



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniería en Gestión
Ambiental

Proyecto de Investigación:

“Análisis espacial del uso de suelo en el cantón Vinces, provincia de los Ríos a partir de las
imágenes landsat 8”

Autora:

Peralta Vera Haylis Thalya

Docente Auspiciante:

PhD. Lidia Vlassova

Quevedo-Los Ríos- Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Haylis Thalya Peralta Vera, declaro que la investigación descrita aquí es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Haylis Thalya Peralta Vera

C.C. 120700364-9

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, PhD. Lidia Vlassova, docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Haylis Thalya Peralta Vera, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“ANÁLISIS ESPACIAL DEL USO DE SUELO EN EL CANTÓN VINCES, PROVINCIA DE LOS RÍOS A PARTIR DE LAS IMÁGENES LANDSAT 8”**, previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentaria establecidas para el efecto.

PhD. Lidia Vlassova

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Yo, PhD. Lidia Vlassova, en calidad de Directora del Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS ESPACIAL DEL USO DE SUELO EN EL CANTÓN VINCES, PROVINCIA DE LOS RÍOS A PARTIR DE LAS IMÁGENES LANDSAT 8”**, me permito manifestar a usted y por su intermedio al Consejo Directivo lo siguiente: Que, la Srta. Haylis Thalya Peralta Vera, egresada de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, ha cumplido con las correcciones pertinentes, de acuerdo al reglamento de Graduación de Pregrado de la UTEQ, e ingresado el Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo bien certificar que el mismo refleja un porcentaje del 3% de similitud.

PhD. Lidia Vlassova

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS ESPACIAL DEL USO DE SUELO EN EL CANTÓN VINCES,
PROVINCIA DE LOS RÍOS A PARTIR DE LAS IMÁGENES LANDSAT 8”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Dra. Betty González Osorio

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blgo. Juan Pablo Urdánigo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Nieto Cañarte

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado vida, salud, protección y fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi carrera, también expresar mi gratitud por brindarme una vida llena de felicidad, aprendizajes y experiencias.

De manera muy especial a mis Padres Bernardino Peralta y Narcisa Vera, a mi abuelito Gerardo Vera, a mis mejores amigos Joseph, Gloria, Margarita y Hally, mis hermanas Sonia, Solange, Cindy y Shirley y a quien amo mucho, mi novio Cristian, les agradezco por haber estado conmigo apoyándome y brindarme tantos momentos de felicidad expresándome amor, dedicación y paciencia.

A mi directora de tesis, Dra. Lidia Vlassova mis más amplios agradecimientos por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, motivación y paciencia eh llegado a seguir este camino de tesis y llegar a la conclusión del mismo. A los miembros de mi tribunal la Dra. Betty González, el Blgo. Juan Pablo Urdánigo y al Ing. Carlos Nieto quiero expresarles mi gratitud por el apoyo y el conocimiento adquirido.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y a mis padres por su sacrificio, esfuerzo y apoyo a lo largo de mi vida como estudiante, por darme educación para llegar hacer una gran profesional, apoyarme en las metas que me proponga y enseñarme a valorar cada momento en mi vida.

Haylis Thalya Peralta Vera

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto de investigación se realizó la Transformación espectral Tasseled Cap (TTC) de las imágenes Landsat 8, del satélite de última generación, lo cual permitió obtener los tres componentes como son el Brillo, que refleja los cambios en la reflectividad de la imagen, el Verdor que es el componente que mejor indica la cobertura vegetal, y la Humedad la cual muestra el contenido de agua tanto en la vegetación como en el suelo. Estas imágenes satelitales se analizaron para el cantón Vinces para dos estaciones del año distintas (invierno y verano).

La precisión de los mapas de uso del suelo de cada fecha se evaluó utilizando la matriz de confusión y el coeficiente kappa, observándose la coincidencia satisfactoria entre ambas clasificaciones del uso de suelo con los datos de referencia obtenidos en el campo y en Google Earth. Se ha logrado obtener una exactitud de 88.33% en el mes de enero y un 86.67% en el mes de septiembre del 2015. De la matriz de confusión se comprobó un coeficiente kappa de 75% en enero y un 77% en septiembre comprobando la buena calidad de los resultados obtenidos. El análisis de la varianza detecto que no existen diferencias estadísticamente significativas en los componentes de brillo y humedad, mientras que en el componente de verdor se detectó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos clasificaciones supervisadas de las imágenes correspondientes a invierno y verano.

El análisis comparativo de las dos clasificaciones supervisadas de las imágenes correspondientes a invierno y verano permitieron observar que los cuerpos de agua en invierno tienen un área de 74.77 km² mientras que en verano desciende a un 41.19 km². Los cultivos de ciclo corto aumentan a 1268.42 km² en invierno y en verano existe un área de 1064.66 km². Las coberturas de otros tipos de vegetaciones cuentan con un área de 282.7 km² en invierno decrecen a 149.84 km² en verano, debido a que en invierno se refleja mayor cobertura en los bosques y de vegetaciones que crecen en esta época. El área Urbana es la cobertura con mayor tasa de cambio de 124.51 km² pasa a un 18.47 km². El suelo desnudo en la imagen de invierno es de 17.84 km² mientras que en el de verano aumenta a 322.82 km².

Se comprobó que las imágenes Landsat permiten detectar los patrones regionales del uso de suelo y en condiciones de Ecuador, especialmente en las coberturas de vegetación y cuerpos de agua. A pesar de tener dificultades en la obtención de imágenes limpias debido a las condiciones climáticas de la zona, la TTC da resultados buenos para ambas estaciones del año. Se recomienda que la metodología aplicada sea usada por los gobiernos seccionales, en procesos de planificación territorial.

Palabras claves: Usos del Suelo, Imágenes Landsat, Transformaciones Espectrales, Clasificación Supervisada.

ABSTRACT

The Tasseled Cap Spectral Transformation (TTC) of the Landsat 8 images of the last generation satellite was carried out in the present research project, which allowed to obtain the three components such as Brightness, which reflects the changes in the reflectivity of the image, the Greenery that is the component that best indicates the vegetation cover, and the Humidity which shows the water content in both the vegetation and the soil. These satellite images were analyzed for the canton of Vines for two different seasons (winter and summer).

The accuracy of the land use maps for each date was evaluated using the confusion matrix and the kappa coefficient, observing the satisfactory coincidence between both classifications of land use with the reference data obtained in the field and in Google Earth. An accuracy of 88.33% was achieved in the month of January and 86.67% in the month of September 2015. From the confusion matrix, a kappa coefficient of 75% was found in January and 77% in September, verifying the good quality of the results obtained. The analysis of the variance detected that there are no statistically significant differences in the components of brightness and humidity, while in the verdure component it was detected that there is a statistically significant difference between the two supervised classifications of the images corresponding to winter and summer.

The comparative analysis of the two supervised classifications of the images corresponding to winter and summer allowed observing that the bodies of water in winter have an area of 74.77 km² while in summer it falls to 41.19 km². The short cycle crops increase to 1268.42 km² in winter and in summer there is an area of 1064.66 km². The coverage of other types of vegetation have an area of 282.7 km² in winter, decreasing to 149.84 km² in summer, due to the fact that in winter greater coverage is reflected in the forests and vegetation that grow at this time. The Urban area is the coverage with the highest rate of change from 124.51 km² to 18.47 km². The bare ground in the winter image is 17.84 km² while in the summer it increases to 322.82 km².

It was verified that the Landsat images allow to detect the regional patterns of land use and conditions in Ecuador, especially in vegetation and water body coverings. In spite of having difficulties in obtaining clean images due to the climatic conditions of the area, the TTC gives good results for both seasons of the year. It is recommended that the applied methodology be used by sectional governments, in territorial planning processes.

Keywords: Land Uses, Landsat Images, Spectral Transformations, Supervised Classification.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT.....	x
CÓDIGO DUBLIN.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Problematización	4
1.1.1.1. Diagnóstico.....	4
1.1.1.2. Pronóstico.....	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación	6
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Cambios del Uso de suelo	9
2.1.2. Teledetección.....	9
2.1.2.1. Imágenes de Satélite.....	10
2.1.2.1.1. Imágenes Landsat.....	10
2.1.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	11
2.1.3.1. Módulo de Análisis Espacial	11
2.1.3.2. Álgebra de Mapas	11
2.1.4. Sensores Remotos.....	12
2.1.4.1. Sensores de observación terrestre Landsat 8	12
2.1.4.1.1. Características de las bandas del satélite Landsat 8	13
2.2. Marco referencial.....	15

2.2.1.	Estudios del cambio de uso del suelo.....	15
2.2.1.1.	Uso del suelo en el cantón Vinces.....	17
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		18
3.1.	Localización	19
3.2.	Tipo de investigación.....	19
3.3.	Métodos de la investigación.....	20
3.4.	Fuentes de recopilación de información	20
3.5.	Diseño de la investigación:	23
3.5.1.	Transformaciones espectrales de Tasseled Cap de las imágenes Landsat 8.....	24
3.5.2.	Usos de suelo a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Landsat transformadas.....	26
3.5.2.1.	Validación de las clasificaciones	27
3.5.2.1.1.	Matriz de Confusión.....	27
3.5.2.1.2.	Coeficiente Kappa.....	27
3.5.2.2.	Análisis de la Varianza (ANOVA)	28
3.5.3.	Análisis espacial de los usos de suelo en el área de estudio	28
3.5.3.1.	Matriz de detección de cambios.....	29
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
4.1.	Resultados	31
4.1.1.	Pre procesamiento de las imágenes satelitales.....	31
4.1.2.	Transformaciones espectrales Tasseled Cap de las imágenes Landsat 8	33
4.1.3.	Los usos de suelo a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Tasseled Cap.....	37
4.1.3.1.	Regiones de Interés (ROIs).....	37
4.1.3.2.	Clasificación supervisada	38
4.1.3.3.	Validación de las clasificaciones	39
4.1.3.3.1.	Matriz de Confusión y coeficiente kappa	40
4.1.3.4.	Análisis de la varianza.....	43
4.1.4.	Matriz de detección de cambios de las imágenes clasificadas.....	44
4.2.	Discusión.....	47
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		49
5.1.	Conclusiones	50
5.2.	Recomendaciones	51
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA		52
CAPÍTULO VII ANEXOS.....		57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distribución de las bandas en OLI y TIRS	21
Tabla 2	Códigos de las imágenes clasificadas para las estaciones del año 2015	22
Tabla 3	Coefficientes propuestos para la obtención de TTC a partir de Landsat 8	25
Tabla 4	Valoración para el Coeficiente kappa	40
Tabla 5	Matriz de Confusión de la Imagen clasificada de enero	41
Tabla 6	Matriz de Confusión de la Imagen Landsat de septiembre	42
Tabla 7	Análisis de la Varianza del componente Brillo	43
Tabla 8	Análisis de la Varianza del componente Verdor	44
Tabla 9	Análisis de la Varianza del componente Humedad	44
Tabla 10	Uso del suelo en el área de estudio (km ²)	45
Tabla 11	Coordenadas obtenidas en Google Earth	58
Tabla 12	Coordenadas obtenidas con GPS en la fase de campo	59
Tabla 13	Puntos Aleatorios del software ArcGIS verificados de Enero	60
Tabla 14	Puntos Aleatorios del software ArcGIS verificados de Septiembre	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Mapa de localización del área de estudio	19
Gráfico 2	Imágenes Landsat 8 del año 2015	21
Gráfico 3	Flujograma del proceso de clasificación supervisada con imágenes Landsat 8	24
Gráfico 4	Bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de enero del 2015	31
Gráfico 5	Bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de septiembre del 2015	31
Gráfico 6	Combinación de las bandas independientes de las imágenes Landsat de enero del 2015	32
Gráfico 7	Combinación de las bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de septiembre del 2015	32
Gráfico 8	Imágenes recortadas. Composición RGB de las bandas 5, 6, 4	33
Gráfico 9	Imágenes recortadas. Composición RGB de las bandas 5, 6, 4	33
Gráfico 10	Componentes TTC: Brillo (A), Verdor (B), Humedad (C) de enero del 2015	34
Gráfico 11	Componentes TTC: Brillo (A), Verdor (B), Humedad (C) de septiembre del 2015	34
Gráfico 12	Imágenes TTC (stack de brillo, verdor y humedad para las fechas analizadas)	35
Gráfico 13	Imágenes TTC (stack de brillo, verdor y humedad para las fechas analizadas)	36
Gráfico 14	Clasificación supervisada de las Imágenes Landsat	38
Gráfico 15	Clasificación Supervisada de las Imágenes Landsat	39
Gráfico 16	Uso del suelo en el área de estudio (%)	46
Gráfico 17	Uso del suelo en el área de estudio (%)	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Tabla de atributos de los puntos aleatorios de enero	64
Anexo 2	Tabla de atributos de los puntos aleatorios de septiembre	65
Anexo 3	Matriz de Detección de cambios de las imágenes clasificadas en Área	65
Anexo 4	Matriz de Detección de cambios de las imágenes clasificadas en porcentaje	66
Anexo 5	Fase de campo (Cuerpos de Agua)	66
Anexo 6	Fase de campo (ciclo corto y suelos sin vegetación)	67
Anexo 7	Fase de campo (otros tipos de vegetaciones)	67

CÓDIGO DUBLIN

Título	“Análisis espacial del uso de suelo en el cantón Vinces, provincia de Los Ríos a partir de las imágenes Landsat 8”
Autora	Peralta Vera Haylis Thalya
Palabras Claves	Clasificación Supervisada, Usos del Suelo, Imágenes Satelitales, transformaciones espectrales.
Fecha de publicación	Diciembre del 2018
Editorial	UTEQ
Resumen	<p>En el presente proyecto de investigación se realizó la Transformación espectral Tasseled Cap (TTC) de las imágenes Landsat 8, del satélite de última generación, lo cual permitió obtener los tres componentes como son el Brillo, que refleja los cambios en la reflectividad de la imagen, el Verdor que es el componente que mejor indica la cobertura vegetal, y la Humedad la cual muestra el contenido de agua tanto en la vegetación como en el suelo. Estas imágenes satelitales se analizaron para el cantón Vinces para dos estaciones del año distintas (invierno y verano).</p> <p>La precisión de los mapas de uso del suelo de cada fecha se evaluó utilizando la matriz de confusión y el coeficiente kappa, observándose la coincidencia satisfactoria entre ambas clasificaciones del uso de suelo con los datos de referencia obtenidos en el campo y en Google Earth. Se ha logrado obtener una exactitud de 88.33% en el mes de enero y un 86.67% en el mes de septiembre del 2015. De la matriz de confusión se comprobó un coeficiente kappa de 75% en enero y un 77% en septiembre comprobando la buena calidad de los resultados obtenidos. El análisis de la varianza detectó que no existen diferencias estadísticamente significativas en los componentes de brillo y humedad, mientras que en el componente de verdor se detectó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos clasificaciones supervisadas de las imágenes correspondientes a invierno y verano.</p>

	<p>El análisis comparativo de las dos clasificaciones supervisadas de las imágenes correspondientes a invierno y verano permitieron observar que los cuerpos de agua en invierno tienen un área de 74.77 km² mientras que en verano desciende a un 41.19 km². Los cultivos de ciclo corto aumentan a 1268.42 km² en invierno y en verano existe un área de 1064.66 km². Las coberturas de otros tipos de vegetaciones cuentan con un área de 282.7 km² en invierno decrecen a 149.84 km² en verano, debido a que en invierno se refleja mayor cobertura en los bosques y de vegetaciones que crecen en esta época. El área Urbana es la cobertura con mayor tasa de cambio de 124.51 km² pasa a un 18.47 km². El suelo desnudo en la imagen de invierno es de 17.84 km² mientras que en el de verano aumenta a 322.82 km².</p> <p>Se comprobó que las imágenes Landsat permiten detectar los patrones regionales del uso de suelo y en condiciones de Ecuador, especialmente en las coberturas de vegetación y cuerpos de agua. A pesar de tener dificultades en la obtención de imágenes limpias debido a las condiciones climáticas de la zona, la TTC da resultados buenos para ambas estaciones del año. Se recomienda que la metodología aplicada sea usada por los gobiernos seccionales, en procesos de planificación territorial.</p>
--	---

INTRODUCCIÓN

El cambio del uso del suelo se ha convertido en el principal forzante del cambio climático a nivel mundial. Se considera que es la primera causa de la alteración del suelo y afecta fuertemente a la capacidad de los sistemas biológicos para soportar y satisfacer las necesidades humanas (1). A nivel mundial, regional y local existen diversos factores que influyen en el cambio del uso de suelo, como los ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, que en su conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental y la pérdida de la diversidad biológica (2). La cobertura y uso del suelo son dos de los elementos que mejor evidencian la transformación de la superficie terrestre por parte de la acción humana a través del tiempo (3).

El uso del suelo en el Ecuador, refleja una gran variedad de bosques nativos de los cuales se permiten obtener servicios ambientales de vital importancia para la protección de la biodiversidad, captación de carbono y conservación del suelo y del agua. Sin embargo, los bosques primarios son los más afectados, ya que el 90% han sido extraídos y reemplazados por pastos o cultivos agrícolas, afectando directamente al suelo. El cambio del uso de suelo natural o rural a uso urbano produce importantes transformaciones, como por ejemplo el aumento de la escorrentía superficial, especialmente cuando se producen fuertes precipitaciones de tormenta lo que ocasiona desbordes, inundaciones, erosión, difusión de contaminantes, entre otros efectos provocados por la expansión de la frontera agropecuaria (4).

Es indudable la riqueza del suelo que existe en el cantón Vinces, debido a la diversidad que ofrece en sus campos, se generan gran cantidad de lluvias, la temperatura es ideal para potencializar y diversificar los productos agrícolas, también cuenta con una pequeña área perteneciente al humedal Abras de Mantequilla, el cual es conservado, ya que genera un gran nivel de incidencia económica. Sin embargo en la actualidad el uso del suelo se ve afectado por las actividades agrícolas provocados por la deforestación de los bosques nativos y la expansión agrícola, generando que el suelo se encuentre amenazado por desgaste, presión climática y otros afectos (5).

En la actualidad, existen diversos métodos para la detección de los cambios en el uso del suelo, siendo utilizados para este proyecto de investigación la aplicación de las comparaciones y cambios detectados mediante las imágenes satelitales (4). Los SIG se utilizaron como una importante herramienta para manipular y analizar los datos espaciales procedentes de fuentes distintas, al igual que los sensores remotos los cuales fueron esenciales para la captura de datos.

Este proyecto permitió analizar los patrones espaciales que se llevaron a cabo a través de la comparación de dos imágenes satelitales multiespectrales en épocas diferentes. Existen diferentes técnicas de extraer la máxima información de este tipo de imágenes, las cuales permitieron estimar los patrones espaciotemporales. Una de ellas es la realización de las transformaciones espectrales de Tasseled Cap y sus componentes principales (4). Estas técnicas han sido desarrolladas y se adaptan específicamente a las imágenes de misiones Landsat. En esta investigación se utilizaron imágenes del último satélite de este programa, como es el Landsat 8, para la detección y análisis del cambio de uso del suelo en el área de estudio basándose en la clasificación supervisada en imágenes satelitales espectralmente transformadas.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Problematización

La tasa, magnitud y extensión de las alteraciones humanas al sistema terrestre no tienen precedente. El uso de la tierra para proveer bienes y servicios representa la principal alteración humana al sistema Tierra. Los cambios del uso del suelo amenazan la diversidad biológica, contribuyen al cambio climático local, regional y global, degradan el suelo y alteran el funcionamiento y los servicios de los ecosistemas, así como la vulnerabilidad de estos y de la población humana frente a los cambios climáticos y las perturbaciones naturales y humanas (6).

El impacto derivado por los cambios del uso de suelo ordinariamente se relaciona con la deforestación y fragmentación de los ecosistemas, la desertización, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos. Si bien existen eventos naturales como las inundaciones, sequías, y entre otras, que propician, en mayor y menor medida, alteraciones en la cobertura natural. En las últimas décadas el impacto de las actividades humanas se ha convertido en uno de los principales agentes transformadores de los ecosistemas (3).

En el cantón Vinces, el desgaste del suelo en el siglo 21, luego de doscientos años de actividad productiva conocida en cuanto al monocultivo, el suelo está amenazado por desgaste, presión climática sin protección ni reposición. La condición de extensión, incrementa la presión sobre el factor suelo para exigirle una productividad comparativa frente a otros territorios, con los que la demanda de agroquímicos es persistente, la dependencia de paquetes tecnológicos resistentes coadyuvan a debilitar el suelo, sin que antes se haya hecho obras de conservación generalizadas en el territorio (5).

1.1.1.1. Diagnóstico

El suelo del cantón Vinces es indudable por la cantidad de lluvias que existe, la temperatura es ideal para potencializar los productos agrícolas, la geografía plana permite el cultivo de grandes extensiones siempre que se lo haga de manera sustentable, además se puede tecnificar el trabajo agrícola y agropecuario. Tiene remanentes de biodiversidad sobre todo en el área que corresponda al humedad Abras de Mantequilla y en todo el cantón, el uso del

suelo, su calidad determina su nivel de productividad, su conservación, su nivel de permanencia y el nivel de incidencia económica en la región el grado de control de mercado o el nivel de adsorción productiva (5).

La deforestación la cual es originada por la expansión agrícola y otros cambios en el uso del suelo son las principales causas de la pérdida de los recursos forestales y degradación ambiental. También se considera que los cambios en el uso del suelo influyen directamente en la desertificación, emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera y el cambio climático. Sin embargo, las actividades humanas tienen distintos efectos en la degradación ambiental, debido a que los usos de suelo son diversos y varían en intensidad, duración y extensión.

1.1.1.2. Pronóstico

El uso inadecuado del suelo debido a la expansión agrícola y a otras actividades producidas por el hombre, provocan degradación del suelo, pérdida de la flora y fauna presentes en el área de estudio, dando como consecuencia la disminución de la calidad de vida de la población. Para analizar estos cambios en el uso del suelo se utilizan las imágenes satelitales para ser convertidas en capas de información las cuales son almacenadas, procesadas y analizadas en SIG.

1.1.2. Formulación del problema

¿Pueden las transformaciones espectrales diferenciar los cambios del uso del suelo en las dos estaciones del año 2015?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Es posible detectar los principales usos de suelos a partir de las imágenes Landsat?

¿La transformación Tasseled Cap aplicada en el proyecto de investigación contribuye con la información para el análisis del cambio de uso del suelo?

¿Cuál época del año es más apropiada para diferenciar los usos de suelo en las imágenes del área de estudio?

Se plantea la siguiente hipótesis alternativa:

La aplicación de las transformaciones espectrales de las imágenes Landsat permiten diferenciar los principales usos del suelo en el área de estudio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Analizar patrones espaciales de uso de suelo en el cantón Vinces, provincia de Los Ríos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar las transformaciones espectrales de Tasseled Cap de las imágenes Landsat 8;
- Identificar los usos de suelo en el área de estudio a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Landsat transformadas y evaluar su capacidad de detectar los usos de suelo en el área de estudio;
- Efectuar el análisis espacial de los usos de suelo en el área de estudio.

1.3. Justificación

El uso de imágenes satelitales ha cobrado gran importancia en la actualidad, pues permiten obtener información de gran importancia sobre los cambios en el uso del suelo a un bajo costo, ya que son muy fáciles de obtener, delimitando la exploración terrestre a zonas específicas relevando la identificación de las zonas de estudios.

Con el propósito de utilizar y analizar patrones espaciales, transformarlos y comparar las diferencias que estos tienen sobre el uso de suelo, se pretende evaluarlos e identificar cual es el más apto para utilizar en el área de estudio a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Landsat transformadas y así proceder a realizar un análisis espacial del uso de suelo. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), fueron de gran ayuda para este proyecto de investigación, ya que son muy útiles para la búsqueda de información y herramientas altamente especializadas.

La importancia del presente proyecto de investigación radica en el análisis espacial en el uso del suelo del cantón Vinces, mediante la utilización de las Transformaciones Tasseled Cap (TTC), obteniendo por medio de sus componentes una mejor combinación de las coberturas y posteriormente realizar una mejor clasificación de las imágenes.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cambios del Uso de suelo

El suelo es un recurso natural semi-renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra (7). El uso del suelo ocurre cuando este se manipula físicamente, también se define como el proceso de producción de bienes materiales para la alimentación, instrumentos de trabajo y todos aquello que permita asegurar al ser humano su supervivencia (8). Dado que el uso del suelo es el resultado de la actividad del hombre sobre la cubierta del suelo, se puede definir que el cambio del uso del suelo se refiere a la dinámica de las prácticas de apropiación del territorio (9).

Existen diversos factores que influyen en el cambio del uso del suelo, como los ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, que en conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental y pérdida de la diversidad biológica (2). Los cambios de uso del suelo son aquellos cambios constantes que sufre la superficie terrestre debido, principalmente, a la apertura de nuevas tierras agrícolas, desmontes, asentamientos humanos e industriales, construcción de aeropuertos y carreteras (8).

2.1.2. Teledetección

La teledetección se puede definir como la adquisición de la información sobre un objeto a distancia, es decir, sin que haya contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador. El termino teledetección se restringe a aquellos métodos que emplean la energía electromagnética reflejada o irradiada por objetos, lo que excluye las investigaciones eléctricas, magnéticas y gravimétricas, que lo que miden son los campos de fuerzas (10).

La teledetección ha sido utilizada como una valiosa herramienta y determinante a la hora de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales, de manera especial en evaluar dinámicas en los cambios de usos de suelos y coberturas vegetales. La aplicación de la teledetección es posible gracias a la interacción de la energía electromagnética con las cubiertas terrestres que tienen un comportamiento reflectivo variable, condicionado por su estado al momento de la adquisición de la imagen (11).

2.1.2.1. Imágenes de Satélite

Una imagen satelital es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial a través de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste; producto que posteriormente se transmite a estaciones terrestres para su visualización, procesamiento y análisis (12). Las fuentes de datos para la clasificación digital de imágenes son diversas entre ellas se destacan las imágenes satelitales de la serie Landsat, cuyos objetivos han sido cartografiar y evaluar los recursos naturales (13).

2.1.2.1.1. Imágenes Landsat

Landsat fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. La constelación Landsat está formada por 8 satélites que provienen, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales.

Actualmente solo se encuentran activos el Landsat 5, 7 y 8, que son administrados por la NASA (National Space and Space Administration), en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Las imágenes Landsat están compuestas por 7 a 9 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones (14).

A las imágenes del satélite Landsat 8 se caracterizan por incorporar dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible de la banda 1, diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación de zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo en la banda 9 para la detección de nubes cirrus (15).

2.1.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG es un conjunto de herramientas compuestas por hardware, software, datos y usuarios, que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos y mapas, y representar datos alfanuméricos. También puede verse como un modelo informatizado de la realidad geográfica para satisfacer unas necesidades de información concretas, esto es, crear, compartir y aplicar información útil basada en datos y en mapas (16).

Los sistemas de información son diseñados para trabajar con datos referenciados por coordenadas especiales o geográficas y sus correspondientes no espaciales. Es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos (17). Los SIG constituyen una importante herramienta de trabajo para la investigación, debido a su gran capacidad para el almacenamiento y manipulación de grandes volúmenes de datos georeferenciables, los SIG facilitan el análisis y la toma de decisiones (18).

2.1.3.1. Módulo de Análisis Espacial

Con la idea de mejorar la recuperación espacial, por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), ha sido diseñada una aplicación SIG distribuida. Esta aplicación se enfoca principalmente en la realización de operaciones de análisis espacial, a través de una herramienta denominada Módulo de Análisis Espacial. Este módulo contiene varios modelos espaciales y matemáticos, que fueron diseñados e implementados para detectar áreas con riesgo de deslave e inundación (19).

2.1.3.2. Álgebra de Mapas

Uno de los fundamentos de los SIG es la obtención de nuevas capas de información a partir de otras previamente disponibles. Para ello se dispone de un conjunto de herramientas de cálculo con matrices de datos que reciben el nombre genérico de álgebra de mapas. El

álgebra de mapas incluye un amplio conjunto de operadores que se ejecutan sobre una o varias capas raster de entrada para producir una o varias capas raster de salida (20).

2.1.4. Sensores Remotos

Los sensores remotos se dividen en activos y pasivos. Los primeros cuentan con una fuente de energía propia que dirigen hacia el blanco particular y posteriormente recogen la señal de regreso (como los satélites de radar). Los segundos registran directamente la energía reflejada o emitida de la superficie terrestre. También cuentan con instrumentos y mecanismos que permiten reconocer diferentes respuestas espectrales de la luz reflejada. Estos captan información de las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético y la intensidad del reflejo de los objetos en la superficie de la Tierra.

Para poder elegir adecuadamente el tipo de datos que requieren adquirirse mediante técnicas de percepción remota, utilizando imágenes de satélite, para un estudio específico en una comunidad, es necesario conocer las características de la información que puede estar a nuestro alcance. Para esto, debemos saber a qué se refiere cada una de esas características que tienen los datos generados por cada satélite en particular y decidir en función de nuestras necesidades y posibilidades (21).

2.1.4.1. Sensores de observación terrestre Landsat 8

Los sensores a bordo del Landsat 8, representan avances evolutivos en la tecnología de sensores remotos y en su rendimiento, miden la superficie terrestre en el visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, e infrarrojo térmico con una resolución moderada entre 15 y 100 metros dependiendo de la longitud de onda espectral. La distribución de la energía observada en estas longitudes de onda revela información sobre la reflexión y emisión de superficies. El satélite Landsat 8 incorpora dos instrumentos de barrido:

- Operational Land Imager (OLI)

Fue diseñado para tener una vida útil de cinco años y detectará las mismas bandas espectrales de los anteriores instrumentos del Landsat (es decir sensores, TM y ETM+), con la excepción de una banda en el infrarrojo térmico. Además de las 7 bandas multiespectrales del anterior Landsat (seis de los cuales han sido refinadas) OLI agregará dos nuevas bandas espectrales, una banda azul "costera" (banda 1) y una banda en el infrarrojo de onda corta "cirros" (banda 9). Estas nuevas bandas, ayudaran a los científicos a medir la calidad del agua y facilitaran la detección de nubes altas y delgadas que previamente han sido difíciles de observar en las imágenes Landsat.

- Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Es un sensor térmico infrarrojo con 185 kilómetros de campo de visión. Con una resolución espacial de 100 metros de ancho, la resolución espacial del TIRS, está diseñada para captar las mediciones de consumo de agua en los campos de riego. diferencia del OLI el sensor TIRS tiene una vida útil de 3 años (22).

2.1.4.1.1. Características de las bandas del satélite Landsat 8

- Banda 1 (0.433 μ m – 0.453 μ m)

Llamada también banda aerosol costero por sus dos usos principales, como lo son la formación de imágenes en aguas poco profundas, y el seguimiento de las partículas finas como el polvo y el humo. Detecta azules profundos y violetas. La luz azul es difícil de recoger desde el espacio porque se dispersa fácilmente por pequeños trozos de polvo y agua en el aire, e incluso por las moléculas de aire. Esta es una razón por qué las cosas muy distantes (como montañas en el horizonte) aparecen azuladas, y por qué el cielo es azul. Esa parte del espectro es difícil de recoger con la sensibilidad suficiente para ser útil, y la banda 1 es el único instrumento de su tipo que produce datos abiertos en esta resolución; una de las muchas cosas que hacen a este satélite especial (22).

- Bandas 2, 3 y 4 ($0.45\mu\text{m} - 0.67\mu\text{m}$)

Son bandas visibles; azules, verde y rojo, cuando se las combinan se obtiene una imagen de color verdadero, es decir los colores, como lo discriminan nuestros ojos (22).

- Banda 5 ($0.85\mu\text{m} - 0.88\mu\text{m}$)

Llamada infrarrojo cercano. Esta parte del espectro es especialmente importante para la ecología ya que las plantas sanas reflejan el agua en sus hojas y dispersa las longitudes de onda de nuevo al cielo (22).

- Bandas 6 y 7 ($1.57\mu\text{m} - 2.29\mu\text{m}$)

Realiza diferentes cortes de la cubierta en el infrarrojo de onda corta. Son particularmente útiles para discriminar la tierra mojada de la tierra seca, y para la geología: rocas y suelos que parecen similares en otras bandas de frecuencia tienen fuertes contrastes (22).

- Banda 8 ($0.50\mu\text{m} - 0.68\mu\text{m}$)

Es la pancromática o simplemente pan - banda. Funciona igual que el cine en blanco y negro: en lugar de recoger colores visibles separados, los combina en un solo canal. Debido a que este sensor puede ver más luz a la vez, es la más aguda de todas las bandas, con una resolución de 15 metros (22).

- Banda 9 ($1.36\mu\text{m} - 1.38\mu\text{m}$)

Cirrus, recoge solamente cúmulos de nubes, está diseñado especialmente para las nubes cirrus - altos, "colas de caballo" tenues. Los cirrus son un verdadero dolor de cabeza para las imágenes de satélite debido a que sus bordes suaves hacen que sean difíciles de detectar (22).

- Bandas 10 y 11 ($10.60\mu\text{m} - 12.51\mu\text{m}$)

Se ubican en el infrarrojo térmico, que ven el calor. En lugar de medir la temperatura del aire, como estaciones meteorológicas lo que hacen es informar sobre el terreno en sí, que es a menudo es mucho más caliente (22).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Estudios del cambio de uso del suelo

Los estudios sobre el cambio en el uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada, entre otros. El cambio de uso del suelo constituye una de las principales preocupaciones en el territorio ecuatoriano, debido a la presión que ejerce sobre los bosques nativos y, en cierta forma, explica el proceso de deforestación del país, por lo que su análisis reviste especial importancia en el desarrollo socio-económico del Ecuador (23).

En el Ecuador, las actividades del hombre sobre los ecosistemas, ha tenido mayor fuerza a partir de la época colonial y actualmente ha tomado mayor impulso después de la reforma agraria a partir de los años sesenta, dichas acciones antrópicas tales como la deforestación, forestación, el avance de la frontera agrícola, el pastoreo en áreas inadecuadas o el sobrepastoreo, la construcción desordenada de infraestructura vial, entre otras, están afectando, directa o indirectamente a los ecosistemas y producen los cambios en el uso del suelo (24).

La importancia de la utilización de las imágenes de satélite como un auxiliar en los trabajos geológicos ha sido ampliamente demostrada. El uso frecuente de las imágenes en relación con la geología ha sido el de la detección de la superficie de la Tierra (25).

Existen varios tipos de imágenes utilizadas para monitorear la superficie terrestre. Las clasificaciones de la cobertura y uso de suelo son, generalmente, hechas a partir de imágenes Landsat. Los métodos de clasificación pueden ser supervisados y no supervisados, los primeros son procedimientos empleados para la identificación de áreas espectrales similares dentro de una imagen, por lo que el usuario preliminarmente reconoce las regiones de interés conocidas en el área de tierra, y el algoritmo elegido extrapola estas características espectrales para otras regiones de la imagen, realizando así la clasificación, mientras que la

clasificación no supervisada tiene por objetivo agrupar los casos por su similitud espectral relativa, sin toma de muestras de campo (26).

Las principales aplicaciones de estas imágenes se centran en la identificación y clasificación de las distintas cubiertas que existen en la superficie terrestre, determinación de humedad del suelo, clasificación de la vegetación, mapas hidrotermales y estudios multitemporales (27).

Las imágenes Landsat se adquieren digitalmente, quedan listas para ser cargadas y utilizadas directa e inmediatamente, estas imágenes se procesan, manipulan y realzan para extraer información que otras fuentes no detectarían. Realizar trabajos con imágenes satelitales resulta normalmente más económico. Las imágenes obtenidas por los satélites ofrecen una perspectiva única de la tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. Las imágenes de satélite destacan en obtener la cobertura global y periódica de la superficie, información de regiones no visibles del espectro, formato digital de la información, acelera los procedimientos de tratamiento combinación de bandas, filtros, contrastes, entre otras(28).

En la actualidad los diversos sistemas que existen en el mundo, manejan datos que representan información valiosa para las diferentes organizaciones sin embargo el análisis se centra en procesar toda esta información de estudios estadísticos y consultas, toda esta información puede ser llevada dentro de un sistema que permita de forma exacta y precisa valorar toda esta información, manteniendo la integridad de datos y su relación con el mundo exterior. Por lo que el aporte de un SIG incorpora información del mundo real y los representa en forma de mapas y símbolos, siendo importante para su estructura y funcionalidad diseñar un modelo de objetos, que involucra un proceso y análisis para representar objetos y sus relaciones, como también el acceso a los mismos ya provechar de mejor manera las tendencias tecnológicas de la actualidad. Los Sistemas de Información Geográfica se están convirtiendo hoy en día en herramientas de análisis, planificación y toma de decisiones en las diferentes áreas (29).

La transformación Tasseled Cap es una transformación que se dirige a obtener nuevas bandas, por combinación lineal de las originales, con objeto de realzar algunos rasgos de interés de la escena. Ofrece componentes de significado físico preciso, esto es, independiente del tipo de imagen que se utilicé. Esta transformación, permite resaltar los fenómenos más importantes que ocurren durante el desarrollo de un cultivo.

Lo que pretende el TC es poner en evidencia el comportamiento espectral de la vegetación y el suelo al crear nuevos ejes ajustados al espacio físico. Con la rotación de las imágenes originales se obtienen tres planos: brillo, verdor y humedad, los cuales están directamente asociados con valores físicos de la escena, donde el brillo está asociado a las variaciones de reflectancias del suelo, el verdor es similar a la vegetación, está correlacionado con el vigor de la vegetación, y la humedad se relaciona con la cantidad de agua contenida en la vegetación y el suelo. Esta configuración de los planos permite tener mayor variabilidad entre los elementos vegetales de los que no lo son, y entre los suelos desnudos y la humedad contenida en ellos, por lo que los elementos urbanos son susceptibles a ser identificados (30).

2.2.1.1. Uso del suelo en el cantón Vinces

Se puede decir que Vinces fue un cantón eminentemente cacaotero, de producción de mangos, platanero, naranjero y cafetalero porque el 63.91% de sus productores se dedicaban a esas actividades productivas. Si se analizaría por la superficie sembrada, es decir la perspectiva de sus cultivos para el futuro, Vinces sería (posterior a la fecha del censo agropecuario) un territorio bananero por excelencia.

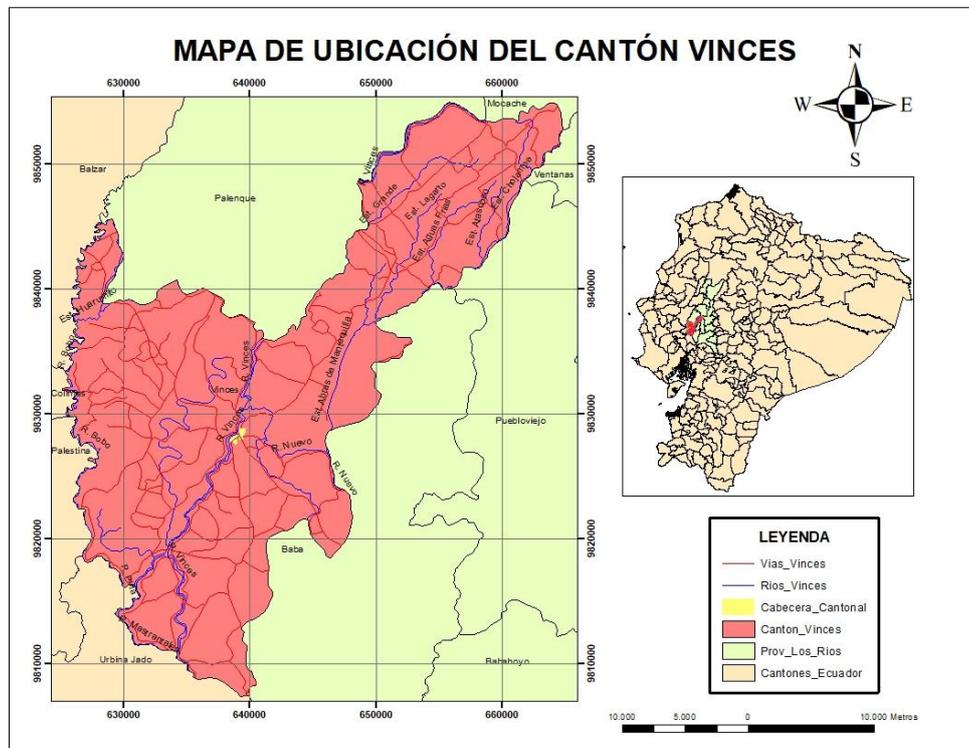
La tendencia que sigue para el uso del suelo es por tanto a actividades de gran rendimiento como el banano, palma, y algo de cacao y café para las medianas y grandes propiedades. En tanto que la producción de ciclo corto de arroz y maíz y algunas de tipo permanente es frecuentemente producido por los pequeños propietarios. La superficie más importante utilizada para producción agrícola es el banano y ella ha crecido al doble si comparamos con la información muestral del año 2000, pasando del 16 al 32% del territorio (5).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El cantón Vines, denominado como Paris Chiquito se ubica al sur de la provincia de Los Ríos, el cual cubre una superficie total de aproximadamente 709.6 Km², el clima del área es cálido y húmedo con una temperatura fresca de 24°C a 32°C; está a una elevación de 6 m.s.n.m, tiene una precipitación aproximada de 1500 m.m. Está conformado por parroquias Urbanas y Rurales; en la parte Urbana: Vines como cabecera cantonal, y en la parte rural: la parroquia Antonio Sotomayor, y cuenta con 182 recintos (29). El área de estudio es reconocida por su producción agrícola, comercial, por sus atractivos naturales y sus festividades.

Gráfico 1: Mapa de localización del área de estudio



3.2. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo diagnóstico-explorativo, ya que se aplicó transformaciones espectrales y posteriormente una clasificación supervisada la cual permitió verificar el uso del suelo presente en la época de invierno y verano identificando el uso del suelo existente en el área de estudio.

3.3. Métodos de la investigación

Las metodologías aplicadas en el presente estudio pertenecen a las geo tecnologías de la información geográfica como son la (teledetección y SIG) como fuentes de información y herramientas para el análisis espacial del área de estudio.

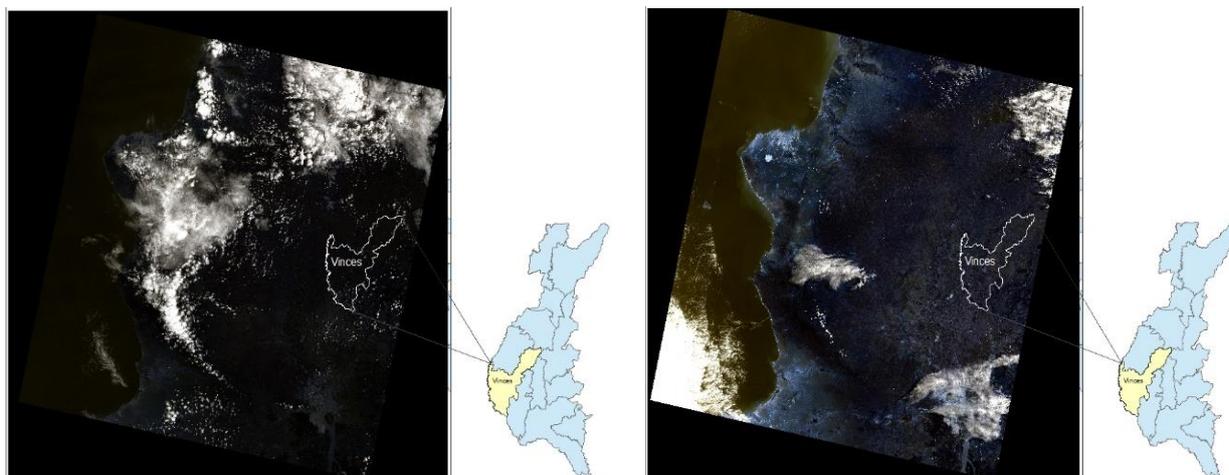
La presente investigación utiliza los siguientes métodos:

- Método de observación directa: La utilización del software espacial Google Earth permitió observar de manera virtual el uso del suelo en el área de estudio, para lograr realizar una clasificación supervisada para lo cual se requieren coordenadas las cuales se las obtuvo mediante una fase de campo
- Método Descriptivo: Se lo utilizó para describir los resultados obtenidos dentro de la investigación, proporcionando información relevante para investigaciones futuras
- Método deductivo-analítico: Se utilizó para realizar el análisis del uso del suelo en el área de estudio mediante la deducción de los resultados obtenidos en la investigación

3.4. Fuentes de recopilación de información

De las imágenes satelitales ubicadas en el portal de la USGS, se analizaron 12 imágenes satelitales, descartando varias imágenes las cuales no cumplían con los porcentajes de nubosidad menor a un 37% y obteniendo como resultado dos imágenes satelitales Landsat 8 del año 2015 de las dos estaciones del año como son verano e invierno, las cuales se las presentan a continuación:

Gráfico 2: Imágenes Landsat 8 del año 2015



Landsat 8 del 25 de Enero del 2015

Landsat 8 del 6 de Septiembre del 2015

En la tabla 1 se observa la distribución de las imágenes multispectrales Landsat 8 que contiene 11 bandas, 9 bandas para el OLI y 2 para TIRS. Las cuales tienen una resolución espacial de las bandas ópticas desde 30 a 100 metros.

Tabla 1. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Banda espectral (OLI y TIRS)	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 – Aerosol Costero	0.43 – 0.45	30
Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
Banda 5 - Infrarrojo cercano	0.85 - 0.88	30
Banda 6 – Infrarrojo de longitud de onda corta	1.57 - 1.65	30
Banda 7 – Infrarrojo de onda corta	2.11 - 2.29	30
Banda 8 - pancromática	0.50 - 0.68	15
Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente: (31)

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utilizaron dos imágenes de misiones Landsat del último satélite de este programa, como son las Landsat 8, tomadas en estaciones diferentes del año 2015 para detectar y analizar los cambios que se producen en el uso del suelo del área de estudio basándose en la clasificación supervisada en imágenes satelitales espectralmente transformadas.

Tabla 2. Códigos de las imágenes clasificadas para las estaciones del año 2015

Landsat	Código	% Nubosidad	Fecha
8	LC080110612015012501T1-SC20180528102226	23.52	25/01/2015
8	LC080110612015090601T1-SC20180509111954	10.89	06/09/2015

Las dos imágenes satelitales Landsat 8 se obtuvieron al libre acceso en la siguiente dirección electrónica <https://earthexplorer>, a través de EARTH EXPLORER USGS GOV SCIENCE FOR A CHANGING WORLD.

Requerimientos geo tecnológicos: Las tecnologías de geo-información para el análisis del cambio en el uso del suelo, son los siguientes Software espaciales:

- Software ENVI 4.7: Es una plataforma avanzada de software que permitió extraer información de las imágenes Landsat. Este programa realizó el procesamiento de las imágenes espectrales permitiendo realizar el análisis de las imágenes mediante una interfaz intuitiva y fácil de usar para ayudar a obtener información significativa de las imágenes.
- Software ArcGIS 10.4.1: Es una completa plataforma de sistemas de información geográfica que permitió crear, analizar, almacenar y difundir datos geo-espaciales, para resolver problemas con fines geográficos.
- Google Earth: Es una plataforma que permitió recopilar puntos para verificar las imágenes clasificadas.
- Equipos de Geoposición: Sistema de posicionamiento Global (GPS) permitió la obtención de los puntos de campo.

Para el presente proyecto se obtuvo como fuente de información el uso de artículos científicos, tesis, sitios web, libros digitales y el uso de mapas de uso del suelo con las coberturas típicas de la provincia de Los Ríos, en el cual se utilizó la información del cantón Vinces para realizar la clasificación.

Como fuentes primarias se realizó la recolección de datos de campo para determinar las firmas espectrales de las diferentes coberturas, las cuales fueron usadas para determinar las áreas de entrenamiento para la clasificación, por otro lado, se utilizó los mismos puntos para validar la posibilidad de usar datos de google Earth como fuentes de referencias y validación de la calidad de los resultados. También se generó 60 puntos aleatorios por cada imagen clasificada para el área de estudio.

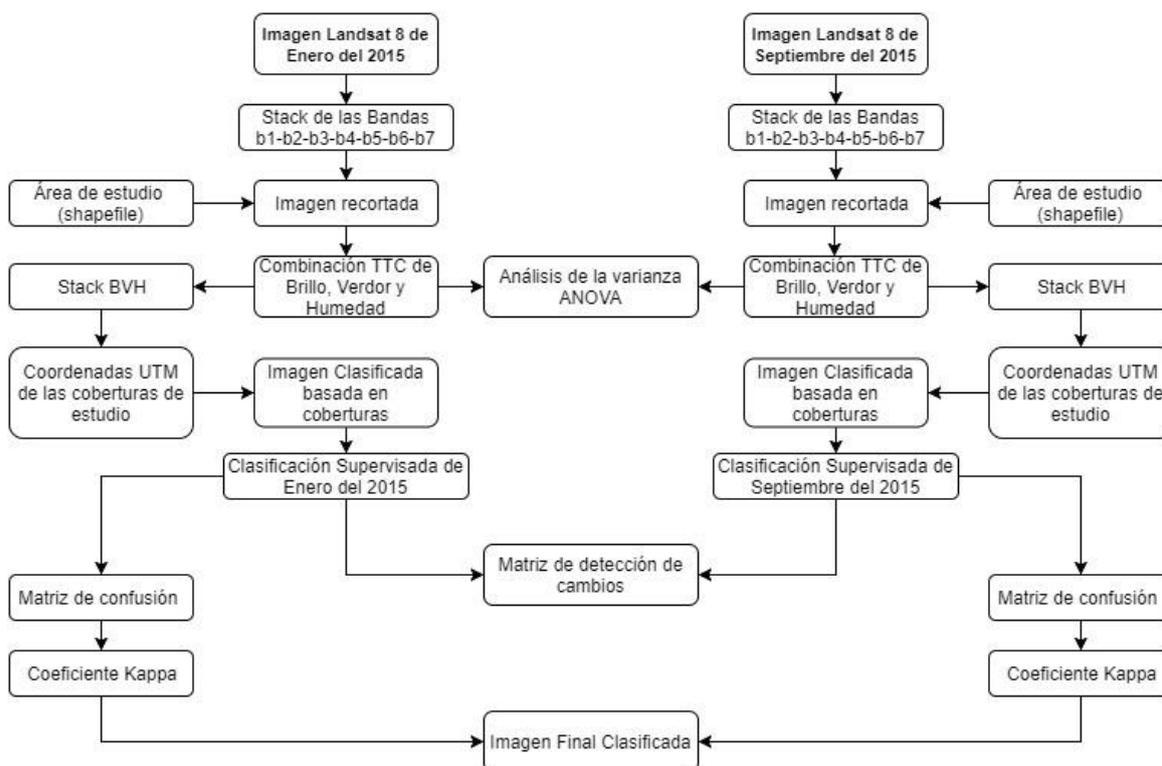
3.5. Diseño de la investigación:

El presente proyecto de investigación es de tipo no experimental, debido a que se aplican transformaciones espectrales con software espaciales para la obtención de la detección de cambios y análisis espacial del uso del suelo en el área de estudio. El aporte de la presente investigación, es analizar como varían los valores mínimos y máximos de cada cobertura en ambas fechas analizadas, para obtener mejores resultados según las coberturas.

Las variables de respuestas son las coberturas de uso del suelo, mientras que las variables independientes son los componentes espectrales resultante de TTC, derivados de las reflectancias originarias de Landsat.

A continuación, se presenta una matriz del proceso de clasificación que se llevó a cabo con dos imágenes satelitales Landsat 8 de la época de verano y de invierno del año 2015:

Gráfico 3: Flujograma del proceso de clasificación supervisada con imágenes Landsat 8



El pre procesamiento digital de las imágenes Landsat, consistió en el recorte para el área de estudio y combinación de las bandas independientes en una sola imagen (Stack), el cual permitió hacer una fusión de todas las bandas con la finalidad de mejorar la capacidad de interpretación, también se realizó la combinación RGB estándar en las bandas espectrales.

3.5.1. Transformaciones espectrales de Tasseled Cap de las imágenes Landsat 8

Una vez combinadas las imágenes se aplicó la TTC la cual nos permitió obtener nuevas bandas por combinación lineal con el objetivo de realzar algunos rasgos de interés utilizando las 6 bandas principales de las imágenes Landsat 8. Este método distingue tres componentes o ejes principales que intentan adoptar la mejor perspectiva para poder observar las características de la imagen, que no son discernibles fácilmente con una composición de color o combinación RGB (32) . Los tres ejes principales obtenidos de la TTC son:

- Brillo (primer eje): Resultado de la suma ponderada de todos los canales reflectivos, donde se expresa la reflectividad global de la imagen.
- Verdor (segundo eje): Básicamente un contraste entre las bandas visibles (alta adsorción por los pigmentos foliares) y el infrarrojo de alta reflexión.
- Humedad (tercer eje): Fruto del contraste entre la suma de las bandas visibles y el infrarrojo próximo, frente al infrarrojo medio.

Los coeficientes propuestos para la aplicación y cálculo de la Transformación Tasseled Cap para Landsat 8 – OLI se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Coeficientes propuestos para la obtención de TTC a partir de Landsat 8-OLI

	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Brillo	0.3029	0.2786	0.4733	0.5599	0.508	0.1872
Verdor	-0.2941	-0.243	-0.5424	0.7276	0.0713	-0.1608
Humedad	0.1511	0.1973	0.3283	0.3407	-0.7117	-0.4559

Fuente: (30)

Una vez obtenidos los componentes principales de las imágenes satelitales, se los visualiza utilizando la combinación RGB o composición RGB de ENVI, denominando los tres componentes con su debido color, en Rojo el componente Brillo, en Verde el componente Verdor, y en Azul el componente Humedad, así, se pueden distinguir elementos que no se distinguen en la combinación RGB directa. El análisis de los componentes principales tiene por objetivo resumir un amplio abanico de variables en un nuevo conjunto de menor tamaño, todo ello sin perder la parte significativa de la información original.

3.5.2. Usos de suelo a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Landsat transformadas

El método de la clasificación supervisada parte de un grupo de elementos pertenecientes a la imagen, conocidos como áreas de entrenamiento. La clasificación del conjunto de la imagen es el proceso por el que a cada elemento contenido en la imagen se le asigna una categoría, basándose en los atributos contenidos en las áreas de entrenamiento. La clasificación supervisada fuerza el resultado para que se corresponda con el uso del suelo definidas por usuario, pero no garantiza que las clases sean separables desde el punto de vista estadístico (33).

En base al análisis previo de fuentes secundarias de los mapas del uso del suelo en la recopilación de datos de campo se definieron las siguientes coberturas:

- Ciclo Corto
- Suelo Sin Vegetación
- Cuerpos de Agua
- Área Urbana
- Otros tipos de Vegetaciones (bosque/Vegetación)

Para el presente estudio se utilizó la clasificación supervisada para la identificación del uso del suelo en el cantón Vinces, empleando los lugares de entrenamiento en dos estaciones distintas. Esto sirvió para clasificar las imágenes derivadas de Tasseled Cap.

Como fase previa hicimos la separabilidad, que consiste en detectar la posibilidad de las coberturas en diferentes formas de clasificación. Para lo cual, se realizó la clasificación no supervisada de 5 coberturas para tener como referencia al momento de comparar con la clasificación supervisada con la misma cantidad de coberturas, resultando bastante similar.

3.5.2.1. Validación de las clasificaciones

La transformación Tasseled Cap es un caso especial de análisis de componentes principales que transformo los datos de la imagen a un nuevo sistema de coordenadas con un nuevo conjunto de ejes ortogonales. El eje principal brillo, se deriva estadísticamente y se calcula como la suma ponderada de las reflectancias de todas las bandas espectrales y representa la mayor variabilidad de la imagen, el verdor se asocia a la vegetación, mientras que la humedad es ortogonal a los primeros dos componentes.

3.5.2.1.1. Matriz de Confusión

Para la matriz de confusión se utilizaron los datos de puntos de campos y puntos al azar. En la matriz de confusión, tanto en las columnas como en las filas se observan los datos correspondientes a las coberturas del uso de suelo. Los valores de las celdas que conforman la diagonal corresponden a las coberturas que coincidieron en la verificación con Google Earth. En las filas y en las columnas que están fuera de la diagonal se observan los valores que pertenecen a otro tipo de coberturas.

La matriz de confusión se realizó con los valores de concordancia y no concordancia. Para realizar el cálculo de exactitud global se relacionan los elementos de la diagonal con el total de puntos de muestreo según:

$$ExG = \frac{\sum_{i=1,a} X_{ii}}{\sum_{i=1,n} \sum_{j=1,n} X_{ij}}$$

Donde:

X_{ii} = elementos de la diagonal

X_{ij} = total de puntos muestreados

3.5.2.1.2. Coeficiente Kappa

Basándose en la misma tabla de la matriz de confusión se realiza el cálculo del coeficiente kappa. El cual refleja la concordancia la cual es calculada en tablas de cualquier dimensión,

contrastado los valores de las coberturas de las dos imágenes Landsat. Este procedimiento se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

Donde:

r = número de filas en la matriz

X_{ii} = número de observaciones en la fila i y columna i

X_{i+} ; X_{+i}=total marginal para la fila i y columna i

N = número total de observaciones

3.5.2.2. Análisis de la Varianza (ANOVA)

Los cálculos que se aplicó para llevar a cabo el análisis estadístico ANOVA se los realizó en la hoja de cálculo Excel con el análisis de la varianza de un factor el cual realiza un análisis de varianza sencillo, que somete a prueba un procedimiento estadístico que se utiliza para determinar si las medias de los tres componentes espectrales de la transformación TTC (Brillo, Verdor, Humedad) tienen diferencias estadísticamente significativas entre las fechas analizadas.

3.5.3. Análisis espacial de los usos de suelo en el área de estudio

El método que se utilizó para el análisis de cambios en el uso del suelo es el análisis espacial, el cual se basa en la identificación de los cambios de los componentes espaciales y en la representación de los procesos espacio-temporales, llevados a cabo a partir de la elaboración de un producto cartográfico que expreso los cambios del uso del suelo en el área de estudio.

Para efectuar el análisis se aplicó las funciones SIG de análisis espacial (álgebra de mapa) para realizar la comparación de imágenes clasificadas correspondientes a las estaciones del año como son verano e invierno. Una vez que cada imagen fue clasificada por separado aplicando la clasificación supervisada, se procede a compararlas posteriormente, para lo cual se realizó un análisis de los SIG para la identificación de los cambios de uso del suelo durante los periodos estimados.

3.5.3.1. Matriz de detección de cambios

Para la obtención de la matriz de cambios se utilizaron las imágenes clasificadas de las dos imágenes Landsat analizadas, las cuales fueron procesadas en el software ENVI y posteriormente obtener los resultados de la matriz en porcentaje, área y píxeles. Para el presente estudio solo se analizaron los valores de área y los valores de cambio.

En la matriz de detección de cambios, tanto en las columnas como en las filas se observan los datos correspondientes a las coberturas del uso de suelo clasificados, mientras que en la columna están los valores de una fecha, y en las filas corresponden a los valores de la otra fecha analizada. De esta manera en la diagonal de la tabla de la matriz de detección de Envi se encuentran los valores que corresponden a las coberturas que conservan las categorías durante las dos fechas analizadas. Mientras que en las filas y en las columnas se observan los valores que no conservan las coberturas correspondientes.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Pre procesamiento de las imágenes satelitales

En los gráficos 4 y 5 se observan las bandas independientes de las imágenes Landsat de ambas estaciones del año, mientras que en los gráficos 6 y 7 se realizó el pre procesamiento digital de las imágenes Landsat, el cual consistió en realizar una combinación de las bandas independientes en una sola imagen (Stack), el cual permitió hacer una fusión de todas las bandas con la finalidad de mejorar la capacidad de interpretación, también se realizó la combinación RGB estándar en las bandas espectrales.

Gráfico 4: Bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de enero del 2015

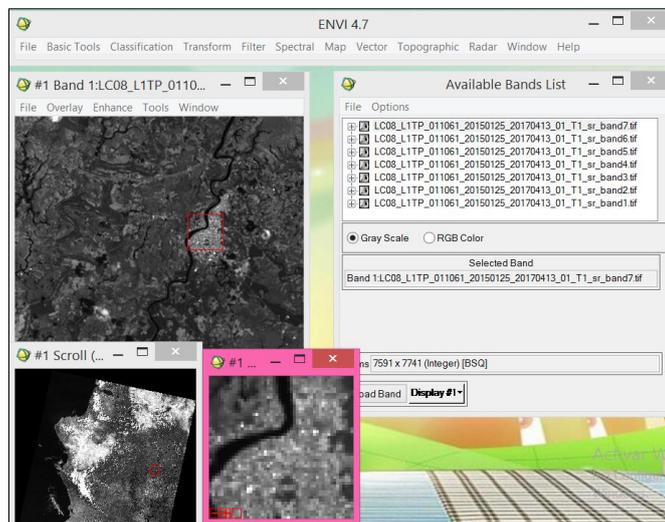


Gráfico 5: Bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de septiembre del 2015

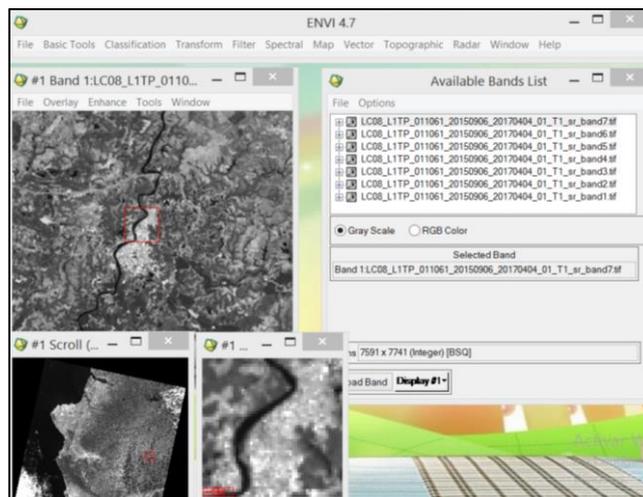


Gráfico 6: Combinación de las bandas independientes de las imágenes Landsat de enero del 2015

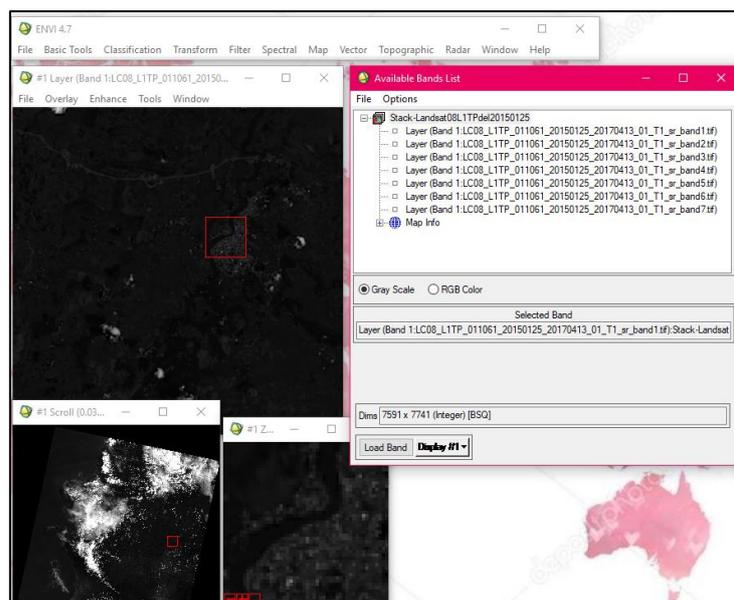
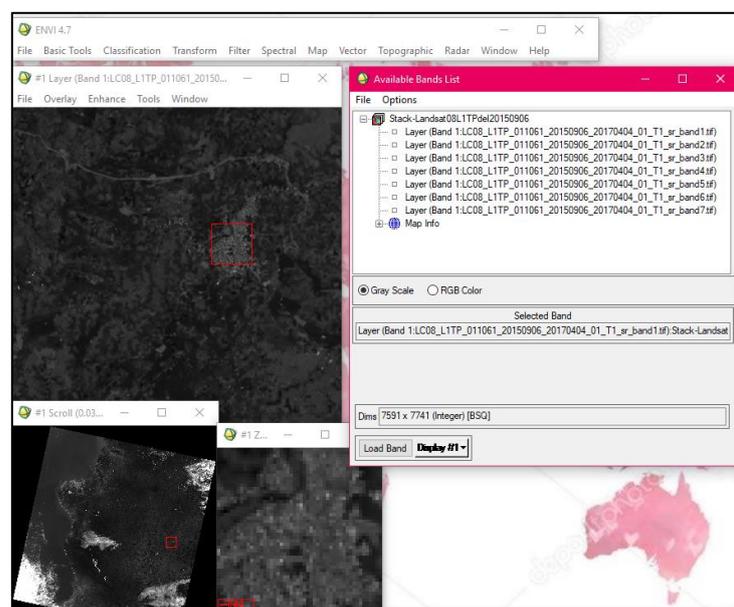
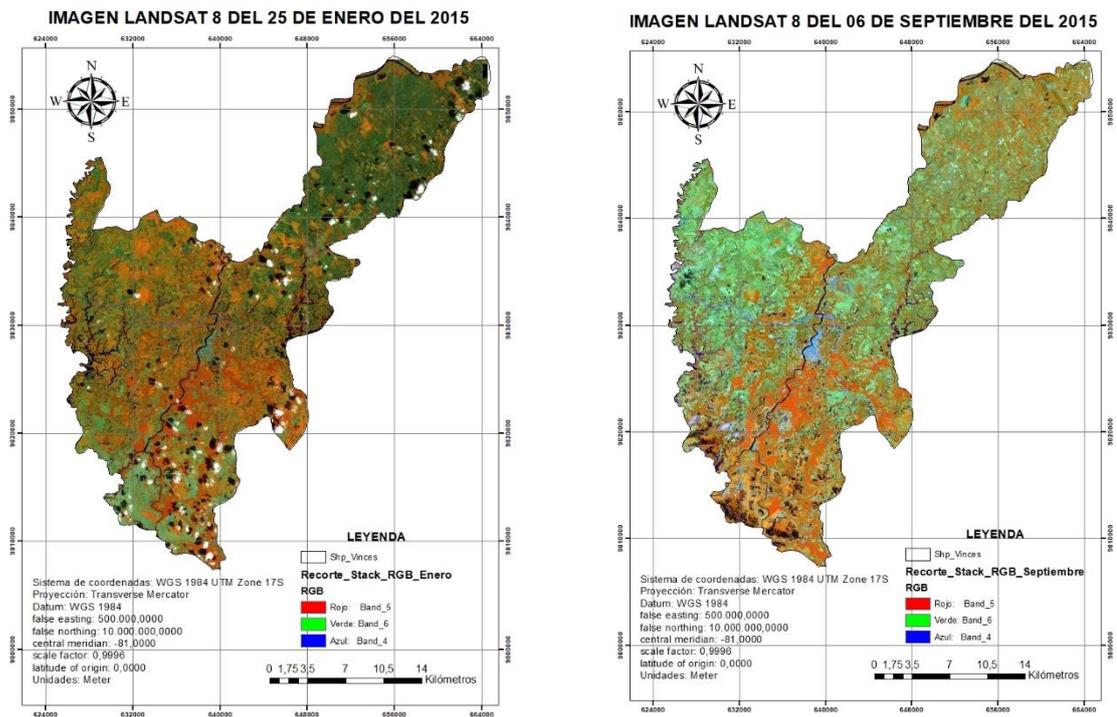


Gráfico 7: Combinación de las bandas independientes de las imágenes Landsat 8 de septiembre del 2015



En los gráficos 8 y 9 se realizó el recorte de la imagen Landsat 8 con el límite del vector del cantón Vines, facilitando obtener el procesamiento y la categorización de las imágenes, identificando los distintos análisis espectrales y estadísticos, y así obtener un panorama más amplio de las imágenes a clasificar, las cuales se presentan a continuación:

Gráficos 8 y 9: Imágenes recortadas. Composición RGB de las bandas 5, 6, 4



4.1.2. Transformaciones espectrales Tasseled Cap de las imágenes Landsat 8

La TTC se obtuvo mediante el cálculo de los coeficientes de las 6 bandas principales de cada imagen, los resultados de las imágenes se presentan en la gráfica 10 y 11 donde muestran los resultados de las transformaciones espectrales de Tasseled Cap de los tres componentes principales obtenidos (brillo, verdor y humedad).

El componente Brillo mostrados en la parte A de los gráficos 10 y 11 es el componente que mejor refleja los cambios en la reflectividad, en septiembre existe mayor cantidad de reflejos para las coberturas, mientras en enero existe menor cantidad de reflectancias en las coberturas analizadas. El componente Verdor se muestra en la parte B de los gráficos 10 y 11 es el componente que mejor indica la cobertura vegetal en el del área de estudio se ve que la vegetación más densa se encuentra en las áreas naturales como los bosques y las menos densas se observan en las áreas sin vegetación, cuerpos de agua, entre otros. En enero se refleja mayor cantidad de vegetación que en septiembre.

El componente Humedad se encuentra en la parte C de los gráficos 10 y 11 es el componente que mejor muestra el contenido de agua tanto en la vegetación como en el suelo, existiendo mayor cantidad de agua en enero debido a la cantidad de lluvias que existen en esta fecha produciendo mayor cantidad de cuerpos de agua, mientras que en septiembre se diferencian las partes más húmedas de las más secas ya que es una época del año seca y la humedad se conserva solamente en partes de vegetación permanente y en cuerpos de aguas como los humedales.

Gráfico 10: Componentes TTC: Brillo (A), Verdor (B), Humedad (C) de enero del 2015

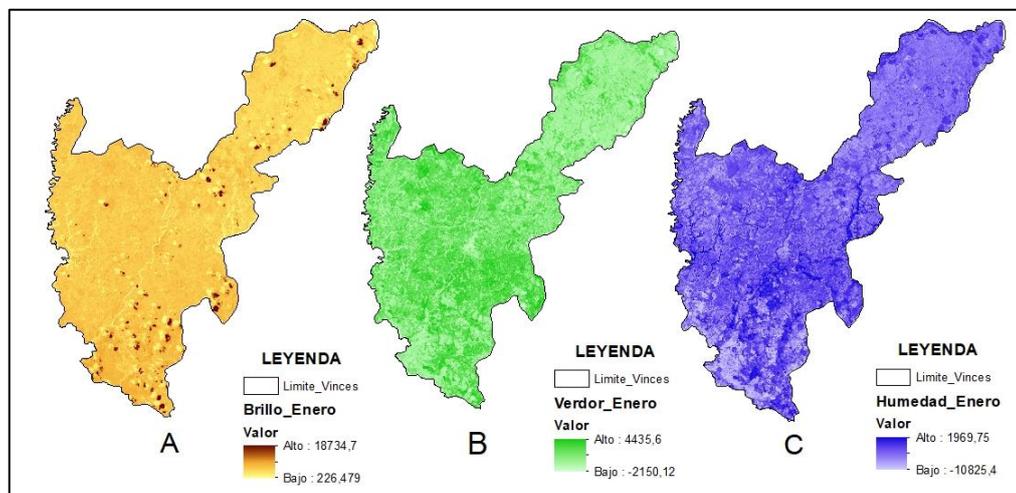
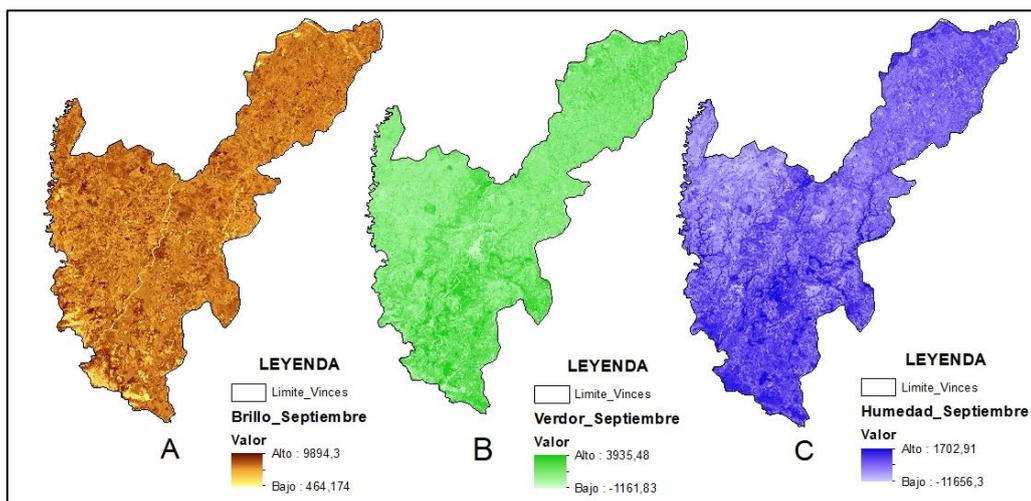


Gráfico 11: Componentes TTC: Brillo (A), Verdor (B), Humedad (C) de septiembre del 2015



Como paso previo a la clasificación de las imágenes se realizó la combinación de los tres componentes (brillo, verdor y humedad) en una sola imagen para cada fecha analizada obteniendo dos imágenes que se muestran en la gráfica 12 y 13 obteniendo una combinación RGB donde el Rojo indica al componente Brillo, el Verde el componente Verdor y en Azul el componente Humedad, con el objetivo de realzar los rasgos de interés.

Gráfico 12: Imágenes TTC (stack de brillo, verdor y humedad para las fechas analizadas)

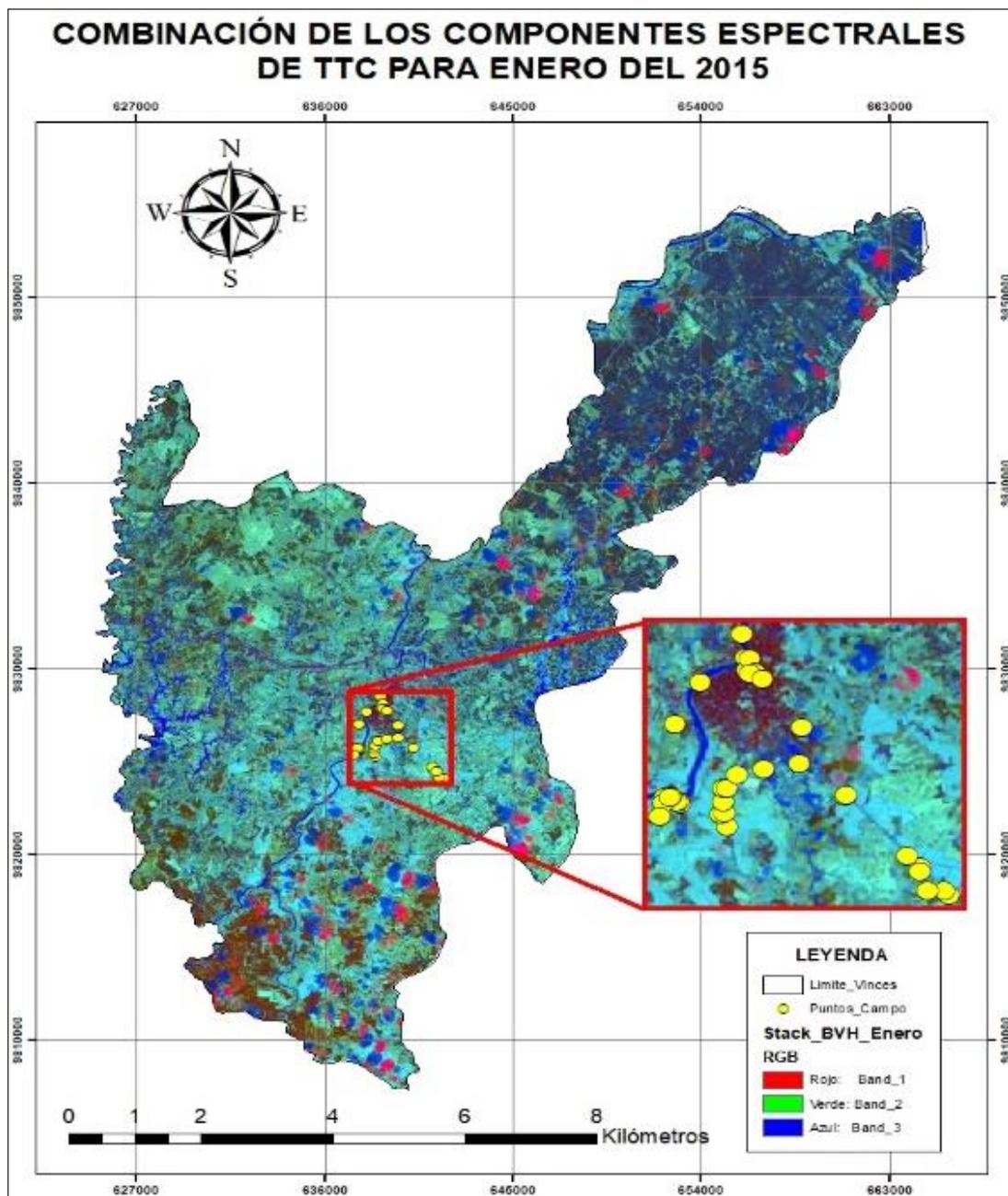
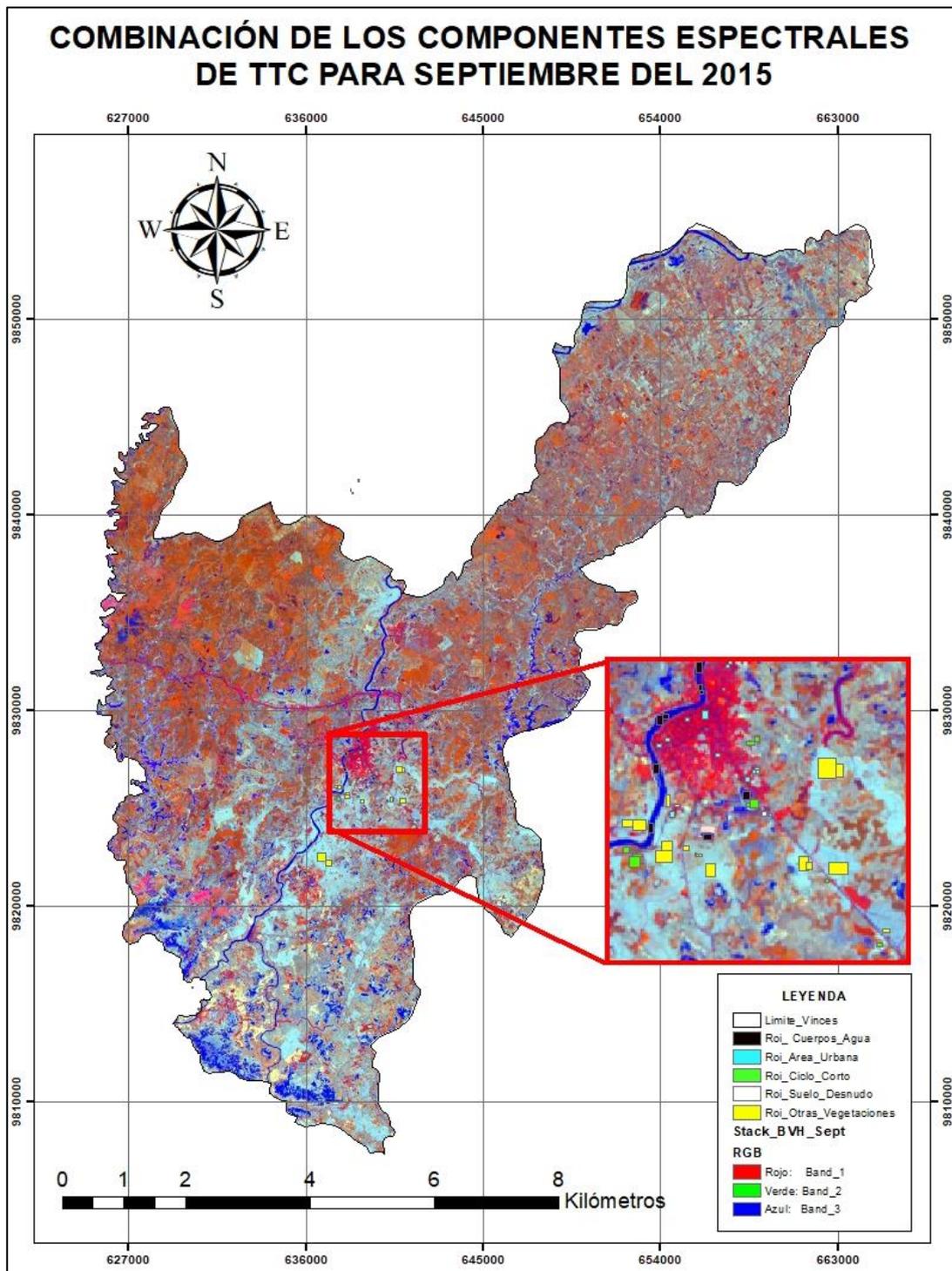


Gráfico 13: Imágenes TTC (stack de brillo, verdor y humedad para las fechas analizadas)



4.1.3. Los usos de suelo a partir de la clasificación supervisada de las imágenes Tasseled Cap

El primer paso en la clasificación supervisada es la definición de las regiones de interés (ROIs), la selección de las áreas de interés para cada cobertura se realizó en base a la información obtenida de google Earth y en un mapa de uso del suelo de la provincia de Los Ríos.

4.1.3.1. Regiones de Interés (ROIs)

La primera fase de definición de áreas para el entrenamiento se llevó a cabo realizando la recopilación de las coordenadas para las coberturas en la fase de campo para comprobar los puntos que tenían doble coincidencia tanto en Google Earth como en el mapa del uso del suelo, obteniendo una mayor coincidencia para la cobertura de otros tipos de vegetaciones (bosques/vegetación) y una menor coincidencia para los suelos sin vegetación debido al cambio que este tiene en las épocas analizadas. En base al análisis previo de las imágenes se determinaron los siguientes usos de suelos y coberturas con fines de clasificación: Área Urbana, Ciclo Corto, Cuerpos de Agua, Suelos sin Vegetación y otras Vegetaciones.

Los puntos del trabajo realizado en el campo se muestran en el gráfico 12 mostrando 6 puntos de coordenadas por cada tipo de cobertura del suelo excepto para la cobertura de otros tipos de vegetaciones (bosques/vegetación) el cual consta con 12 puntos (coordenadas), así obteniendo un total de 36 coordenadas UTM para la clasificación.

Mientras que en la segunda fase de entrenamiento se realizó la verificación de la calidad de uso de google como fuente de referencia la cual consistió en introducir las coordenadas de la fase de campo en la plataforma de Google Earth. Los resultados de las coberturas del uso del suelo recopiladas en el campo coincidieron con Google Earth con un total de 34 coberturas y 2 coberturas del suelo sin vegetación tuvieron menor coincidencia debido a que estaban con cultivos de ciclo corto. Se logró evaluar que la capacidad de detección de Google Earth es muy buena, para los cambios en el uso del suelo debido a la cantidad de coincidencias encontradas.

4.1.3.2. Clasificación supervisada

Como resultado del proceso se han definido las regiones de entrenamiento que se utilizaron para la clasificación supervisada con un total de 36 coordenadas las cuales sirvieron para hacer los ROIs los cuales se muestran en la gráfica 13, estos ROIs fueron ingresados en el software ENVI donde se procedió a entrenar al computador con los pixeles según las coberturas, una vez recopilados todos los ROIs en sus respectivas coberturas se procedió a realizar la clasificación supervisada para cada fecha analizada. Los resultados de clasificación supervisada para ambas fechas analizadas se muestran en la gráfica 14 y 15, donde se aprecian las coberturas con sus respectivos colores. En color amarillo las áreas urbanas, en color verde las coberturas de otros tipos de vegetaciones (bosques/vegetación), en color celeste los cultivos de ciclo corto, en color blanco las áreas sin vegetación y en color fucsia los cuerpos de agua. Sin embargo, existen áreas sin clasificar (ejemplo: nubes) las cuales no se tomaron en cuenta en este proyecto y están de color negro.

Gráfico 14: Clasificación supervisada de las Imágenes Landsat

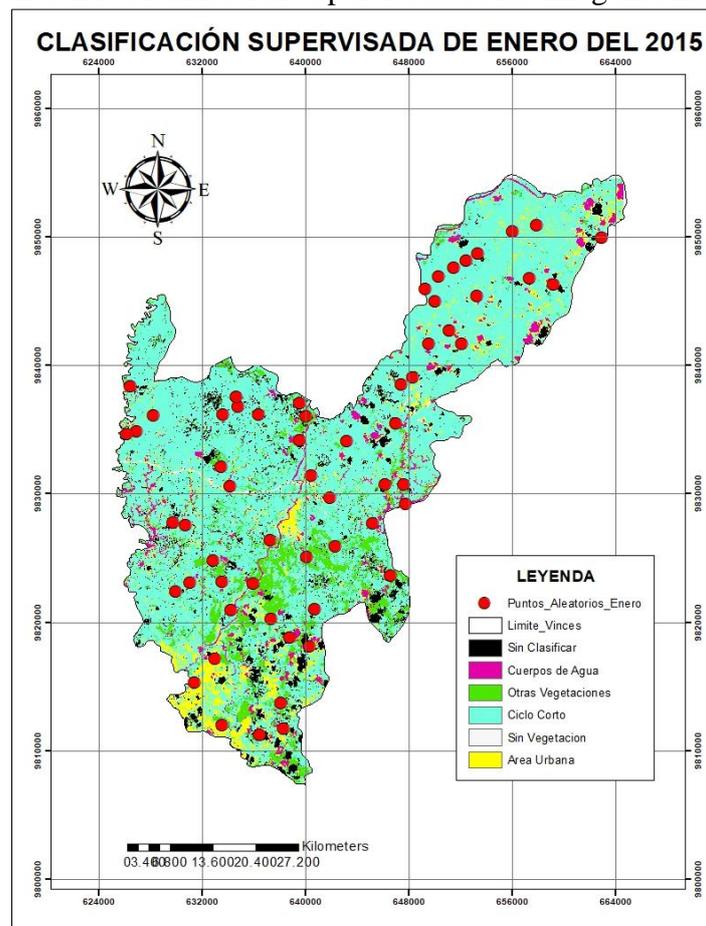
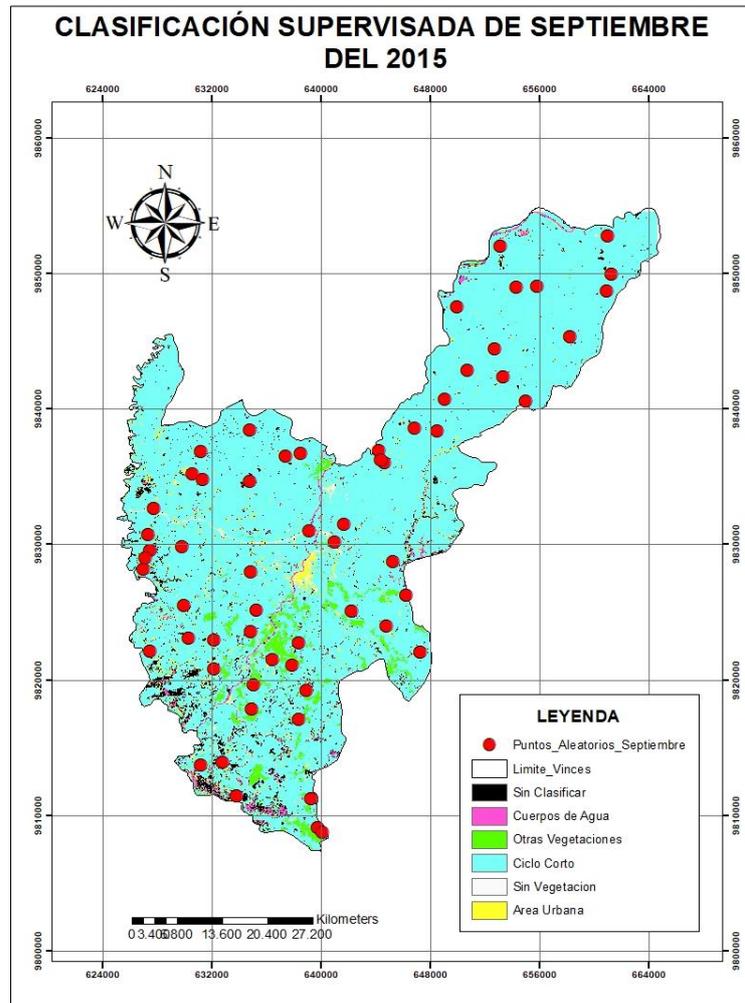


Gráfico 15: Clasificación Supervisada de las Imágenes Landsat



4.1.3.3. Validación de las clasificaciones

Para proceder a realizar el análisis espacial primero se deben validar las clasificaciones supervisadas para ambas imágenes analizadas. Los resultados de clasificación obtenidos en Envi se han transformado en formatos que permitieron su manipulación en ArcGIS, donde se realizó la extracción de la información acerca del uso del suelo, insertando 60 puntos aleatorios dentro del límite del cantón Vinces, verificando estos puntos en google Earth y así validar los resultados obtenidos. En los gráficos 14 y 15 se muestran los 60 puntos seleccionados de forma aleatoria con fines de validación de ambas clasificaciones.

Cualquier clasificación presenta un margen de error, debido a la calidad de datos y métodos empleados, verídicamente en las imágenes clasificadas se reflejan áreas sin clasificar las

cuales son aquellas coberturas como las nubes o cualquier otro tipo de cobertura las cuales no se tomaron en cuenta para este estudio.

4.1.3.3.1. Matriz de Confusión y coeficiente kappa

Los datos mencionados anteriormente (puntos aleatorios) fueron utilizados para el desarrollo del cálculo de la matriz de confusión, que es uno de los métodos para estimar la precisión de las imágenes clasificadas para posteriormente realizar la validación de la clasificación. Los valores fueron interpretados de acuerdo a los valores de la tabla 4 de concordancia, para la validación de las clasificaciones.

Tabla 4: Valoración para el Coeficiente kappa

Coeficiente kappa	Fuerza de la concordancia
0,00	Pobre
0,01-0,20	Leve
0,21-0,40	Aceptable
0,41-0,60	Moderada
0,61-0,80	Considerable
0,81-1,00	Casi perfecta

Fuente: (34)

Las concordancias y no concordancias de las coordenadas con respecto a las coberturas fueron resumidas en la matriz de confusión, estas fueron evaluadas estadísticamente con el análisis discreto multivariado denominado estadísticamente como coeficiente kappa.

En las matrices de confusión presentadas en las tablas 5 y 6, tanto en las columnas como en las filas se observan los datos correspondientes a las coberturas del uso de suelo. Los valores de las celdas que conforman la diagonal corresponden a las coberturas que coincidieron en la verificación con Google Earth. En las filas y en las columnas que están fuera de la diagonal se observan los valores que pertenecen a otro tipo de coberturas. Para realizar el cálculo de exactitud global se relacionan los elementos de la diagonal con el total de puntos de muestreo.

Tabla 5: Matriz de Confusión de la Imagen clasificada de enero

Clasificación	Cuerpos de Agua	Área Urbana	Ciclo Corto	Otras vegetaciones	Sin Vegetación	Sin Clasificar	Total
Cuerpos de Agua	1	0	0	0	0	0	1
Área Urbana	0	3	3	0	0	0	6
Ciclo Corto	0	0	40	0	1	0	41
Otras Vegetaciones	0	0	0	5	1	0	6
Sin Vegetación	0	0	0	0	1	0	1
Sin Clasificar	0	0	2	0	0	3	5
Total	1	3	45	5	3	3	60

Agreement/accuracy:

(1/1=100%) (3/3=100%) (40/45=88.89%) (5/5=100%) (1/3=33.33%) (3/3=100%)

Omission error:

(0/1=0%) (0/3=100%) (5/45=11.11%) (0/5=0%) (2/3=66.67%) (0/3=0%)

Commission error:

(0/1=0%) (3/6=50%) (1/41=2.44%) (1/6=16.67%) (0/1=0%) (2/5=40%)

Overall accuracy:

$(1+3+40+5+1+3) / (1+3+45+5+3+3) = 88.33\%$

Basándose en la misma tabla de la matriz de confusión se realiza el cálculo del coeficiente kappa.

$N = 60$

$$\sum_{i=1}^k x_{ii} = (1 + 3 + 40 + 5 + 1 + 3) = 53$$

$$\sum_{i=1}^k (x_{i+} * x_{+i}) = (1 \times 1) + (6 \times 3) + (41 \times 45) + (6 \times 5) + (1 \times 3) + (5 \times 3) = 1912$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} * x_{+i})}$$

$$k = \frac{60(53) - 1912}{60^2 - 1912} = 75\%$$

Para la imagen clasificada con fecha del 25 de enero del 2015 en la tabla 5, se obtuvo una fiabilidad de 88.33% y un coeficiente kappa de 75% respectivamente. Los datos obtenidos en este estudio se determinan como aceptables, teniendo las exactitudes para esta escala de trabajo que superan el 75% en su mayoría y el nivel de concordancia es considerable, según la comparación en la tabla 4.

Tabla 6: Matriz de Confusión de la Imagen Landsat de septiembre

Clasificación	Cuerpos de Agua	Área Urbana	Ciclo Corto	Otras Vegetaciones	Sin Vegetación	Sin Clasificar	Total
Cuerpos de Agua	1	0	0	0	0	0	1
Área Urbana	0	1	1	0	1	0	3
Ciclo Corto	0	0	34	0	3	0	37
Otras Vegetaciones	0	0	1	3	0	0	4
Sin Vegetación	0	0	0	0	9	1	10
Sin Clasificar	0	0	1	0	0	4	5
Total	1	1	37	3	13	5	60

Agreement/accuracy:

(1/1=100%) (1/1=100%) (34/37=91.89%) (3/3=100%) (9/13=69.23%) (4/5=80%)

Omission error:

(0/1=0%) (0/1=100%) (3/37=8.11%) (0/3=0%) (4/13=30.77%) (1/5=20%)

Commission error:

(0/1=0%) (2/3=66.67%) (3/37=8.11%) (1/4=25%) (1/10=10%) (1/5=20%)

Overall accuracy:

$(1+1+34+3+9+4) / (1+1+37+3+13+5) = 86.67\%$

Basándose en la misma tabla de la matriz de confusión se realiza el cálculo del coeficiente kappa.

N = 60

$$\sum_{i=1}^r x_{ii} = (1 + 1 + 34 + 3 + 9 + 4) = 52$$

$$\sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i}) = (1 \times 1) + (3 \times 1) + (37 \times 37) + (4 \times 3) + (10 \times 13) + (5 \times 5) = 1540$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

$$k = \frac{60(52) - 1540}{60^2 - 1540} = 77\%$$

Para la imagen clasificada con fecha del 06 de septiembre del 2015 en la tabla 6, se obtuvo una fiabilidad de 86.67% y un coeficiente kappa de 77% respectivamente. Los datos obtenidos en este estudio se determinan como aceptables, teniendo las exactitudes para esta escala de trabajo que superan el 77% en su mayoría y el nivel de concordancia es considerable, según la comparación en la tabla 4.

4.1.3.4. Análisis de la varianza

En la tabla 7 se muestra el análisis de la varianza del componente brillo el cual resulto con una probabilidad “P” de 0.172087695 mayor a 0.05 por tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor de distribución del componente brillo de las dos fechas analizadas.

Tabla 7: Análisis de la Varianza del componente Brillo

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1936803.566	1	1936803.566	1.887506325	0.172087695	3.921478181
Dentro de los grupos	121081883.4	118	1026117.656			
Total	123018687	119				

En la tabla 8 se muestra el análisis de la varianza del componente verdor el cual resulto con una probabilidad “P” de 0.003876783 menor a 0.05 por tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor de distribución del componente verdor de las dos fechas analizadas.

Tabla 8: Análisis de la Varianza del componente Verdor

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4014500.013	1	4014500.013	8.680277267	0.003876783	3.921478181
Dentro de los grupos	54573256.93	118	462485.2283			
Total	58587756.95	119				

En la tabla 9 se muestra el análisis de la varianza del componente humedad el cual resulto con una probabilidad “P” de 0.526351504 mayor a 0.05 por tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor de distribución del componente brillo de las dos fechas analizadas.

Tabla 9: Análisis de la Varianza del componente Humedad

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	121675.0453	1	121675.0453	0.403823812	0.526351504	3.921478181
Dentro de los grupos	35554256.35	118	301307.2572			
Total	35675931.4	119				

4.1.4. Matriz de detección de cambios de las imágenes clasificadas

Con la información de las dos imágenes clasificadas, se obtuvo la matriz de detección de cambios en el uso del suelo. En la tabla 10 se muestra el uso del suelo en el área de estudios correspondientes a ambas fechas analizadas. Donde se muestran que los cuerpos de agua en invierno tienen un área de 74.77 km² mientras que en verano desciende a un 41.19 km². Los cultivos con otros tipos de coberturas cuentan con un área de 282.7 km² en invierno y decrecen a 149.84 km² en verano, debido a que en invierno se refleja mayor cobertura en los bosques. Los cultivos de ciclo corto tienen un área de 1268.42 km² en invierno y en verano existe un área de 1064.66 km². El suelo desnudo en invierno es de 17.84 km² mientras que en el verano aumenta a 322.82 km². El área Urbana es la cobertura con mayor tasa de cambio

de 124.51 km² a un 18.47 km², ya que en las ciudades existen coberturas mezcladas por lo cual, al seleccionar los pixeles aparecían de un color similar a los de suelo desnudo y ciclo corto, por lo cual no se pudo obtener una buena clasificación de esta cobertura.

El cambio de la cobertura de los cuerpos de agua es un -44.918 km² lo cual indica una disminución de la cantidad de agua de una fecha a la otra, debido a que en el invierno existe una mayor cantidad de lluvias que generan inundaciones y aumento de caudal en los ríos, mientras que en verano existe mucha sequía. En el ciclo corto existe un cambio de -16.064 debido a que en el invierno existe mayor cantidad de cultivos de ciclo corto como el maíz, el arroz y la soya, mientras que en el verano disminuyen los cultivos de ciclo corto debido a que no existen mucha cantidad de lluvias para tener una buena cosecha, por lo cual, existe un aumento de 1709.16 en las áreas sin vegetación para la temporada de verano. Sin embargo, en la actualidad los agricultores usan sistemas de riego para poder mantener una buena cosecha para sus cultivos en esta época.

En el área urbana existe un cambio de -85.163 debido a que esta cobertura no se pudo obtener una buena clasificación debido a que en el área en la parte del centro existen terrenos vacíos, arboles, entre otras coberturas. Por lo cual se recomienda utilizar la clasificación de esta cobertura para ciudades más pobladas. La cobertura de otros tipos de vegetaciones (bosque/vegetación) es de -46.996 debido a que en el invierno existe mayor cantidad de vegetaciones, mientras que en el verano no existen tales vegetaciones excepto los bosques y los cultivos de ciclo perenne.

Tabla 10: Uso del suelo en el área de estudio (km²)

Uso de Suelo	Año 2015		Cambio (Km ²)
	25 de Enero (Invierno)	06 de Septiembre (Verano)	
	Área Km ²	Área Km ²	
Sin Clasificar	121.86	293.13	140.545
Cuerpos de Agua	74.77	41.19	-44.918
Ciclo Corto	1268.42	1064.66	-16.064
Suelo Desnudo	17.84	322.82	1709.16
Área Urbana	124.51	18.47	-85.163
Otras Vegetaciones	282.7	149.84	-46.996

Gráfico 16: Uso del suelo en el área de estudio (%)

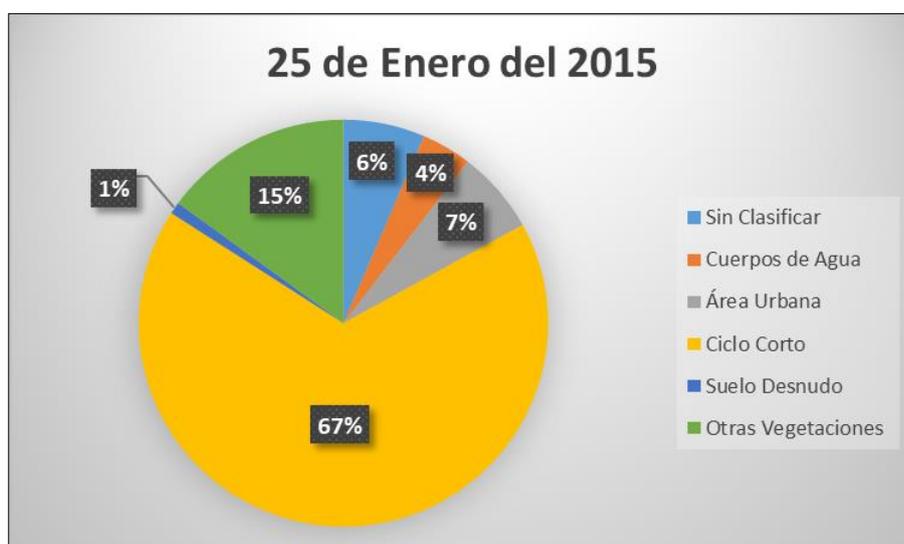
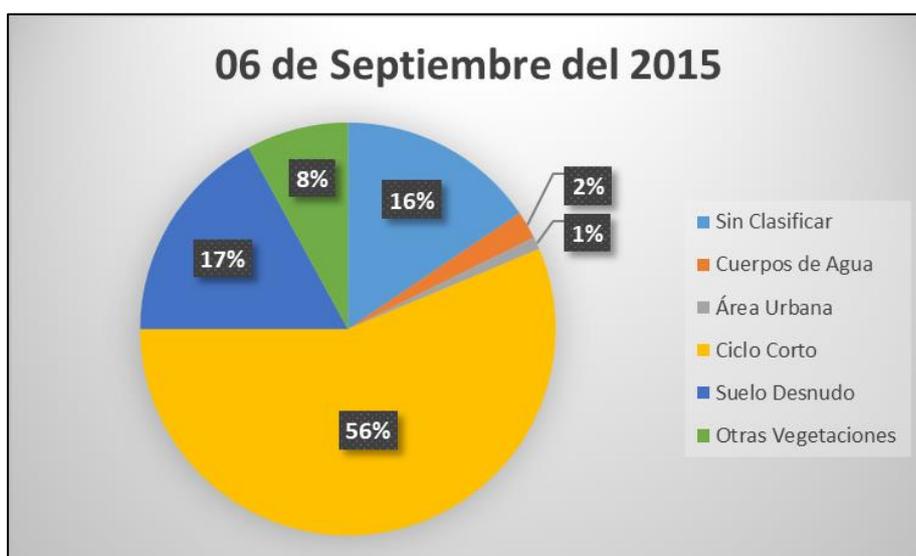


Gráfico 17: Uso del suelo en el área de estudio (%)



En los gráficos 16 y 17 se visualiza los usos de suelo en el área de estudio con porcentajes los cuales indican claramente los cambios obtenidos de una fecha para la otra en las diferentes coberturas analizadas en este estudio.

4.2. Discusión

Los componentes espectrales evaluados en el presente proyecto de investigación demuestran que el brillo está asociado a las variaciones de reflectancias del suelo existiendo en septiembre una mayor cantidad de reflejos para las coberturas. El componente Verdor es el componente que mejor indica la cobertura vegetal en el del área de estudio se ve que la vegetación más densa se encuentra en las áreas naturales como los bosques, cultivos de ciclo perenne y las vegetaciones menos densas se observan en las áreas sin vegetación, cuerpos de agua, entre otros. El componente Humedad es el componente que mejor muestra el contenido de agua tanto en la vegetación como en el suelo, demostrando que en septiembre se diferencian mejor las partes más húmedas de las más secas ya que es una época del año seca y la humedad se conserva solamente en partes de vegetación permanente y en cuerpos de aguas como los humedales.

Hannali Sandoval (2016) (30), en su estudio de “Cuantificación de la composición biofísica de los ambientes urbanos de la ciudad de Mérida, Yucatán basada en el análisis de imágenes Landsat Tm/Etm+/ Oli (1986-2014)” afirma que la combinación de estos ejes permite observar varios planos de variación, para el estudio de suelos y vegetación. En este sentido, suelen distinguirse tres planos: de vegetación, formado por el eje de brillo y de verdor, el de suelos, formado por el brillo y la humedad, y el de transición, formado por la humedad y el verdor. También concluye que las características físicas de los componentes de la transformación Tasseled Cap en un entorno urbano son las siguientes: TC1 (brillo) como de “alto albedo”, TC2 como vegetación, y TC3 (humedad) de “bajo albedo”. A través de este análisis espectral, queda demostrado que TC1 y TC3 están estrechamente relacionados con las superficies impermeables en un entorno urbano.

Para las imágenes clasificadas en enero y septiembre, se obtuvo una fiabilidad de 88.33% y 86.67%, y un coeficiente kappa de 75% y 77% respectivamente. Los datos obtenidos en este estudio se determinan como aceptables, teniendo las exactitudes para esta escala de trabajo que superan el 75% en su mayoría y el nivel de concordancia es considerable. Por lo que las validaciones de ambas clasificaciones se consideran como buenas. Sin embargo, se demuestra que la mayoría de las coberturas analizadas reflejaron cambios positivos excepto la cobertura de áreas urbanas.

Pablo Pesantez (2015) (34), en su estudio de Clasificación y predicción de cambio de cobertura de suelo de la cuenca del río PAUTE utilizando herramientas geo informáticas, afirma que para la imagen clasificada con fecha 1987 y 2001 se obtuvo un coeficiente kappa global de 0.87 y 0.93, una fiabilidad de 0.94 y 0.90 respectivamente. Estos parámetros fueron calculados en hoja electrónica, teniendo en cuenta las exactitudes para esta escala de trabajo superan el 80% en su mayoría y el nivel de concordancia es casi perfecta. También demuestra que el 57,19% de las coberturas de suelo se mantuvieron. Y que el 42,81% que son 24823,44 ha aproximadamente han cambiado el tipo de cobertura de suelo, el cambio más notorio es en la cobertura bosque/vegetación densa que a inicios del estudio en 1987 ocupaba el 36,84% del territorio de la CRP y que en 2010 tenía el 31,61%. Este cambio se relaciona con el crecimiento de la frontera agrícola que existe en el territorio y se demuestra en el incremento de la cobertura de pasto/zonas de cultivo que del 23,54% en 1987 pasa a 26,48% en el 2010.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el análisis de los componentes obtenidos con las transformaciones espectrales de Tasseled Cap se confirmó que cada uno de los componentes contiene información respecto a uno de los aspectos ambientales. En el componente de humedad claramente se observan niveles altos en aumento de los caudales de los ríos y cuerpos de aguas permanentes. Se comprobó que con el componente de distribución verdor se aprecia con mayor vigor la vegetación y reflejo más claramente los demás tipos de coberturas confirmándolo con los datos de campo. El componente brillo permitió observar con mejor precisión las variaciones de reflectancias del suelo.
- Se logró evaluar que los valores obtenidos en la validación de las clasificaciones mostraron resultados mayores o cercanos a un 80%. Los usos de suelos se detectaron de manera factible en las clasificaciones excepto en la cobertura de áreas urbanas debido a que existe una mezcla de píxeles de otras coberturas. Obteniendo una clasificación supervisada para ambas fechas analizadas con una buena cartografía del uso del suelo para el área de estudio. Los valores obtenidos en la matriz de confusión dan posibilidad de una clasificación de uso del suelo satisfactoria con una precisión mayor al 80% obteniendo una exactitud global muy buena, mientras que en el coeficiente kappa se obtuvieron valores cercanos al 80% teniendo una valoración considerable.
- Con el análisis de la varianza ANOVA se detectó que no existen diferencias estadísticamente significativas en los componentes de brillo y humedad, mientras que en el componente de verdor se detectó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos clasificaciones supervisadas de las imágenes correspondientes a invierno y verano. Se pudo determinar que en la temporada de verano existe mayor reflectividad que en la temporada de invierno debido a que el componente de TTC brillo está asociado a las variaciones de reflectancias del suelo, por otro lado, los componentes de distribución de vegetación verdor permitió apreciar con valores más altos de vegetación en la época de invierno y menor cantidad en la época de verano. Se detectó que el componente de humedad mostro

áreas con valores altos en la temporada de invierno debido a la cantidad de lluvias que existen en esta fecha, mientras que en septiembre se diferencian las partes más húmedas de las más secas ya que es una época del año seca y la humedad se conserva solamente en áreas de vegetación permanente y en cuerpos de aguas, así como los humedales.

5.2. Recomendaciones

- Realizar proyectos de investigación aplicando la transformación Tasseled Cap para otras áreas en el Ecuador, el cual sea guiado por un profesional a cargo, con temas relacionados a la explotación del suelo, o cambios en la cobertura vegetal.
- Utilizar las TTC en estudios multitemporales para monitoreos sobre los efectos de cambio climático.
- Para mejorar las clasificaciones supervisadas se recomienda utilizar mayor cantidad de coberturas, para así obtener mejores resultados.
- Realizar estudios similares utilizando imágenes de otros satélites de acceso libre con características similares.
- La metodología aplicada en el presente proyecto de investigación puede ser utilizada por los gobiernos seccionales, en procesos de planificación territorial.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

1. Aguayo, Mauricio APYOP. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX . Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Rev Chil Hist Nat.* 2009;
2. López VH, Balderas MA, Chavez MC, Pérez JI, Gutierrez JG. Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *Dialnet.* 2014;
3. Reyes Hernández H, Aguilar Robledo M, Aguirre Ribera JR, Trejo Vázquez I. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investig Geográficas.* 2006;
4. Paruelo J, Guerschman J, Verón S. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Cienc hoy.* 2005;
5. Junta P, Quinara PDE. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO.* 2012;
6. Dupuy JM, González JA, Iriarte S, Calvo LM, Espadas C, Tun F, et al. Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo. *Investig Geogr Bol del Inst Geogr.* 2007;
7. Ecuatoriano XIC. El deterioro de los suelos en el ecuador y la producción agrícola. In: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 2008. p. 29–31.
8. Ortiz-García CF, Ortiz-Solorio CA, Ramos-Reyes R, Díaz-Padilla G, Palma-López DJ. Cambios de uso de suelo mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera. *Terra Latinoam.* 2004;
9. Velazquez A, Mas JF, Palacio JL, Díaz JR, Mayorga R, Alcántara C, et al. Análisis de cambio de uso del suelo. 2002.
10. Ruiz Gallardo JR. Teledetección y SIG en la asistencia de la actuación forestal postincendio [Internet]. 2004. Available from: <http://www.tdx.cat/handle/10803/48941>
11. Gonzaga Aguilar C. Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador. *Univerisdad Ncional la Plata.* 2014;103.

12. Melany Ivonne Sampedro Garzón. “DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN NORMALIZADA EN DOS PARROQUIAS RURALES DEL CANTON LATACUNGA ALAQUEZ Y SAN BUENAVENTURA EN EL PERIODO 2016-2017.” 2017;84.
13. Gutiérrez MA, William J, Bedoya B. CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA DE COBERTURAS VEGETALES SOBRE IMÁGENES DIGITALES DE SENSORES REMOTOS : “ LANDSAT – ETM + .”
14. Ambiente M. LANDSAT.
15. JENNI MARCELA DE LA CRUZ BURGOS, GUSTAVO ADOLFO MUÑOZ GARCÍA. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO DE USO DEL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROGRAMA DE REFORESTACIÓN DE LA FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, CAUCA. 2016;58.
16. Pucha-cofrep F, Fries A, Cánovas-García F, Oñate-Valdivieso F, González-Jaramillo V, Pucha-Cofrep D. Fundamentos de SIG. Ediloja Cia. Ltada. 2017. 86 p.
17. Sarr FA. Sistemas de Información Geográfica.
18. Gómez H. Sistemas de Información Geográfica, uso, técnicas y múltiples aplicaciones. Geoenseñanza. 2006;11(1):3–4.
19. Torres M, Moreno-ibarra M, Menchaca-méndez R, Guzmán G. Análisis espacial por medio de un sistema de información geográfica distribuido. 2011;1–16.
20. Andocilla L. Implementacion Del Algoritmo De Logica Fuzzy Aplicado a La Determinacion Del Grado De Susceptibilidad a Deslizamientos En El Area Monjas – Ferroviaria – La Magdalena – Itchimbia Del Distrito Metropolitano De Quito. 2012;
21. Rosete F, Bocco G. Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales. Gac Ecológica. 2003;68:43–54.
22. Grado TDE, La PA, Del O, Ingeniera TDE. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES LANDSAT 8 , PARA APLICACIONES AGRONÓMICAS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA . ANALÍA FERNANDA

- ALMEIDA YANCHAPAXI QUITO-ECUADOR. 2015;
23. Luna R. La Universidad Católica de Loja. 2009;98.
 24. Quichimbo P, Tenorio G, Borja P, Cardenas I, Crespo P, Celleri R. Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: {Paramo} de {Quimsacocha} al sur del {Ecuador}. Suelos Ecuatoriales. 2012;42(2)(2):138–53.
 25. Mitre-Salazar LM. Las Imágenes LANDSAT - una herramienta útil en la interpretación geologico-estructural; un ejemplo en el noreste de México. Vol. 5, Revista Inst.Geol. U.N.A.M. 1981. p. 37–48.
 26. Willington E, Nolasco M, Bocco M. Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. Congr Argentino AgroInformatica, CAI 2013. 2013;207–16.
 27. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2016;
 28. Escuela C, Agr R, Agropecuario I, Gu P, Opazo S. “ Uso De Tecnología Satelital Como Herramienta De Apoyo Al Manejo Sustentable De Predios De Producción Ovina En Tierra Del Fuego ”. 2011;
 29. Marcos Román Báez Proaño Richard Resl , Ph . Dc . D de T. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica del Ecuador Francisco. 2014;91.
 30. SANDOVAL MANRÍQUEZ HANNALI. “CUANTIFICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BIOFÍSICA DE LOS AMBIENTES URBANOS DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN BASADA EN EL ANÁLISIS DE IMÁGENES LANDSAT TM/ETM+/ OLI (1986-2014)” T. 2016;
 31. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission).
 32. Segovia N. Trabajo de Graduación Trabajo de Graduación. 2012;
 33. Borràs J , Delegido, J , Pezzola, A , Pereira, M , Morassi, G , Camps-Valls G. Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. 2017;55–66.

34. Pesantez PG. “CLASIFICACIÓN Y PREDICCIÓN DE CAMBIO DE COBERTURA DE SUELO DE LA CUENCA DEL RIO PAUTE UTILIZANDO HERRAMIENTAS GEOINFORMÁTICAS” TESIS. 2015;

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Tabla 11. Coordenadas obtenidas en Google Earth

ID	X	Y	Tipo	Cobertura
1	638722	9827934	Urbano	Área Urbana
2	639062	9828331	Urbano	
3	639120	9828708	Urbano	
4	638497	9827748	Urbano	
5	638897	9827219	Urbano	
6	638119	9827460	Urbano	
7	637907	9825757	Urbano	
8	641441	9824226	Urbano	
9	639578	9826956	Urbano	
10	638209	9826270	Urbano	
11	638178	9826575	Banano	Otras Vegetaciones
12	638125	9825648	Banano	
13	636792	9822509	Banano	
14	640644	9827072	Banano	
15	638628	9825597	Palma Africana	
16	637640	9826110	Banano	
17	640785	9825431	Banano	
18	639859	9829176	Banano	
19	640360	9825438	Banano	
20	641689	9824416	Banano	
21	637776	9826967	Arroz	Ciclo Corto
22	635552	9827951	Arroz	
23	639527	9826344	Arroz	
24	640253	9826295	Arroz	
25	639574	9827571	Arroz	
26	638859	9829164	Arroz	
27	641577	9824160	Pastizal	
28	637728	9825683	Maíz	
29	637667	9825605	Maíz	
30	640727	9825176	Pastizal	
31	639199	9829225	Agua Natural	Cuerpo de Agua
32	638667	9828383	Agua Natural	
33	638033	9827784	Agua Natural	
34	637947	9827050	Agua Natural	
35	637859	9826025	Agua Natural	
36	638672	9828711	Agua Natural	
37	637499	9825601	Agua Natural	
38	639422	9826558	Agua Natural	
39	646277	9827410	Agua Natural	
40	638804	9825990	Agua Natural	
41	639594	9828981	Sin Vegetación	Sin Vegetación

42	636956	9830168	Sin Vegetación
43	637453	9830225	Sin Vegetación
44	638287	9826409	Sin Vegetación
45	637586	9825744	Sin Vegetación
46	637428	9825439	Sin Vegetación

Tabla 12. Coordenadas obtenidas con GPS en la fase de campo

Coberturas	N	X	Y	TIPO	Verif_Google	Identif_No
Área Urbana	1	639575	9826965	Urbano	SI	
	2	638749	9827930	Urbano	SI	
	3	638797	9828136	Urbano	SI	
	4	638864	9827909	Urbano	SI	
	5	638803	9827886	Urbano	SI	
	6	638992	9827783	Urbano	SI	
Ciclo Corto	7	637440	9825755	Maíz	SI	
	8	637666	9827019	Arroz	SI	
	9	637710	9825683	Maíz	SI	
	10	639548	9826346	Arroz	SI	
	11	637673	9825682	Maíz	SI	
	12	641478	9824167	Pastizal	SI	
	13	641370	9824503	Soya	SI	
Otras Vegetaciones	14	641815	9824085	Banano	SI	
	15	641741	9824160	Banano	SI	
	16	641381	9824581	Banano	SI	
	17	641178	9824767	Banano	SI	
	18	640246	9825790	Banano	SI	
	19	640258	9825795	Banano	SI	
	20	638442	9825267	Banano	SI	
	21	638357	9825484	Banano	SI	
	22	638410	9825497	Banano	SI	
	23	637738	9825644	Banano	SI	
	24	638386	9825696	Palma Africana	SI	
	25	638386	9825919	Palma Africana	SI	
Cuerpos de Agua	26	637606	9825780	Agua	SI	
	27	637565	9825790	Agua	SI	
	28	638670	9828562	Agua	SI	
	29	638035	9827734	Agua	SI	
	30	637509	9825775	Agua	SI	
	31	638730	9828144	Agua	SI	
	32	639478	9826564	Agua	SI	
Sin Vegetación	33	638439	9825923	Sin Vegetación	NO	Ciclo Corto

	34	638606	9826143	Sin Vegetación	SI	
	35	637486	9825669	Sin Vegetación	NO	Ciclo Corto
	36	637581	9825758	Sin Vegetación	SI	
	37	638996	9826252	Sin Vegetación	SI	

Tabla 13. Puntos Aleatorios del software ArcGIS verificados de Enero

OBJECTID	CID	RASTERVALU	Cobertura	X	Y	Google	Verif_NO
0	0	2	Otras Vegetaciones	635919.0	9823019.7	SI	
1	0	2	Otras Vegetaciones	626408.7	9838347.4	NO	Sin Vegetación
2	0	3	Ciclo Corto	640693.2	9821016.9	SI	
3	0	3	Ciclo Corto	641895.8	9829716.0	SI	
4	0	2	Otras Vegetaciones	647550.7	9830705.0	SI	
5	0	0	Sin Clasificar	630701.3	9827583.5	NO	Ciclo Corto
6	0	3	Ciclo Corto	634126.8	9830607.2	SI	
7	0	3	Ciclo Corto	648292.0	9839083.4	SI	
8	0	0	Sin Clasificar	646545.9	9823644.9	SI	
9	0	3	Ciclo Corto	629736.3	9827779.2	SI	
10	0	3	Ciclo Corto	629961.1	9822352.3	SI	
11	0	5	Área Urbana	640045.6	9825045.9	NO	Ciclo Corto
12	0	3	Ciclo Corto	647381.3	9838488.6	SI	
13	0	3	Ciclo Corto	652384.2	9848144.4	SI	
14	0	3	Ciclo Corto	640402.0	9831399.5	SI	
15	0	3	Ciclo Corto	649976.2	9845000.7	SI	
16	0	3	Ciclo Corto	646171.6	9830711.0	SI	
17	0	0	Sin Clasificar	640262.2	9818097.7	NO	Ciclo Corto

18	0	5	Área Urbana	631390. 4	9815260.1	NO	Ciclo Corto
19	0	3	Ciclo Corto	653329. 0	9848700.3	SI	
20	0	3	Ciclo Corto	626908. 0	9834854.7	SI	
21	0	3	Ciclo Corto	631030. 4	9823054.8	SI	
22	0	3	Ciclo Corto	632844. 8	9824823.4	SI	
23	0	3	Ciclo Corto	647754. 0	9829197.6	SI	
24	0	3	Ciclo Corto	652068. 9	9841685.7	SI	
25	0	3	Ciclo Corto	650272. 0	9846901.9	SI	
26	0	5	Área Urbana	633558. 3	9811973.9	NO	Ciclo Corto
27	0	5	Área Urbana	657269. 4	9846750.7	SI	
28	0	2	Otras Vegetaciones	646955. 0	9835488.4	SI	
29	0	3	Ciclo Corto	638284. 6	9811692.5	SI	
30	0	2	Otras Vegetaciones	636391. 0	9811199.1	SI	
31	0	3	Ciclo Corto	651095. 4	9842746.6	SI	
32	0	3	Ciclo Corto	639535. 1	9837072.7	SI	
33	0	3	Ciclo Corto	653224. 8	9845400.5	SI	
34	0	3	Ciclo Corto	655992. 4	9850459.2	SI	
35	0	0	Sin Clasificar	632955. 9	9817176.9	SI	
36	0	2	Otras Vegetaciones	638087. 8	9813720.3	SI	
37	0	1	Agua	645207. 2	9827708.9	SI	
38	0	3	Ciclo Corto	639514. 1	9834154.8	SI	
39	0	0	Sin Clasificar	633473. 8	9832068.7	SI	
40	0	3	Ciclo Corto	634749. 1	9836801.9	SI	
41	0	3	Ciclo Corto	636343. 9	9836139.0	SI	
42	0	3	Ciclo Corto	626146. 9	9834659.0	SI	

43	0	3	Ciclo Corto	640024. 8	9836055.0	SI	
44	0	3	Ciclo Corto	651477. 6	9847609.2	SI	
45	0	3	Ciclo Corto	628245. 9	9836081.8	SI	
46	0	4	Sin Vegetación	633505. 8	9823142.4	SI	
47	0	3	Ciclo Corto	637235. 8	9826368.4	SI	
48	0	3	Ciclo Corto	634619. 2	9837576.3	SI	
49	0	5	Área Urbana	638771. 8	9818786.6	SI	
50	0	3	Ciclo Corto	649262. 7	9845969.3	SI	
51	0	3	Ciclo Corto	662905. 7	9849955.8	SI	
52	0	3	Ciclo Corto	642278. 1	9825906.0	SI	
53	0	3	Ciclo Corto	649538. 6	9841696.7	SI	
54	0	3	Ciclo Corto	637323. 8	9820278.6	SI	
55	0	5	Área Urbana	659156. 5	9846284.6	SI	
56	0	3	Ciclo Corto	643180. 6	9834082.3	SI	
57	0	3	Ciclo Corto	634237. 9	9820949.5	SI	
58	0	3	Ciclo Corto	657838. 8	9850940.3	SI	
59	0	3	Ciclo Corto	633609. 6	9836162.5	NO	Sin Vegetación

Tabla 14. Puntos Aleatorios del software ArcGIS verificados de Septiembre

OBJECTID	CID	RASTERVALU	Cobertura	X	Y	Google	Verif_NO
0	0	3	Ciclo Corto	653316.9	9842366.8	SI	
1	0	3	Ciclo Corto	644217.6	9836959.2	SI	
2	0	3	Ciclo Corto	634745.6	9838438.8	SI	
3	0	3	Ciclo Corto	633800.4	9811452.2	SI	
4	0	3	Ciclo Corto	661231.8	9849939.8	SI	
5	0	3	Ciclo Corto	638339.7	9817088.4	SI	
6	0	3	Ciclo Corto	634911.6	9817821.4	SI	
7	0	3	Ciclo Corto	654261.8	9848959.0	SI	
8	0	3	Ciclo Corto	627337.3	9830748.4	NO	Sin Vegetación

9	0	2	Otras Vegetaciones	637849.5	9821071.6	SI	
10	0	3	Ciclo Corto	639716.8	9809062.2	SI	
11	0	4	Sin Vegetación	632160.6	9822914.1	SI	
12	0	2	Otras Vegetaciones	635067.4	9819618.4	SI	
13	0	3	Ciclo Corto	639227.9	9811191.6	SI	
14	0	0	Sin Clasificar	660921.2	9852802.3	SI	
15	0	3	Ciclo Corto	655784.4	9849079.5	SI	
16	0	3	Ciclo Corto	644590.9	9836050.6	SI	
17	0	4	Sin Vegetación	634805.8	9827959.7	NO	Sin Clasificar
18	0	3	Ciclo Corto	658197.6	9845339.5	SI	
19	0	3	Ciclo Corto	629800.5	9829856.4	SI	
20	0	5	Área Urbana	627479.7	9822115.0	NO	Sin Vegetación
21	0	3	Ciclo Corto	649044.7	9840684.1	SI	
22	0	4	Sin Vegetación	630551.0	9835224.7	SI	
23	0	3	Ciclo Corto	645263.4	9828759.3	SI	
24	0	4	Sin Vegetación	627765.0	9832621.1	SI	
25	0	3	Ciclo Corto	636423.0	9821483.1	SI	
26	0	4	Sin Vegetación	626953.6	9828161.8	SI	
27	0	2	Otras Vegetaciones	638878.8	9819238.7	NO	Ciclo Corto
28	0	3	Ciclo Corto	631306.8	9834772.8	NO	Sin Vegetación
29	0	3	Ciclo Corto	637355.6	9836535.7	NO	Sin Vegetación
30	0	4	Sin Vegetación	627494.8	9829520.4	SI	
31	0	3	Ciclo Corto	634808.7	9823586.6	SI	
32	0	3	Ciclo Corto	627096.6	9829004.2	SI	
33	0	4	Sin Vegetación	634789.1	9834633.6	SI	
34	0	3	Ciclo Corto	649922.2	9847511.7	SI	
35	0	1	Agua	639131.4	9831033.0	SI	
36	0	2	Otras Vegetaciones	640986.5	9830181.0	SI	
37	0	3	Ciclo Corto	644364.3	9836208.6	SI	
38	0	3	Ciclo Corto	632118.2	9820808.8	SI	
39	0	4	Sin Vegetación	653070.9	9852017.3	SI	
40	0	3	Ciclo Corto	635269.1	9825124.9	SI	
41	0	3	Ciclo Corto	652657.5	9844443.4	SI	
42	0	4	Sin Vegetación	647257.6	9822035.0	SI	
43	0	3	Ciclo Corto	654982.8	9840562.4	SI	
44	0	3	Ciclo Corto	646194.0	9826253.5	SI	
45	0	3	Ciclo Corto	650670.4	9842841.4	SI	
46	0	5	Área Urbana	632738.2	9813937.3	NO	Ciclo Corto
47	0	3	Ciclo Corto	641657.7	9831510.1	SI	

48	0	3	Ciclo Corto	638346.3	9822715.7	SI	
49	0	5	Área Urbana	629958.0	9825512.9	SI	
50	0	0	Sin Clasificar	630321.2	9823105.1	SI	
51	0	0	Sin Clasificar	644763.1	9823987.6	SI	
52	0	4	Sin Vegetación	631189.6	9836823.2	SI	
53	0	3	Ciclo Corto	648455.1	9838400.0	SI	
54	0	3	Ciclo Corto	646857.5	9838591.8	SI	
55	0	3	Ciclo Corto	631207.4	9813709.7	SI	
56	0	0	Sin Clasificar	660880.3	9848718.1	SI	
57	0	3	Ciclo Corto	642208.4	9825076.1	SI	
58	0	0	Sin Clasificar	638474.8	9836712.4	NO	Ciclo Corto
59	0	3	Ciclo Corto	640096.0	9808777.2	SI	

Anexo 1: Tabla de atributos de los puntos aleatorios de enero

PID	Shape *	CID	RASTERVALU	Cobertura	X	Y	Google	Verif NO	Brillo 01	Verdor 01	Humedad 01	Brillo 09	Verdor 09	Humedad 09
1	Punto	0	2	Ciclo Perenne	635919	9822019.7	SI		4300.42	2147.05	87.8267	3408.77	2725.9	450.222
2	Punto	0	2	Ciclo Perenne	629408.7	9835347.4	NO	Sin Vegetacion	3744.84	2464.65	-130.924	4958.55	1138.09	-151.29
3	Punto	0	3	Ciclo Corto	640893.2	9821016.9	SI		3183.01	1111.82	-759.384	1933.02	70.4615	185.385
4	Punto	0	2	Ciclo Perenne	641895.8	9829716	SI		3844.82	881.988	-1380.31	4188.29	1225.36	-1089.77
5	Punto	0	2	Ciclo Perenne	647550.7	9830705	SI		1603.97	1064.78	309.781	2079.21	749.262	164.47
6	Punto	0	0	Sin Clasificar	630701.3	9827593.5	NO	Ciclo Corto	2758.55	46.7932	899.082	3635.78	1004.42	-361.888
7	Punto	0	3	Ciclo Corto	634126.8	9839607.2	SI		3480.44	2170.96	-78.1758	3594.03	2248.84	-48.5958
8	Punto	0	3	Ciclo Corto	648292	9839083.4	SI		3281.53	653.471	-1087.02	3620.54	1507.49	-840.537
9	Punto	0	0	Sin Clasificar	648545.9	9823644.9	SI		8294.97	299.984	-985.849	3536.23	2293.52	-148.887
10	Punto	0	3	Ciclo Corto	629736.3	9827775.2	SI		3164.87	1593.75	-721.157	3237.83	800.006	-1313.9
11	Punto	0	5	Area Urbana	640045.6	9825045.9	NO	Ciclo Corto	2079.44	817.302	-219.507	3633.45	2174.53	-149.647
12	Punto	0	3	Ciclo Corto	647381.3	9838488.6	SI		3212.48	1625.8	-310.023	3833	820.913	-1671.44
13	Punto	0	3	Ciclo Corto	652384.2	9840144.4	SI		2273.22	213.99	-1076.77	3832.18	1119.82	-1270.33
14	Punto	0	3	Ciclo Corto	640402	9831399.5	SI		2925.8	1213.18	-580.362	3031.05	946.271	-948.974
15	Punto	0	3	Ciclo Corto	649976.2	9845000.7	SI		2843	432.139	-1168.76	3917.97	988.572	-1307.93
16	Punto	0	3	Ciclo Corto	648171.6	9830711	SI		2453.97	1419.95	-47.216	3760.77	1400.23	-959.34
17	Punto	0	0	Sin Clasificar	640282.2	9818097.1	NO	Ciclo Corto	4563.71	1981.14	-1333.18	3698.6	1584.54	-765.893
18	Punto	0	5	Area Urbana	631390.4	9815260.1	NO	Ciclo Corto	4703.16	501.44	-1282.13	4542.92	3094.06	-107.816
19	Punto	0	3	Ciclo Corto	653329	9848700.3	SI		4190.34	2440.87	-359.859	3699.68	922.958	-1389.74
20	Punto	0	3	Ciclo Corto	626998	9834854.7	SI		3659.16	1692.98	-840.791	2653.46	498.817	-941.893
21	Punto	0	3	Ciclo Corto	631030.4	9823054.8	SI		2587.56	1913.87	-334.727	3859	1995.26	-508.378
22	Punto	0	3	Ciclo Corto	632844.8	9824823.4	SI		3003.66	1174.41	-583.032	2807.9	989.537	-295.801
23	Punto	0	3	Ciclo Corto	647754	9829197.6	SI		2693.63	477.849	-1135.49	3449.63	1427.59	-753.614
24	Punto	0	3	Ciclo Corto	652088.9	9841688.7	SI		2480.09	388.608	-938.625	3465.72	1176.21	-807.748
25	Punto	0	3	Ciclo Corto	650272	9848991.9	SI		2455.13	256.465	-978.95	3633.16	1241.52	-943.006
26	Punto	0	5	Area Urbana	633558.3	9811973.9	NO	Ciclo Corto	4640.5	378.38	-1438.33	3726.06	2896.6	-297.344
27	Punto	0	5	Area Urbana	657269.4	9848750.7	SI		2028.32	463.472	-587.515	3958.25	1518.93	-988.91
28	Punto	0	2	Ciclo Perenne	646955	9838488.4	SI		3294.81	2204.92	-10.8448	3180.51	1775.56	-287.85
29	Punto	0	3	Ciclo Corto	638284.6	9811692.5	SI		3730.14	1525.58	-352.242	3841.03	1857.54	-165.647
30	Punto	0	2	Ciclo Perenne	636391	9811199.1	SI		1904.47	918.673	162.079	3387.36	2381.22	313.63
31	Punto	0	3	Ciclo Corto	651095.4	9842746.6	SI		3048.19	429.585	-993.212	3855.08	1205.04	-1038.97
32	Punto	0	3	Ciclo Corto	639535.1	9837072.7	SI		3526.04	1818.84	-372.267	3399.48	2007.05	-265.392
33	Punto	0	3	Ciclo Corto	653224.8	9845400.5	SI		2205.83	295.224	-839.927	3708.1	2088.67	-368.783
34	Punto	0	3	Ciclo Corto	655992.4	9850459.2	SI		2513.47	505.828	-847.345	3641.8	1089.3	-1140.31
35	Punto	0	0	Sin Clasificar	632955.9	9817176.9	SI		10039.4	-350.814	-1305.73	3886.98	2074.53	-342.397
36	Punto	0	2	Ciclo Perenne	638087.8	9813720.3	SI		3745.19	2446.41	-119.279	3476.55	1956.02	-243.585
37	Punto	0	1	Cuerpos de Agua	645207.2	9827708.9	SI		1368.45	498.372	41.2188	2406.21	1118.88	-215.282
38	Punto	0	3	Ciclo Corto	639514.1	9834154.8	SI		4060.51	1963.89	-380.629	3713.84	1430.15	-769.927
39	Punto	0	0	Sin Clasificar	633473.8	9832068.7	SI		3519.6	2395.58	-200.006	3393.71	2072.93	-301.079
40	Punto	0	3	Ciclo Corto	634749.1	9836801.9	SI		4047.17	1699.69	-1044.41	4253.85	771.839	-1758.43
41	Punto	0	3	Ciclo Corto	638343.9	9838139	SI		3140.06	346.354	-1559.33	3948.88	1120.99	-142.12
42	Punto	0	3	Ciclo Corto	628146.9	9834659	SI		3631.35	2128.46	-295.212	3685.81	573.187	-1032.62
43	Punto	0	3	Ciclo Corto	640024.8	9836055	SI		3657.85	2231.28	-176.416	3520.01	2005.5	-208.342
44	Punto	0	3	Ciclo Corto	651477.6	9847609.2	SI		2191.92	278.656	-837.667	3724.91	891.793	-1400.49

Anexo 2: Tabla de atributos de los puntos aleatorios de septiembre

EP	Shape	CID	RASTERVALU	Cobertura	X	Y	Google	Verif NO	Brillo 09	Verdor 09	Humedad 09	Brillo 01	Verdor 01	Humedad 01
0	Punto	0	3	Ciclo Corto	65316.9	9842368.8	SI		3748.21	1170.57	-1222.58	2600.51	277.232	-1147.4
1	Punto	0	3	Ciclo Corto	644217.6	9836959.2	SI		3407.51	1643.74	-639.336	3705.49	2195.39	-524.222
2	Punto	0	3	Ciclo Corto	634745.6	9838438.8	SI		4041.26	1039.61	-1500.25	3206.46	677.075	-1269.56
3	Punto	0	3	Ciclo Corto	633500.4	9811452.2	SI		4486.21	1919.5	-669.209	4632.16	625.660	-1162.26
4	Punto	0	3	Ciclo Corto	961231.8	9846939.8	SI		3541.93	1673.39	-811.281	602.896	223.101	-36.9025
5	Punto	0	3	Ciclo Corto	638339.7	9817088.4	SI		3383.12	1435.34	-609.854	3191.7	1488	-543.117
6	Punto	0	3	Ciclo Corto	634911.6	9817821.4	SI		4191.17	1970.2	-771.902	7562.33	1304.58	-1068.06
7	Punto	0	3	Ciclo Corto	654261.8	9848959	SI		3651.75	1505.5	-804.333	2680.69	1221.30	-112.167
8	Punto	0	3	Ciclo Corto	627337.3	9830748.4	NO	Sin Vegetacion	3596.77	1197.47	-669.613	3030.77	952.476	-692.442
9	Punto	0	2	Ciclo Perenne	637849.5	9821071.6	SI		3620.97	2415.54	99.2186	3329.36	2458.23	262.87
10	Punto	0	3	Ciclo Corto	639716.8	9809062.2	SI		3754.57	1853.54	-413.333	4151.24	1639.98	-790.165
11	Punto	0	4	Sin Vegetacion	632160.6	9822914.1	SI		3872.61	782.991	-809.769	2449.28	553.686	363.576
12	Punto	0	2	Ciclo Perenne	635667.4	9819618.4	SI		3670.88	2723.22	331.511	3458.04	2988.97	371.859
13	Punto	0	3	Ciclo Corto	638227.9	9811191.6	SI		3782.35	1969.65	-374.819	1687.77	658.474	-86.3781
14	Punto	0	0	Sin Clasificar	660921.2	9852802.3	SI		3504.11	2102.68	-280.1	3050.39	1873.59	-209.109
15	Punto	0	3	Ciclo Corto	655764.4	9849079.5	SI		3681.28	1412.8	-245.157	2661.85	486.796	-861.035
16	Punto	0	3	Ciclo Corto	644590.9	9836939.6	SI		3481.35	1438.03	-502.23	3891.65	1335.45	-402.784
17	Punto	0	4	Sin Vegetacion	634805.8	9827959.7	NO	Sin Clasificar	3058.66	1382.78	-698.858	3458.25	2219.82	-196.199
18	Punto	0	3	Ciclo Corto	658197.6	9845339.5	SI		3635.93	1791.31	-556.445	4697.59	399.499	-1059.17
19	Punto	0	3	Ciclo Corto	626800.5	9833054.4	SI		3457.25	965.669	-1246.17	2951.34	1462.63	-433.096
20	Punto	0	5	Area Urbana	627479.7	9822115	NO	Sin Vegetacion	4626.08	611.101	-1697.56	3428.54	610.517	-1491.63
21	Punto	0	3	Ciclo Corto	649044.7	9840684.1	SI		3688.25	1641.82	-769.691	2391.08	260.688	-1110.85
22	Punto	0	4	Sin Vegetacion	630561	9835224.7	SI		3047.37	1387.01	-727.452	3009.45	1814.14	-279.597
23	Punto	0	3	Ciclo Corto	645263.4	9823759.3	SI		3835.29	899.333	-1538.16	3596.79	1829.48	-516.029
24	Punto	0	4	Sin Vegetacion	627765	9832621.1	SI		2810.59	641.478	-432.639	1049.68	235.234	191.769
25	Punto	0	3	Ciclo Corto	636423	9821483.1	SI		4104.94	1967.56	-553.252	4526.85	952.604	-1226.83
26	Punto	0	4	Sin Vegetacion	626953.6	9828161.8	SI		3442.45	1284.42	-961.599	3373.72	1968.98	-355.144
27	Punto	0	2	Ciclo Perenne	638878.8	9819238.7	NO	Ciclo Corto	3790.93	2607.34	266.881	4539.62	3329.04	323.387
28	Punto	0	3	Ciclo Corto	631306.8	9834772.8	NO	Sin Vegetacion	4022.31	212.501	-1734.72	3693.12	1789.97	668.054
29	Punto	0	3	Ciclo Corto	637355.6	9836535.7	NO	Sin Vegetacion	3625.59	1150.2	-1084.17	3689.1	2375.73	-142.105
30	Punto	0	4	Sin Vegetacion	627494.8	9829520.4	SI		3204.87	1595.26	-594.377	3363.66	1907.59	-353.006
31	Punto	0	3	Ciclo Corto	634806.7	9823589.6	SI		3406.64	1851.09	-323.905	3211.8	1809.66	-335.185
32	Punto	0	3	Ciclo Corto	627096.6	9829004.2	SI		3711.55	1173.18	-1338.07	1068.02	617.006	-142.934
33	Punto	0	4	Sin Vegetacion	634789.1	9834633.6	SI		2987.41	421.863	-121.418	3072.45	2034.45	-104.914
34	Punto	0	3	Ciclo Corto	649922.2	9847511.7	SI		3749.92	1170.6	-1036.35	2309.79	252.31	-844.128
35	Punto	0	1	Cuerpos de Agua	639131.4	9831033	SI		1332.15	103.927	58.4467	948.651	46.6787	23.3546
36	Punto	0	2	Ciclo Perenne	646986.5	9830181	NO		3580.27	2346.85	104.386	3390.04	2438.72	261.686
37	Punto	0	3	Ciclo Corto	644364.3	9836208.6	SI		3993.51	1114.37	-1406.89	3159.85	986.274	-934.371
38	Punto	0	3	Ciclo Corto	632118.2	9828088.8	SI		3262.73	1783.37	-258.442	2846.57	1245.84	-333.112
39	Punto	0	4	Sin Vegetacion	653070.9	9852017.3	SI		3145.11	1397.83	-591.958	3151.85	1522.2	-594.628
40	Punto	0	3	Ciclo Corto	635268.1	9825124.9	SI		3935.53	1827.46	-901.59	3695	1540.43	-665.846
41	Punto	0	3	Ciclo Corto	652657.5	9844443.4	SI		3579.21	1310.64	-926.497	2719.25	902.432	-700.126
42	Punto	0	4	Sin Vegetacion	647257.6	9822035	SI		3447.98	1320.18	-965.389	3570.87	1794.33	-558.95
43	Punto	0	3	Ciclo Corto	654862.8	9846502.4	SI		4056.21	1043.44	-1412.06	3079.79	1515.14	-424.935
44	Punto	0	3	Ciclo Corto	646194	9826253.5	SI		3616.89	1388.54	-876.032	3260.68	1873.05	-325.608

Anexo 3: Matriz de Detección de cambios de las imágenes clasificadas en Área

Pixel Count	Percentage	Area (Square Km)	Reference	Initial State							Row Total
				Unclassified	pos de Agua [Magenta]	311 pos/ciclo Perenne [Green]	665 punto/ciclo Corto [Aquamarine]	117 pos/ciclo Desnudo [White]	14 pos/ciclo Area Urbana [Yellow]	74 pos/ciclo	
Unclassified	26.36			14.07	76.81	154.87	1.63	19.39			293.13
Cuerpos de Agua [Magenta]	149 points			2.11	12.58	2.64	14.45	0.54	8.86		41.19
Ciclo Perenne [Green]	791 points			8.22	117.40	12.78	0.44	6.06			149.04
Ciclo Corto [Aquamarine]	158 points			68.87	29.77	67.11	835.19	7.74	55.99		1064.66
Suelo Desnudo [White]	16 points			15.38	13.00	17.68	242.12	6.71	27.92		322.82
Area Urbana [Yellow]	179 points			0.92	0.41	1.06	9.02	0.79	6.28		18.47
Class Total				121.86	74.77	282.70	1268.42	17.84	124.51		
Class Changes				95.51	62.19	165.29	433.24	11.14	118.23		
Image Difference				171.27	-33.59	-132.86	-203.76	304.97	-106.04		

Anexo 4: Matriz de Detección de cambios de las imágenes clasificadas en porcentaje

		Initial State							
		Unclassified	pos de Agua [Magenta] 311 poi	ciclo Perenne [Green] 665 poi	ciclo Corto [Aquamarine] 117 poi	suelo Desnudo [White] 14 poi	Area Urbana [Yellow] 74 poi	Row Total	
Final State	Unclassified	21.629	18.814	27.171	12.210	9.155	15.572	100.000	
	Cuerpos de Agua [Magenta] 149 points	1.733	16.830	0.934	1.139	3.021	7.118	100.000	
	Ciclo Perenne [Green] 791 points	6.747	6.608	41.530	1.007	2.446	4.867	100.000	
	Ciclo Corto [Aquamarine] 158 points	56.514	39.808	23.738	65.844	43.382	44.970	100.000	
	Suelo Desnudo [White] 16 points	12.623	17.391	6.253	19.088	37.592	22.426	100.000	
	Area Urbana [Yellow] 179 points	0.753	0.549	0.374	0.711	4.403	5.047	100.000	
	Class Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000		
	Class Changes	78.371	83.170	58.470	34.156	62.408	94.953		
	Image Difference	140.545	-44.918	-46.996	-16.064	1709.160	-85.163		

Anexo 5. Fase de campo (cuerpos de agua)



Anexo 6. Fase de campo (ciclo corto y suelos sin vegetación)



Anexo 7. Fase de campo (otros tipos de vegetaciones)

