron a ser parte de la vegetación en transición, mientras que el 2,8% de la vegetación densa pasó a ser parte del área urbana, Cuerpos de Agua y Zonas inundadas.

Lo que nos muestra claramente que la deforestación de la vegetación densa ha sido controlada en estas dos últimas décadas, en tanto que la agricultura está perdiendo espacios debido al avance de la sequía y la desertificación, insuficientes fuentes de agua para el regadío, disponibilidad de recursos, al mal uso de la tierra (ejemplo: exceso de agroquímicos, maquinaria inadecuada, monocultivos, entre otros), mientras que el incremento de Cuerpos de agua y zonas inundadas se da debido al aumento de piscinas camaroneras en el perfil costero, y la influencia de precipitaciones en los días que fue captada la imagen para Noviembre del 2019.

Comparando los datos de las imágenes satelitales del sensor Landsat 7 para los años 2000 y 2019, se observa que Manglaralto a lo largo de las dos últimas décadas ha tenido cambios notorios. Estos cambios obedecen principalmente a las políticas agrarias que han marcado el rumbo de la dinámica de la agricultura y cómo sus habitantes han recibido dichas políticas, aceptándolas o rechazándolas, vinculadas a la evolución del territorio.

Las permutaciones más evidentes se dan, en la disminución del área agrícola, avance de la sequía y la desertificación, insuficientes fuentes de agua para el regadío, disponibilidad de recursos y los suelos desprovistos de vegetación, en tanto que Camacho *et al.* (2015), en su estudio de cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la zona de transición de montaña, obtuvo un notable incremento en las categorías cuerpos de agua, agropecuario y asentamientos humanos, a pesar de la presencia de procesos vinculados con el ascenso y descenso en la cobertura que comprende cada una de estas.

Por otra parte, Cruz (2014), en su estudio Análisis de la capacidad de uso de las tierras y propuesta de ordenamiento territorial del cantón Santa Elena, provincia de Santa

Elena, Ecuador; estima que el cantón Santa Elena posee 191 012,39 has correspondiente al 53,12 % de tierras dedicadas a la agricultura considerándola con un potencial agrícola fuerte y otros usos con diferentes grados de intensificación.

Mientras que Contreras (2015), estima que la tierra agropecuaria es la ocupación de suelo que mayor cantidad de superficie abarca, tendiendo una disminución del año 1990 al 2000 un 11% y luego en el 2008 aumentó en un 25% y por ultimo disminuye en el 2015 un 35%; y para bosque considera que entre 1990 y 2008 no ha tenido gran variabilidad, disminuyendo para el 2000 en un 2%y en tanto que en el 2008 incrementó el 3% y posteriormente el área densa aumenta significativamente con más del 6%.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al interpretar el cambio de cobertura y uso de suelo en el presente estudio permite conocer mediante clasificación seis tipos de coberturas: Vegetación densa, vegetación en transición, área agrícola, área urbana, cuerpos de agua y zonas inundadas; mismas que tienen una exactitud del 98.4% para el año 2000 y 99.8% para el año 2019; considerando que las resoluciones de las imágenes utilizadas en el estudio tienen baja resolución no se logró obtener subclases para usos de la tierra.
- Al determinar los cambios de cobertura y uso de suelo de la parroquia Manglaralto se obtiene un cambio significativo en la clase desprovista de vegetación, siendo esta mayor al 50%, en tanto que la vegetación densa ha sufrido una ligera disminución correspondiente al 2.8%, no obstante, para el año 2019 se aprecia un incremento del 32% de los cuerpos de agua y áreas inundadas debido a la expansión de piscinas camaroneras.

Recomendaciones

- Por la importancia de la precisión de las imágenes satelitales es recomendable realizar estudios posteriores con imágenes de alta resolución, las cuales permitirán obtener mayores detalles para estudios de cambios de cobertura y usos del suelo.
- Se recomienda realizar estudios similares en las diferentes parroquias de Santa Elena, considerando la década de los 80, para comprender de una mejor manera el cambio de cobertura y uso de los suelos de la provincia.

6. BIBLIOGRAFÍA

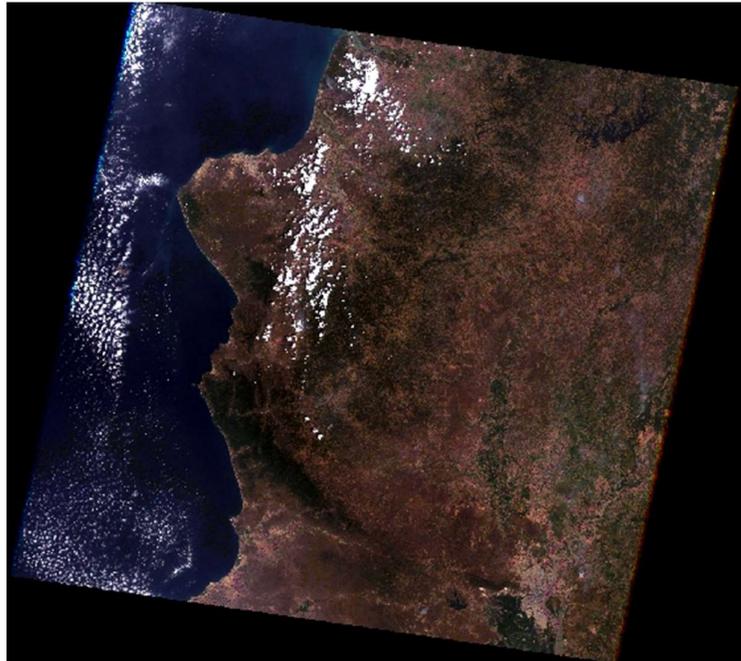
1. Ariza-López F. J., Rodríguez-Avi, J., Alba-Fernández, V. (2018): "*CONTROL ESTRICTO DE MATRICES DE CONFUSIÓN POR MEDIO DE DISTRIBUCIONES MULTINOMIALES*", GeoFocus (Artículos), nº 21, p. 215-226. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.591>
2. Burstein, T., 2009. *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SU APLICACIÓN EN LA SALUD PÚBLICA*, LIMA-PERU: Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica.
3. Camacho-Sanabria1 José Manuel, José Isabel Juan Pérez, Noel Bonfilio Pineda Jaimés, Edel Gilberto Cadena Vargas, Luis Carlos Bravo Peña y Marcela Sánchez López. (2015): "*CAMBIOS DE COBERTURA/USO DEL SUELO EN UNA PROPORCIÓN DE LA ZONA DE TRANSICIÓN MEXICANA DE MONTAÑA*", Maderas y Bosques Vol.1 núm. 1: 93-112. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México
4. Camacho-Sanabria, Raúl; Camacho-Sanabria, José Manuel; Balderas-Plata, Miguel Ángel; Sánchez-López, Marcela "*CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO: ESTUDIO DE CASO EN PROGRESO HIDALGO*", Estado de México Madera y Bosques, vol. 23, núm. 3, 2017, pp. 39-60 Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México
5. Espinosa, G. I. C., 2014. Análisis de la capacidad de uso de las tierras y propuesta de ordenamiento territorial del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, Ecuador, QUITO: s.n.
6. ESAG, 2012. *USO DEL SUELO EN EL ECUADOR*, Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
7. FAO, 2015. *TIERRA Y SUELOS*, CUBA: Universidad de la Habana.
8. Gutiérrez, L., 2017. *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DIGITAL EN LA AGRICULTURA*, CIUDAD DE MEXICO: S.N.
9. Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS, 2010. *CIESAS*. [En línea] Available at: <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/> [Último acceso: 28 Febrero 2021].
10. Olaya, V., 2014. *Sistemas de Informacion Goografica*. s.l.:s.n.

11. Pineda, 2011. *ANÁLISIS DE CAMBIO DE USO DE SUELO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MUNICIPIO DE VALLE DE SANTIAGO*, México, D.F: Centro Público de Investigación CONACYT.
12. Rodriguez, E., 2016. “*LA AGRICULTURA CONVENCIONAL DEL CULTIVODE CACAO Y SU EFECTO EN LA EROSIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA VERSUS BOSQUE PRIMARIO EN JAUNECHÉ - ECUADOR*”, Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
13. Tarrillo, L., 2019. *ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE TACABAMBA AÑOS 2003 Y 2018*, CAJAMARCA – PERÚ: Universidad Nacional de Cajamarca-Facultad de Ciencias Agrarias.
14. Victor López, M. A. B. P. M. C. C. M. J. I. J. P. y. J. G. G. C., 2014. *CAMBIO DE USO DE SUELO E IMPLICACIONES SOCIOECONÓMICAS EN UN ÁREA MAZAHUA DEL ALTIPLANO MEXICANO*, Estado de Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México.
15. Ponvert Delisles, Dámaso y Lau Quan, Andrés y (2013), “*USO DE LAS IMÁGENES DE SATÉLITES Y LOS SIG EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA*”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 22, núm.4, pp.75-80 [Consultado: 28 de febrero de 2021]. ISSN: 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=932/93231386013>
16. Balbontín, C., M. Odi, R. Poblete, J. Garrido, I. Campos y A. Calera. 2016. *USO DE HERRAMIENTAS DE TELEDETECCIÓN Y SIG PARA EL MANEJO DEL RIEGO EN LOS CULTIVOS*. 50 p. Boletín INIA N°335. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena, Chile.
17. Ruiz, V., Savé, R., Herrera, A. 2013. *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO, EN EL PAISAJE TERRESTRE PROTEGIDO MIRAFLOR MOROPOTENTE NICARAGUA, 1993 – 2011*. Ecosistemas 22(3):117-123. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16.
18. Reyes, G., 2014. *ANÁLISIS DE CAMBIOS DE USO DE SUELO PARA LOS AÑOS 1984, 2000 Y 2008 EN LA CUENCA DEL RIO TENACINGO.*, Estado de Mexico: s.n.

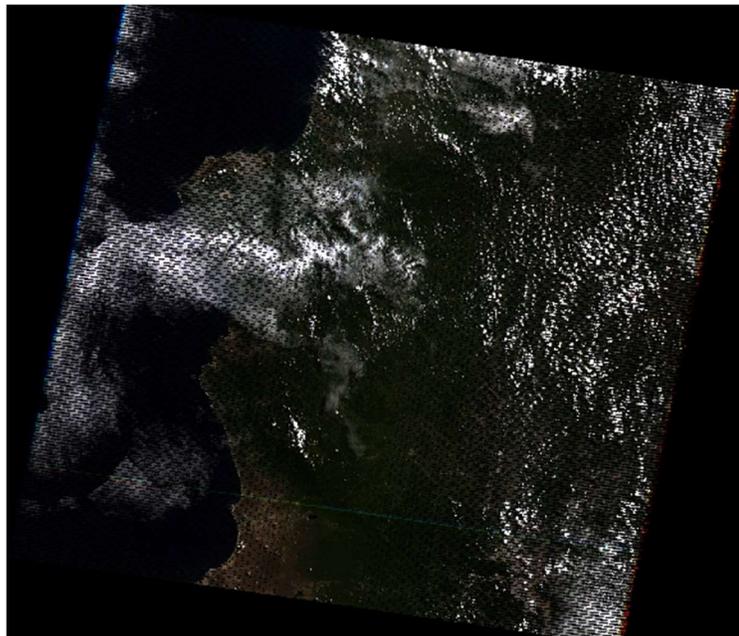
ANEXOS.

Imágenes Satelitales

Anexo 1. Imagen Landsat 7 año 2000

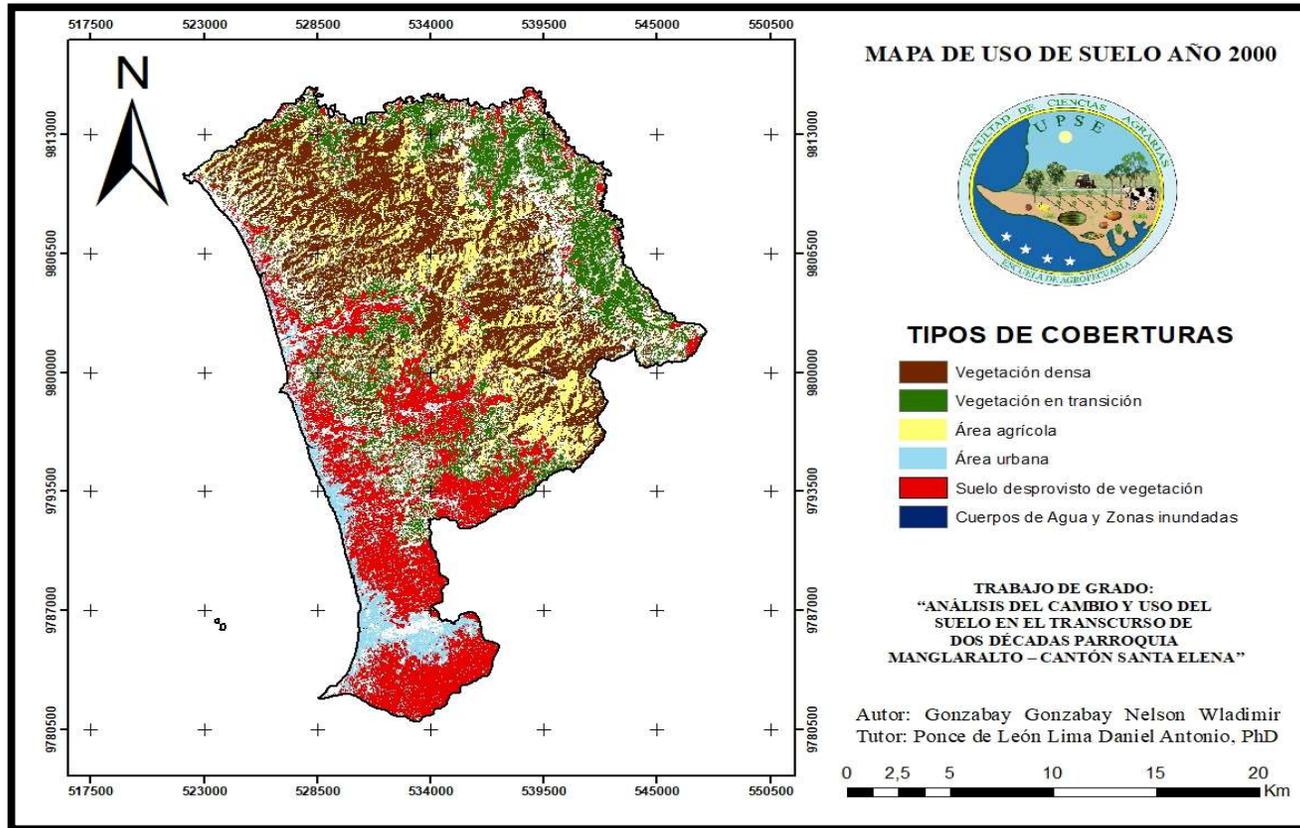


Anexo 2. Imagen Landsat 7 año 2019



Mapas

Anexo 3. Mapa de cobertura y uso de suelo año 2000.



Anexo 4. Mapa de cobertura y uso de suelo año 2019.

