



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA UTILIZANDO
MÚLTIPLES FUENTES DE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA
DEL RÍO PORTOVIEJO.**

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

AUTOR:

JONATHAN ALEJANDRO ALMEIDA ZAMORA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. ANDY GILER ORMAZA, M.SC

FEBRERO, 2023

PORTOVIEJO – ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi calidad de director de tesis, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo con los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA UTILIZANDO MÚLTIPLES FUENTES DE IMÁGENES SATELITALES EN LA CUENCA DEL RIO PORTOVIEJO.

Ing. Andy Giler Ormaza, M.Sc

C.I.: _____

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, M.Sc.

agiler@pucem.edu.ec

Primer Lector

Ing. Fabian Espinales Cedeño, M.Sc.

fespinales@pucem.edu.ec

Segundo Lector

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga

jchavarría@pucem.edu.ec

Tercer Lector

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

Portoviejo, febrero 2023

f. _____

Jonathan Alejandro Almeida Zamora

Cédula: 1313788430

Teléfono: 0989318722

Correo: alejandro_al2012@hotmail.com

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de los resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente, autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Jonathan Alejandro Almeida Zamora

C.I.: 1313788430

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida que son mis padres, mis hermanos y mi querida novia. A todos ellos por acompañarme durante este largo y complicado camino de estudios. Al final he cumplido con su apoyo incondicional.

Jonathan Alejandro Almeida Zamora
Autor

AGRADECIMIENTOS

Este agradecimiento va dirigido en primer lugar, a mi tutor Ing. Andy Giler Ormaza, M.Sc, quien fue parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación, pues me acompañó con su guía y conocimientos a lo largo de este proceso.

En segundo lugar, agradecer a los profesores que me compartieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria y que, con su vocación, me impulsaron a continuar aprendiendo hasta alcanzar mis metas.

También, agradecer a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por aceptarme como su estudiante y permitirme realizar aquí mi carrera universitaria. Además, por brindarme todas las herramientas y facilidades necesarias para poder desarrollar con éxito mis estudios.

Por último y no menos importante, agradecer a mis compañeros y a mi familia, quienes fueron un pilar importante de motivación en los momentos más difíciles. Gracias infinitas a mi familia por estar a mi lado en cada momento de este largo camino que hoy culmino con éxito.

Jonathan Alejandro Almeida Zamora
Autor

RESUMEN

Esta investigación cuantitativa tuvo como objetivo evaluar los cambios en el uso de la tierra en la cuenca del río Portoviejo utilizando múltiples fuentes de imágenes satelitales, a fin de aportar con datos para la gestión de cuencas hídricas en el Ecuador. Por ello, se implementó esta investigación descriptiva observacional desde abril hasta diciembre de 2022, para lo cual se empleó información proporcionada por el Sistema de Información Geográfico (SIG) e imágenes de la Iniciativa de Cambio Climático de Cobertura Terrestre de la Agencia Espacial Europea (ESA CCI LC) período 1992 - 2015, como fuentes principales de datos; posteriormente se establecieron las características de la cuenca como cambio en cobertura vegetal, escorrentía e infiltración. Los resultados de la ESA CCI LC permiten observar cambios notorios en área urbanas, las cuales han pasado de 0,486% en 1992 a 1,471% en el 2015, representando un incremento del 200%, lo que evidencia un indicador de contaminación en los años de investigación. La cubierta arbórea de hoja ancha muestra un incremento de 9,56%. La mayor parte de los cambios se observan en la zona alta de la cuenca, la cual está compuesta, principalmente, por el embalse de Poza Honda. La cuantificación evidencia pérdida de cobertura vegetal superior al 9% y un incremento poblacional del 8,7% anual. Esta reducción en la vegetación junto con el crecimiento urbanístico explica el considerable deterioro en la calidad del agua del río Portoviejo por la disminución que circula en el suelo.

Palabras clave: cambios climáticos, hidrográficos, suelo, agua

ABSTRACT

This quantitative research study aimed to assess the changes in land use and land cover for the *Portoviejo* River Basin using different sources of satellite imagery, in order to provide data for managing watersheds in Ecuador. Hence, this descriptive observational research study was carried out from April to December 2022, using information provided by the Geographic Information System (GIS), as well as images provide by the European Space Agency Climate Change Initiative Land Cover (ESA CCI LC) for the period 1992 – 2015 as main data sources; then the characteristics of this basin such as vegetation cover changes, runoff and infiltration were determined. The findings from the ESA CCI LC dataset make it possible to observe some noticeable changes in urban areas from 0.486% in 1992 to 1.471% in 2015, representing a 200% increase, which shows indicators of pollution during the period under study. Tree cover for the broadleaf shows a 9.56% increase. Most of the changes are observed in the upper part of the basin, which is mainly made up of *Poza Honda* reservoir. Quantification reveals vegetation cover loss greater than 9% and population growth of 8.7% per year. This reduction in vegetation and urban development explain the major deterioration of water quality in the *Portoviejo* River because of the decrease that circulates in the soil.

Keywords: climatic change, hydrographic, soil, water

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iv
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS	8
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXOS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador (212.638,81 Ha).....	5
Figura 2. Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador Año 1992	9
Figura 3. Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador Año 2015	10
Figura 4. Imágenes Landsat de la cuenca del río Portoviejo 2015	12
Figura 5. Imágenes Landsat de la cuenca del río Portoviejo 2020	13
Figura 6. Imágenes Sentinel de la cuenca del río Portoviejo 2015.....	15
Figura 7. Imágenes Sentinel de la cuenca del río Portoviejo 2020.....	16

INTRODUCCIÓN

Una civilización en desarrollo que depende de la agricultura, del turismo y de forma general, de la tierra; tiene la responsabilidad de hacer uso adecuado de ella (Saing *et al.*, 2021). Las actividades económicas que se desarrollan de forma indiscriminada, ponen en riesgo las propiedades del suelo, que, de acuerdo a Murugan *et al.*, (2022), ocasionan fuertes afecciones ambientales que en muchos casos son irremediables. Las autoridades gubernamentales destinan recursos económicos enfocados al desarrollo de tecnología que, junto con la legislación adecuada, permitan la protección del recurso suelo, en todos los ámbitos de su explotación (Klimach *et al.*, 2018).

El cambio en el uso de la tierra, es un fenómeno común en actividades económicas agrícolas, las cuales han sido identificadas como una de las causas principales del deterioro ambiental (Sims *et al.*, 2019). El inadecuado manejo de las cuencas hidrográficas, es otro de los factores que afectan a los cambios de uso de la tierra y por ende afectan al medio ambiente. Según Prasai *et al.* (2021), los efectos en el medio ambiente van más allá del deterioro del suelo, ya que también inciden sobre la calidad y cantidad del agua de la cuenca, haciéndola más escasa para su consumo.

Cada cuenca presenta aspectos hidrográficos diferentes que implican acciones acordes a sus características para una gestión adecuada. De acuerdo a estudios previos, se ha identificado que muchos cambios en las cuencas están ligados a la evolución de las civilizaciones adaptándolas como identidad de su cultura para la correcta preservación. Cabe recalcar que, en otros casos como el reportado por Assefa *et al.* (2021), aunque existan cambios evidentes en la cuenca, las microcuencas pueden tener cambios no observables que incluso pudieran repercutir en muchos años posteriores a su identificación. Esto implica una serie de sugerencias que invitan al desarrollo de nuevas prácticas para la identificación temprana de todos cambios de uso de la tierra en las cuencas y así evitar daños irreparables.

Existen cuencas que sufrieron afecciones durante años y los cambios no pudieron ser identificados a tiempo. Incluso, en épocas de apogeo agrícola donde el uso indiscriminado de: suelo y fuentes hídricas, aplicaciones excesivas de insumos químicos, técnicas basadas en experiencia ancestrales y poco estudiadas; produjeron graves deterioros a nivel de ecosistemas, cuyos efectos detectables ocurren en la actualidad (Jaramillo *et al.* 2021). Hace más de 30 años que se exigió desde el tratado de Río, la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, pero recién

en la actualidad se está pidiendo que las acciones aplicadas sean de efectos inmediatos y que permitan tratar los problemas de forma oportuna. Entre las metodologías más utilizadas para la evaluación de cambios en el uso del suelo, está la construcción de imágenes Land Use Land Cover (LULC) a partir de la combinación de imágenes tomadas de los sistemas Landsat y Sentinel.

Por la calidad de datos que se pueden adquirir, destacan el Landsat 8 y Sentinel-2, los cuales fueron aplicados en estudios de validación de datos experimentales de nubes derivadas del cielo sobre NASA GSFC (Skakun *et al.* 2021). El estudio de (Tan *et al.* 2021) propuso un marco para mejorar los productos de cobertura terrestre de la iniciativa de cambio climático de la Agencia Espacial Europea (ESA CCI LC). Los mapas LULC mejorados tienen un buen desempeño para evaluar los impactos en el balance hídrico a escala de la cuenca.

Diversos estudios tienen el objetivo de desarrollar metodologías capaces de identificar cambios en el uso del suelo que puedan estar afectando el medio ambiente o que en un futuro cercano pudieran hacerlo. Jaramillo *et al.* (2021), lograron identificar patrones de uso de las cuencas y microcuencas basadas en las debilidades y fortalezas de la civilización, donde la movilidad humana tomó un papel importante en la preservación hidrográfica. La evaluación de territorio de una cuenca, permite incluso, identificar efectos del calentamiento global relacionados al cambio del clima local y sus relaciones con la regulación hidro-térmica de la zona (Revueltas *et al.* 2020).

Según el criterio De la Cruz *et al.* (2022), indican que la pendiente de la cuenca, se relaciona ampliamente con las infiltraciones, las escorrentías superficiales, las humedades del suelo y las contribuciones del agua subterránea, además la pendiente media del cauce principal, es necesaria para estudios más profundos que requieren calcular la pendiente media de toda la superficie de una cuenca. Por otro lado, Quesada y Barrantes (2017) la morfometría o geomorfometría es el análisis cuantitativo de la superficie terrestre de una cuenca hidrográfica.

El análisis morfométrico permite conocer las características físicas de una cuenca mediante el estudio de las particularidades de superficie, relieve e hidrografía, que realiza comparaciones con otras cuencas, y ayuda a entender la complejidad de su comportamiento hidrológico (Zhicay, 2020). La caracterización morfométrica de las cuencas hidrográficas se realiza con un SIG, ya sea de modo manual o automático; es ideal por ser dinámico en la visualización y procesamiento de la cuantificación de los atributos topográficos de una cuenca (Medeiros *et al.*, 2019).

De este modo, toma forma la importancia que conlleva la evaluación de cuencas hidrográficas para preservar el medio ambiente. En Manabí, un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2021), permitió identificar la formación de microcuencas en aguas subterráneas derivadas de las cuencas altas de Poza Honda y La Esperanza. Esta nueva formación de microcuencas incidió en el cambio de uso de suelo y provocó la movilización de nuevos grupos humanos con implementación de actividades agrícolas.

En el Ecuador, son pocos los estudios relacionados a los cambios de suelo en cuencas hidrográficas que permiten entender la ganancia o pérdida de la cuenca (Guailas, 2015). Según Idrovo *et al.* (2021), define que Ecuador tienen poca información disponible sobre la relación que existe entre el uso del suelo y la producción de servicios ecosistémicos. Frente al escenario expuesto, los estudios sobre los cambios en las cuencas hidrográficas son escasos tanto en el país como en la provincia de Manabí.

Tomando en cuenta los antecedentes la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los cambios en el uso de la tierra utilizando múltiples fuentes de imágenes satelitales en la cuenca del río Portoviejo. Para lograr el propósito del estudio se debió realizar el pre-procesamiento de imágenes satelitales Landsat y Sentinel para el área de estudio de acuerdo a la disponibilidad de datos; así mismo se realizó la clasificación supervisada de las imágenes satelitales seleccionadas para obtener mapas de LULC, y por último se analizó la precisión de los resultados (post-procesamiento) y comparación de resultados de LULC con diferentes fuentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

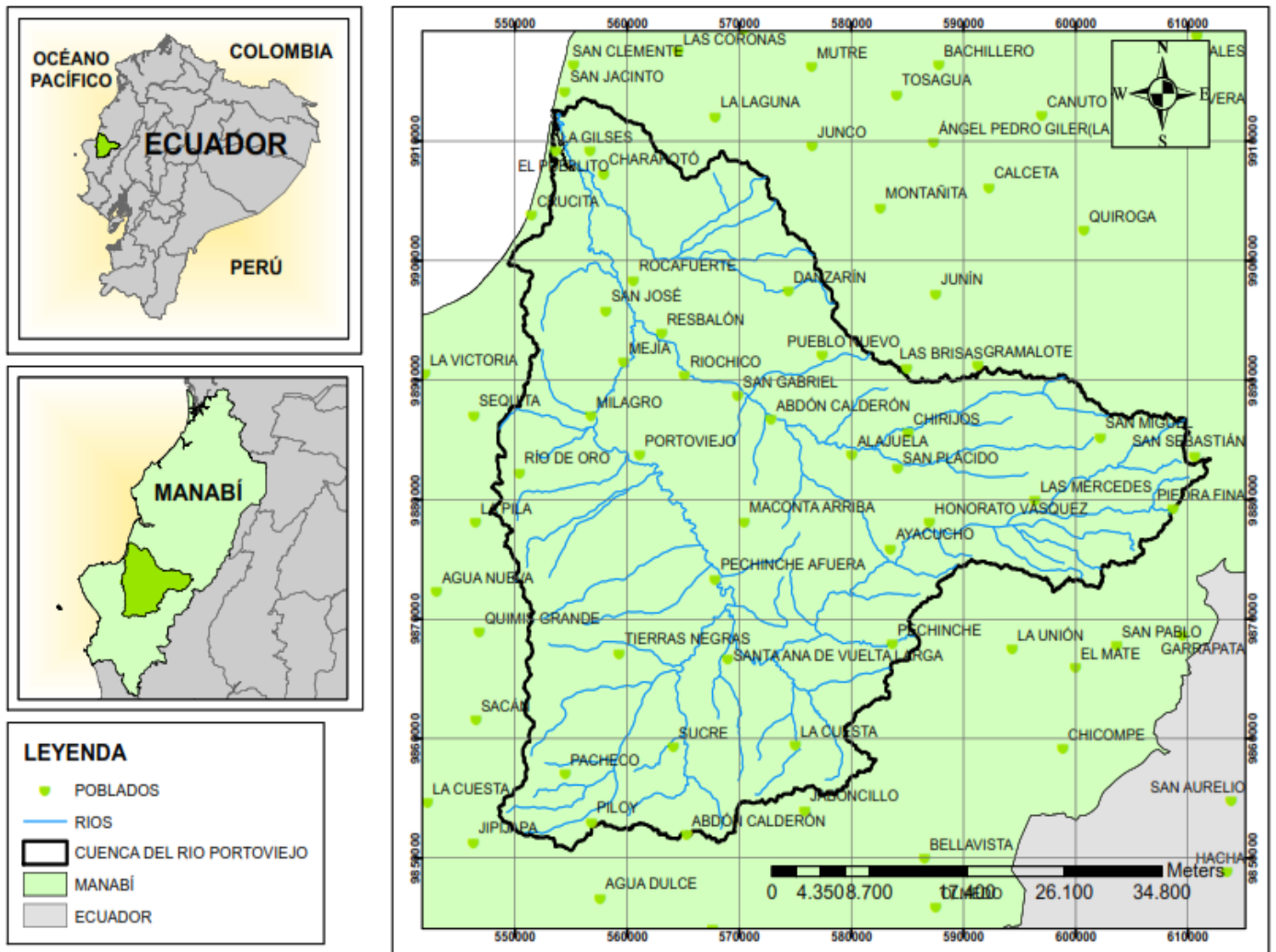
Se empleó la información proporcionada por el Sistema de Información Geográfico (SIG) e imágenes de la Iniciativa de Cambio Climático de Cobertura Terrestre de la Agencia Espacial Europea (ESA CCI LC, por sus siglas en inglés), como las fuentes principales de la extracción de datos objetivos para el estudio.

Con estos datos se realizó la descripción de las características de la cuenca como: su cambio en cobertura vegetal, escorrentía e infiltración. Además, el diseño de investigación fue de carácter no experimental evolutivo porque se tomaron datos cambiantes en función del tiempo para construir una referencia evolutiva temporal. También se utilizaron las aplicaciones informáticas de visualización de imágenes satelitales ENVI y el SPC de QGIS.

Se evaluó el cambio de uso de suelo referente a la cuenca del Río Portoviejo, Manabí, Ecuador con área de 2095 Km², con curvas de elevación desde los 600 msnm (Rodríguez *et al.* 2021), una longitud de 121,95 Km y ancho 31.99 Km. La pendiente media de 14.63° y 27.41% (Cartaya 2019). No se detalló una población o muestra de estudio porque se desmarcó el área del cuerpo hídrico.

La cuenca recibe en promedio anual cerca de 201.66 mm con una desviación de 88.65 mm de acuerdo a los valores reportados por Rodríguez *et al.* (2021) calculados con datos históricos tomados del INAMHI desde 1990 hasta el 2006. También se indica que la mayor cantidad de precipitaciones se llevan a cabo entre los meses de diciembre y marzo de cada año.

Figura 1. Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador (212.638,81 Ha).



En el estudio se aplican herramientas informáticas de obtención de datos como el SIG y ESA. Así como de procesamiento de datos referentes a aspectos físicos e hidrológicos, para un análisis completo y preciso del fenómeno de estudio.

Procedimiento para la selección de la información

Se obtuvieron imágenes de la base de datos ESA CCI LC, la cual contiene datos continuos de 23 años contados en el periodo de 1992 al 2015, con una resolución de 30m. Esta herramienta fue desarrollada por el programa Iniciativa de Cambio Climático (CCI), el cual tiene como objetivo crear servicios de cobertura terrestre con la precisión necesaria para ajustar modelos climáticos. La herramienta emplea el sistema de coordenadas geográficas (GCS), basado en la referencia del Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS84) elipsoide.

También se tomaron imágenes del sistema orbital Landsat el cual es un grupo de siete satélites de alta precisión que capturan fotos documentales de la superficie terrestre con fines académicos y científicos. Tiene una resolución de 30m, lo que la convierte en una herramienta de alta confiabilidad y precisión de imágenes para control y monitoreo del suelo. El proyecto Landsat está auspiciado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos de América (NASA), la cual hace contribuciones por medio de los sitios web Earth Observatory, Visible Earth y Landsat Science.

Otra de las herramientas de imágenes utilizadas fue proporcionada por el programa Sentinel, desarrollado por la ESA, que consiste en la captura de imagen de alto espectro y precisión para monitoreo del suelo y el agua. Este programa está compuesto por siete misiones las cuales, entre otros objetivos, tiene como finalidad obtener imágenes ópticas de una precisión de 10 m para servicios terrestres como: monitorización de la vegetación, cobertura del suelo y agua.

Clasificación de imágenes

La clasificación de imágenes tuvo como objetivo categorizar los píxeles de una o más imágenes, en una sola para que sean aplicables en diferentes temáticas. Esta rama de la teledetección puede dividirse en dos grupos más importantes:

- Clasificación supervisada tiene como particularidad de ser puntual y reproducible por otros, con categorías específicas en dependencia al marco de estudio.
- Clasificación no supervisada, no tiene categorías específicas de clasificación, por lo que se basa en técnicas de semejanza de píxeles.

Los datos para la clasificación de imágenes fueron tomados del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés). Esta es una herramienta en tiempo real que permitió el monitoreo global de vegetación de acuerdo a los diferentes enfoques, desde el control de cultivos y zonas fértiles, hasta la predicción de incendios forestales para su prevención. Se calculó mediante la Ec.1. Para este estudio se realizó una clasificación supervisada cuyos datos de imagen sirvieron para obtener mapas de Land Use and Land Cover (LULC).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Donde, NIR corresponde a las imágenes obtenidas con el infrarrojo cercano, mientras que, RED corresponde a las del rojo visible. El procesamiento de estos datos fue realizado por medio de la aplicación de tres algoritmos que se detallan a continuación:

- Maximum Likelihood Estimation o Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE) que es un medio de inferencia estadística para estimar parámetros de probabilidad asumida a partir de datos observados. Se fundamenta en el nivel de semejanza de datos a través de su distribución probabilística.
- Minimum Distance Classifier o Clasificador de Distancia Mínima, como su nombre lo indica, tiene como objetivo disminuir los datos de imagen en espacios de características variables. Se utilizan para clasificar datos de imagen desconocidos.
- Spectral Angle Mapper o Mapeador de Mapeador de Ángulos Espectrales (SAM), el cual tiene su fundamento en un ángulo n-D que deben hacerse coincidir con los espectros de referencia. Tiene como objetivo determinar la similitud de dos espectros comparándolos por medio de sus ángulos convertidos en vectores.

Evaluación de la precisión

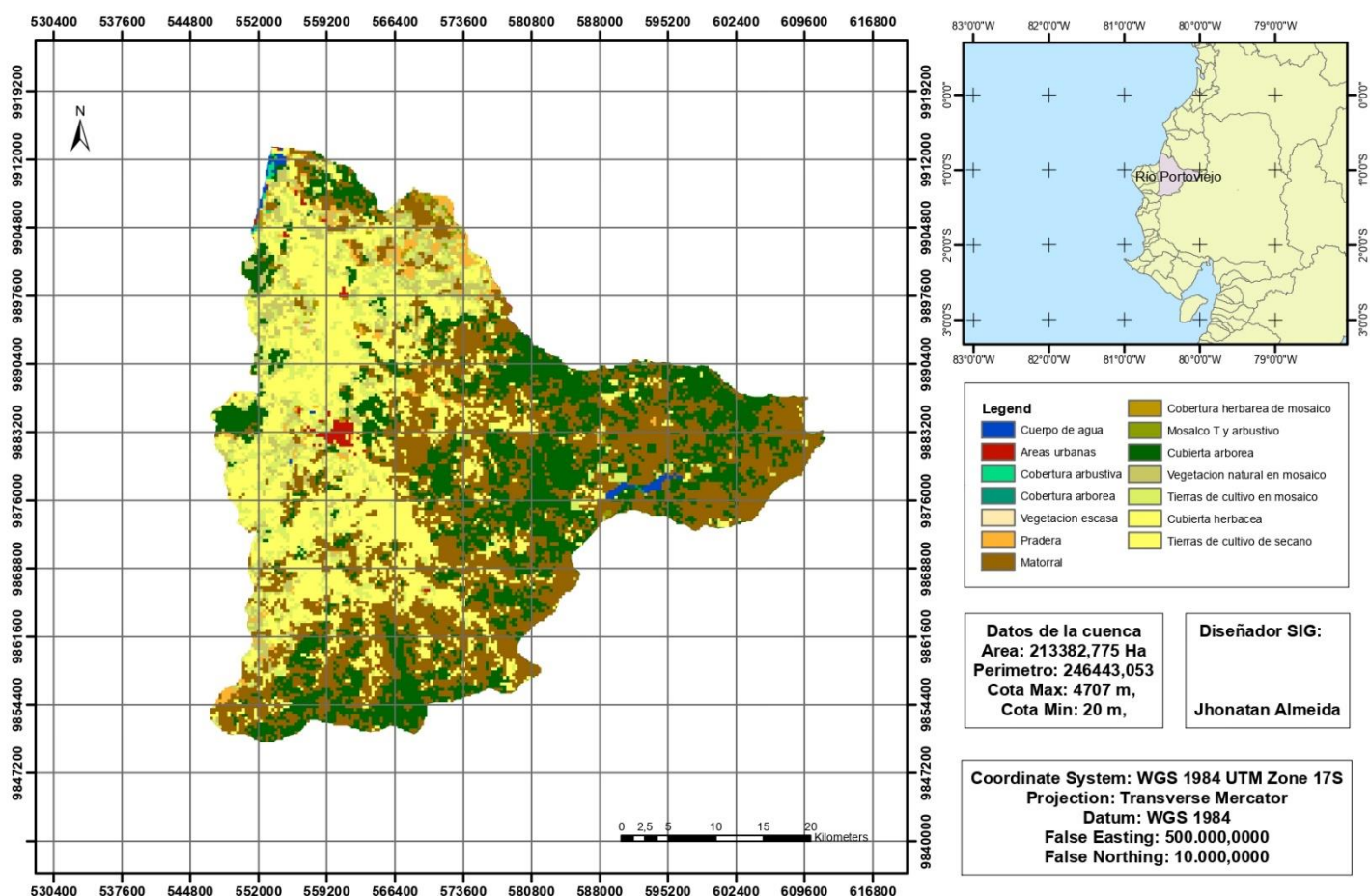
Es un procedimiento sustancial en los estudios de clasificación de imagen. En inglés es denominado como Accuracy Assessment. Tiene como objetivo comparar datos de imagen observados con datos reales o que se consideren precisos. Esta evaluación se puede dar con visitas de campo al lugar de estudio. Como herramienta de esta evaluación se calcularon los siguientes criterios:

- Precisión total, que permite identificar de todos los sitios de referencia, cuales se mapan correctamente.
- Coeficiente Kappa, utilizado para ajustar el efecto del azar en la proporción de concordancia en una variable categórica. En este caso en particular, evalúa el desempeño de la clasificación ante la asignación de valores al azar.
- User's Accuracy o Precisión de Usuario, que es la precisión desde el punto de vista de un usuario de mapas previamente creado. Se calcula tomando en cuenta el número de clasificaciones correctas para una clase en particular, entre la cantidad total de clasificaciones de la clase.
- Producer's Accuracy o Precisión del productor, que es la presión del mapa desde el punto de vista de quién lo crea. Es la cantidad de veces con las que las características del suelo mapeado, se muestran correctamente en el mapa clasificado.

RESULTADOS

Se pudieron evidenciar los resultados a través de la Agencia Espacial Europea (ESA CCI LC), producto que toma muchas fuentes de imágenes satelitales de la cobertura terrestre del área de estudio de los años 1992 y 2015 (Figura 2), permiten observar los cambios en la cobertura vegetal en los años seleccionados para este estudio. Con ellas, se logró calcular el porcentaje de la cobertura vegetal y uso del suelo en las cuencas seleccionadas, que muestra la Figura 3 y así facilitar el análisis de los cambios de un año al otro.

Figura 2. Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador Año 1992

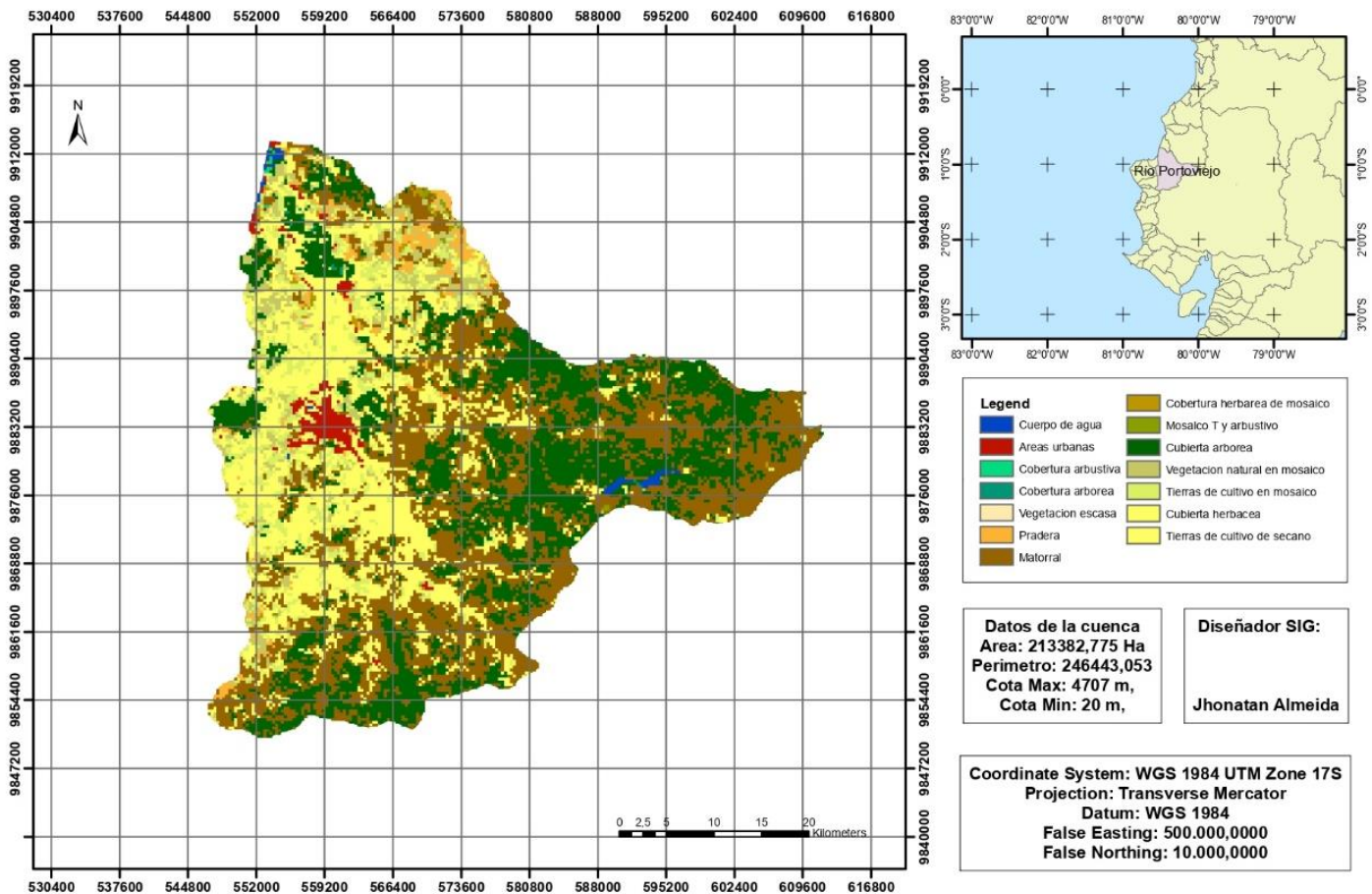


ESA CCILC 1992

Nombre	Area Porcentaje
Vegetacion escasa	0,014
Cobertura arborea	0,014
Cobertura arbustiva	0,027
Mosalco T y arbustivo	0,2771
Cobertura herbarea de mosaico	0,29
Cuerpo de agua	0,322
Áreas urbanas	0,486
Pradera	1,457
Cubierta herbacea	4,153
Vegetacion natural en mosaico	5,279
Tierras de cultivo en mosaico	8,124
Tierras de cultivo de secano	21,332
Cubierta arborea	24,301
Matorral	34,622

Fuente: ESA-CCI-LC (1992)

Figura 3.Cuenca del río Portoviejo, Manabí-Ecuador Año 2015



ESA CCILC 2015

Nombre	Area Porcentaje
Vegetacion escasa	0,014
Cobertura arborea	0,027
Cobertura arbustiva	0,073
Mosalco T y arbustivo	0,268
Cobertura herbarea de mosaico	0,318
Cuerpo de agua	0,322
Areas urbanas	1,471
Pradera	1,875
Cubierta herbacea	4,08
Vegetacion natural en mosaico	4,843
Tierras de cultivo en mosaico	7,044
Tierras de cultivo de secano	20,062
Cubierta arborea	26,625
Matorral	33,674

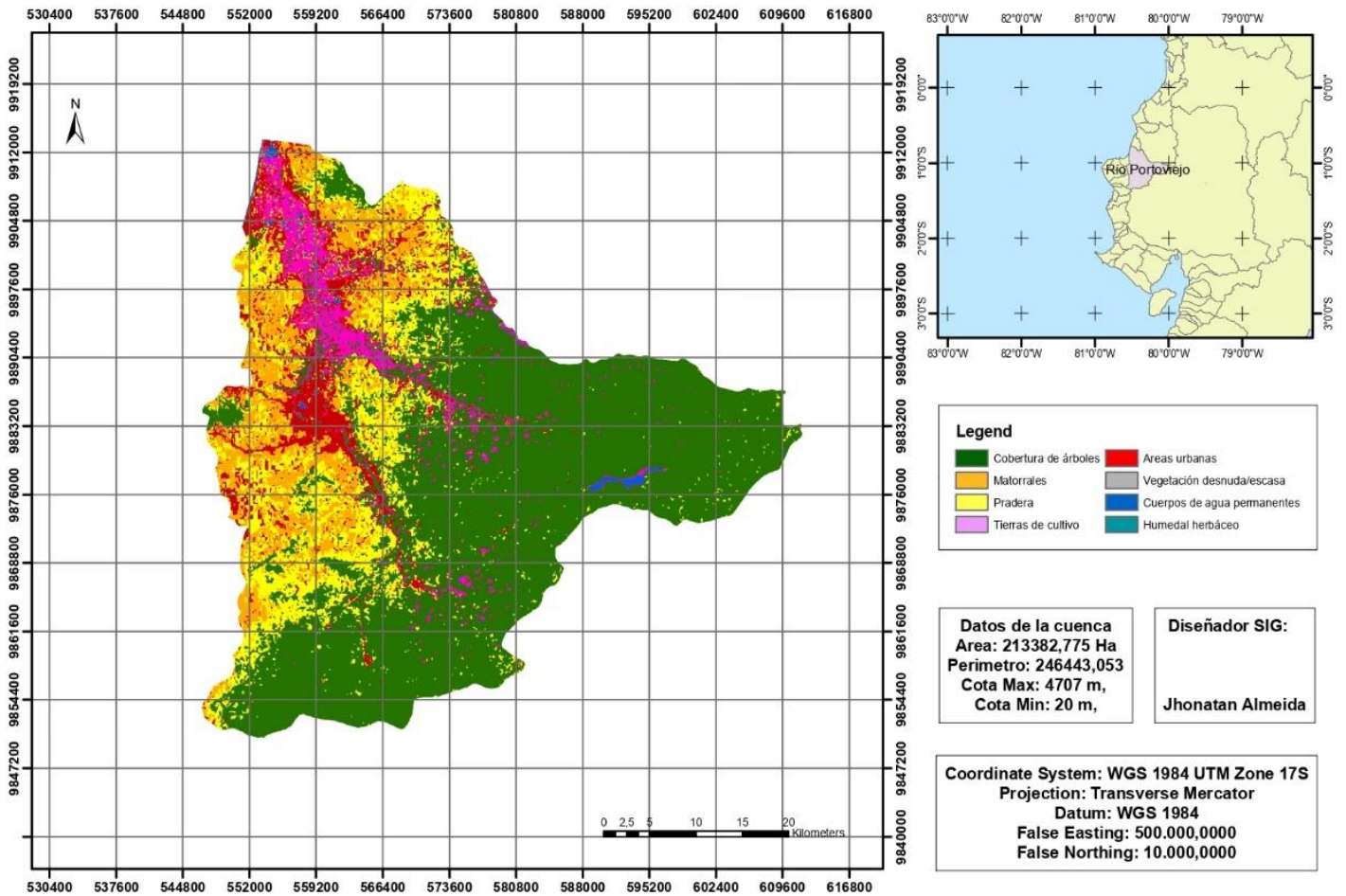
Fuente: ESA-CCI-LC (2015)

Los cambios en el uso de tierra en la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador, fueron pocos, por lo que a continuación se detallan los más significativos. Las imágenes permitieron observar cambios notorios en área urbanas, las cuales pasaron de 0.486% a 1.471%, que representa un incremento del 200%. Esto puede ser un indicador de posible contaminación en la actualidad o en años futuros. Las tierras de cultivo pasaron de ocupar el 8.124% al 7.044%, lo que corresponde una disminución del 15.33%.

La cubierta arbórea de hoja ancha incrementó en 9.56%, ya que pasó de representar un 24.301% a un 26.625% de la cobertura del suelo en la cuenca. Las tierras de cultivo pasaron de ocupar un 21.332% al 20.062% que corresponde a una disminución del 6%. Ya en menor incidencia, una disminución del 2.8% están el suelo ocupado por matorrales que pasaron del 34.622% al 33.674%. Los cambios fueron mínimos en materia vegetal, sin embargo, resulta de gran preocupación el crecimiento acelerado de las zonas urbanas que puede terminar retirar gran parte de la cobertura vegetal natural.

Para analizar las imágenes Landsat obtenidas de la cuenca del río Portoviejo, se continuó a reclasificar para estimar los alcances de los cambios significativos en el uso de la tierra en la cuenca del río Portoviejo que pueden tener para la escorrentía y la infiltración, las cuales se muestran en la **Figura 4**.

Figura 4. Imágenes Landsat de la cuenca del río Portoviejo 2015



LANSAT 2015

Nombre	Area Porcentaje
Cobertura de árboles	57,47
Matorrales	11,36
Pradera	16,17
Tierras de cultivo	5,65
Areas urbanas	5,03
Vegetación desnuda/escasa	2,91
Cuerpos de agua permanente	0,53
Humedal herbáceo	0,84

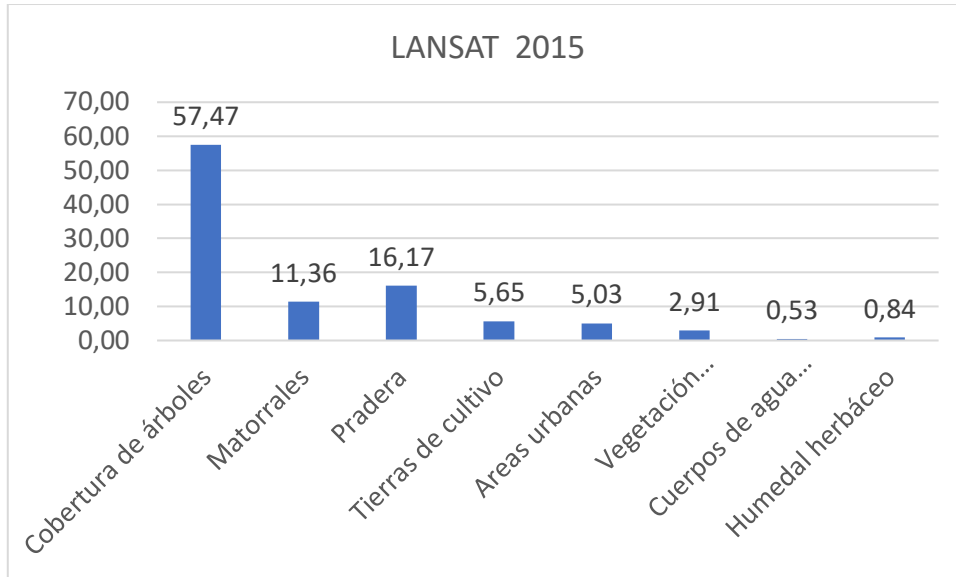
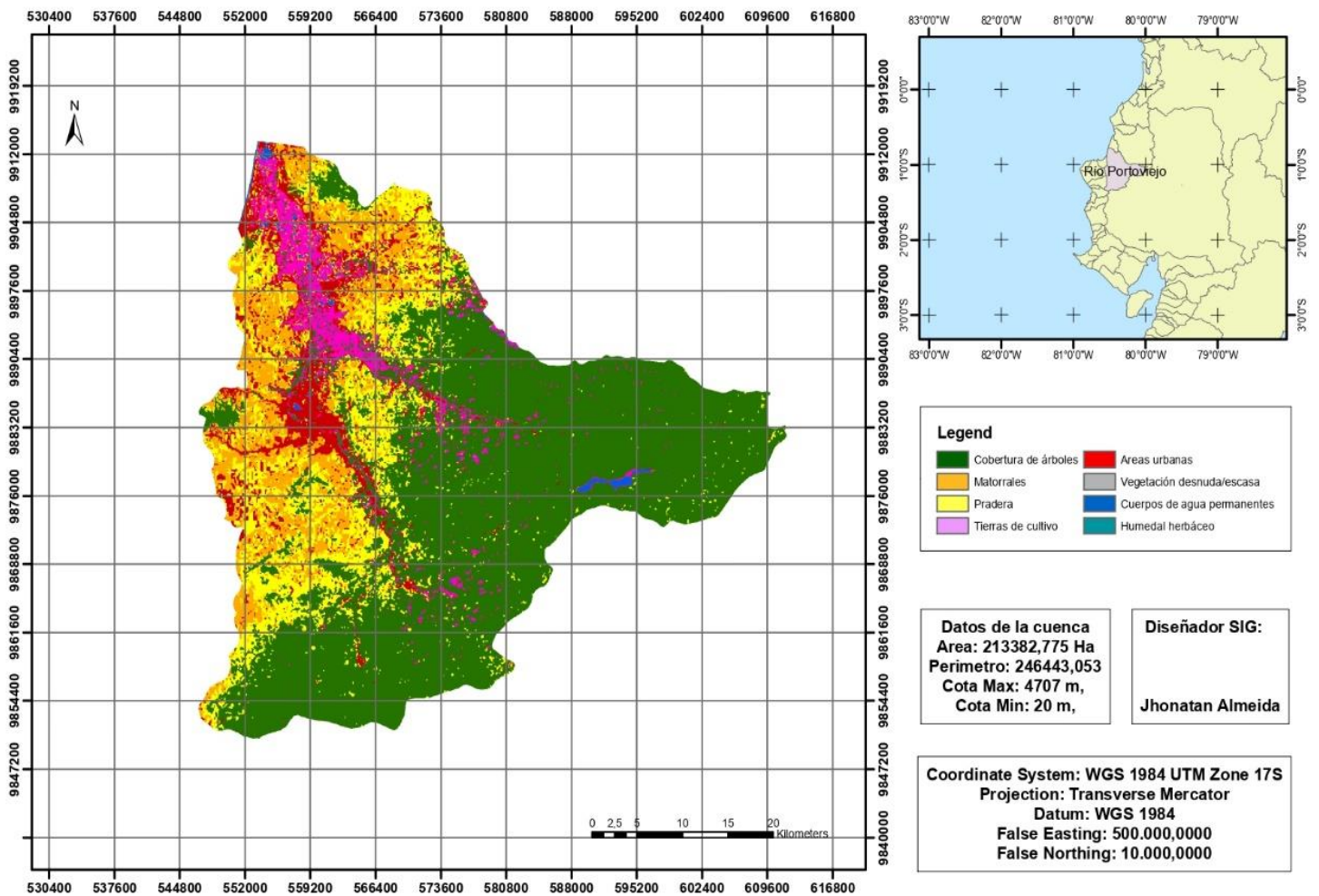


Figura 5. Imágenes Landsat de la cuenca del río Portoviejo 2020



LANSAT 2020	
Nombre	Area Porcentaje
Cobertura de árboles	55,35
Matorrales	10,36
Pradera	15,97
Tierras de cultivo	6,65
Areas urbanas	9,12
Vegetación desnuda/escasa	1,45
Cuerpos de agua permanente	0,42
Humedal herbáceo	0,74

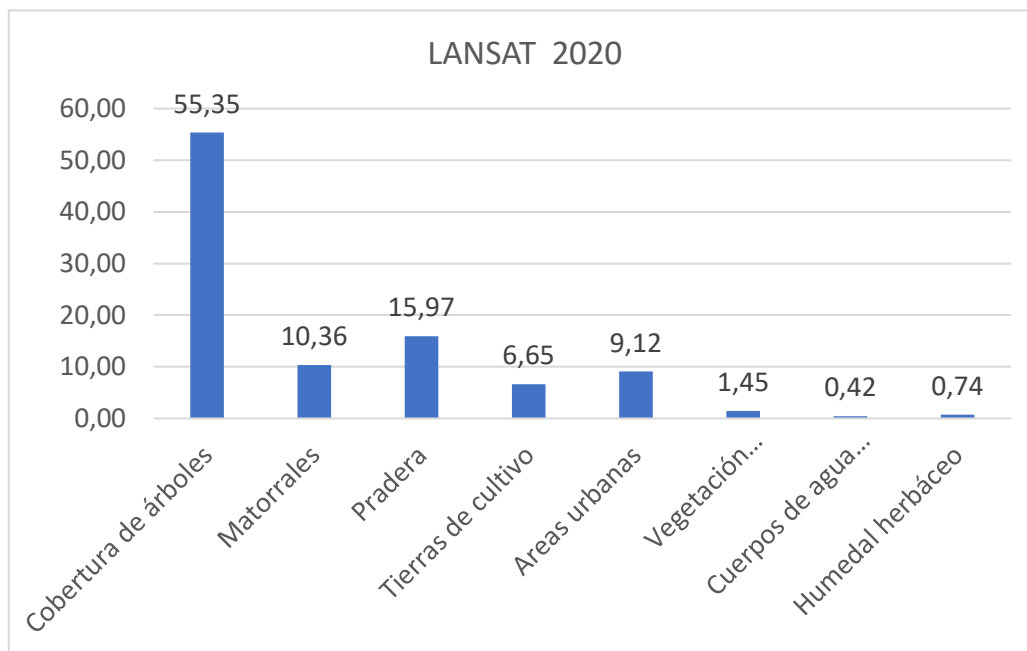
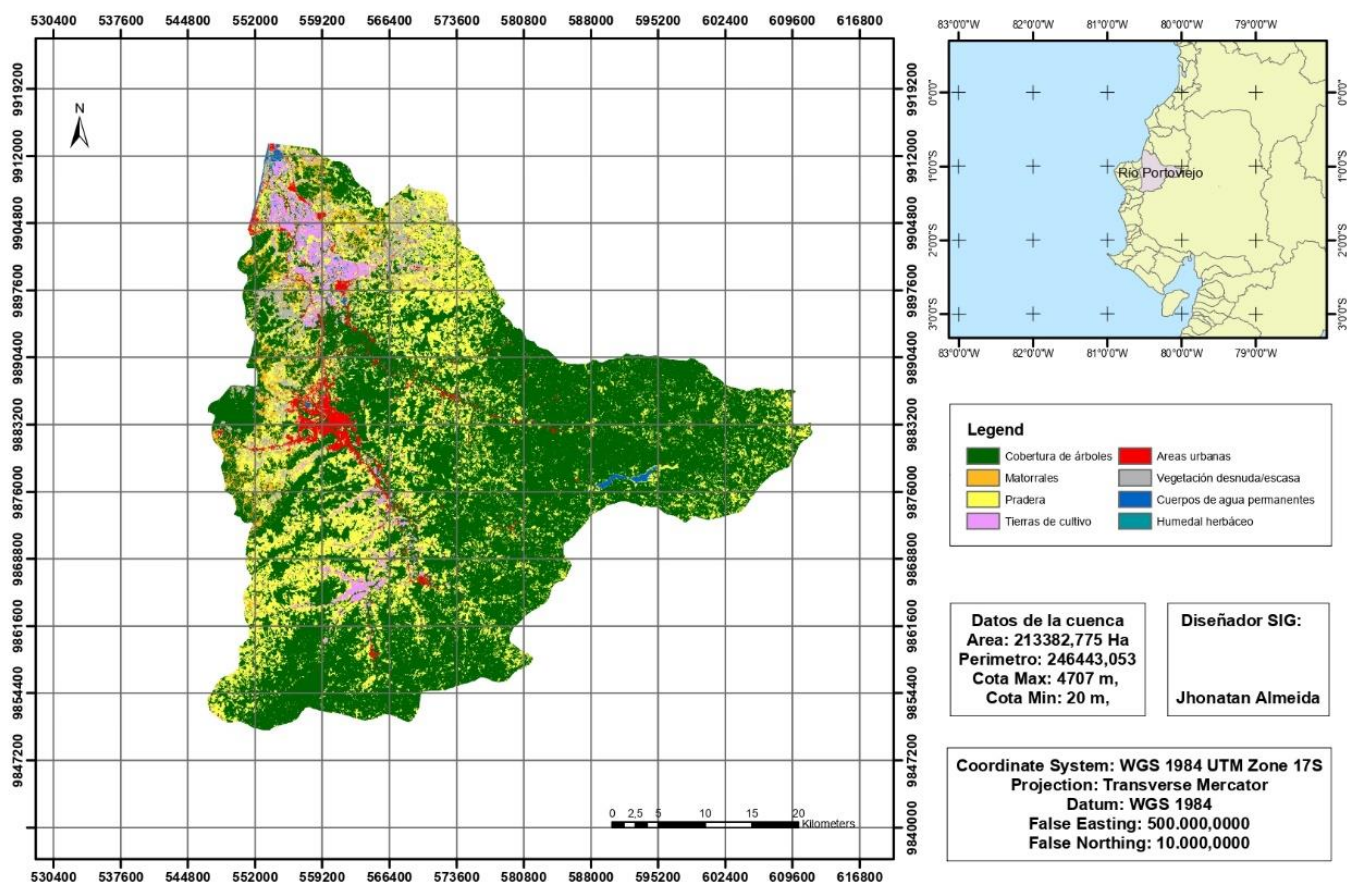


Figura 6. Imágenes Sentinel de la cuenca del río Portoviejo 2015



SENTINEL 2015

Nombre	Area Porcentaje
Cobertura de árboles	62,28
Matorrales	2,95
Pradera	23,69
Tierras de cultivo	3,04
Áreas urbanas	2,53
Vegetación desnuda/escasa	5,00
Cuerpos de agua permanent	0,30
Humedal herbáceo	0,21

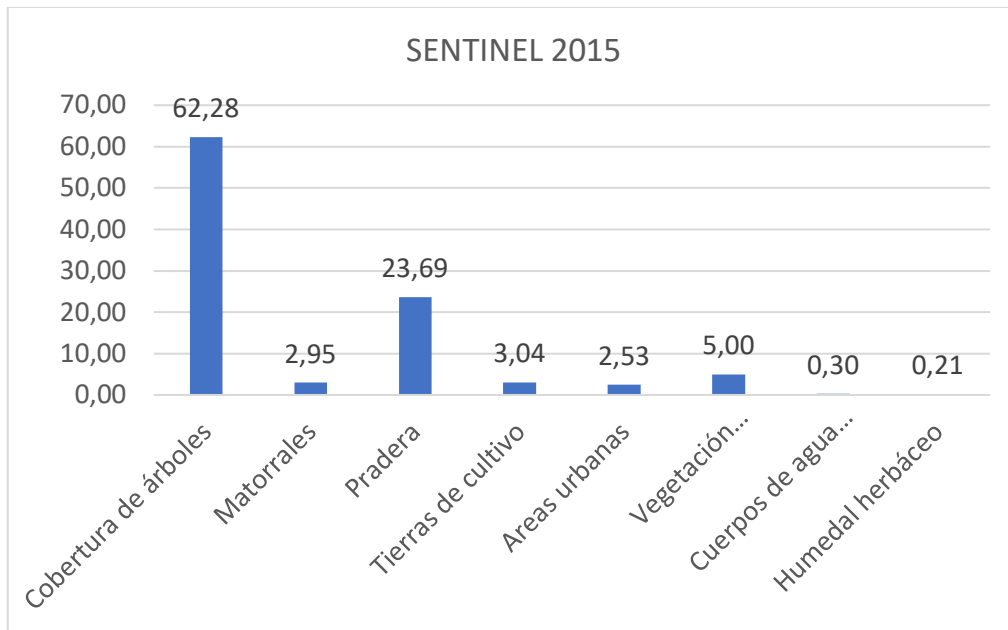
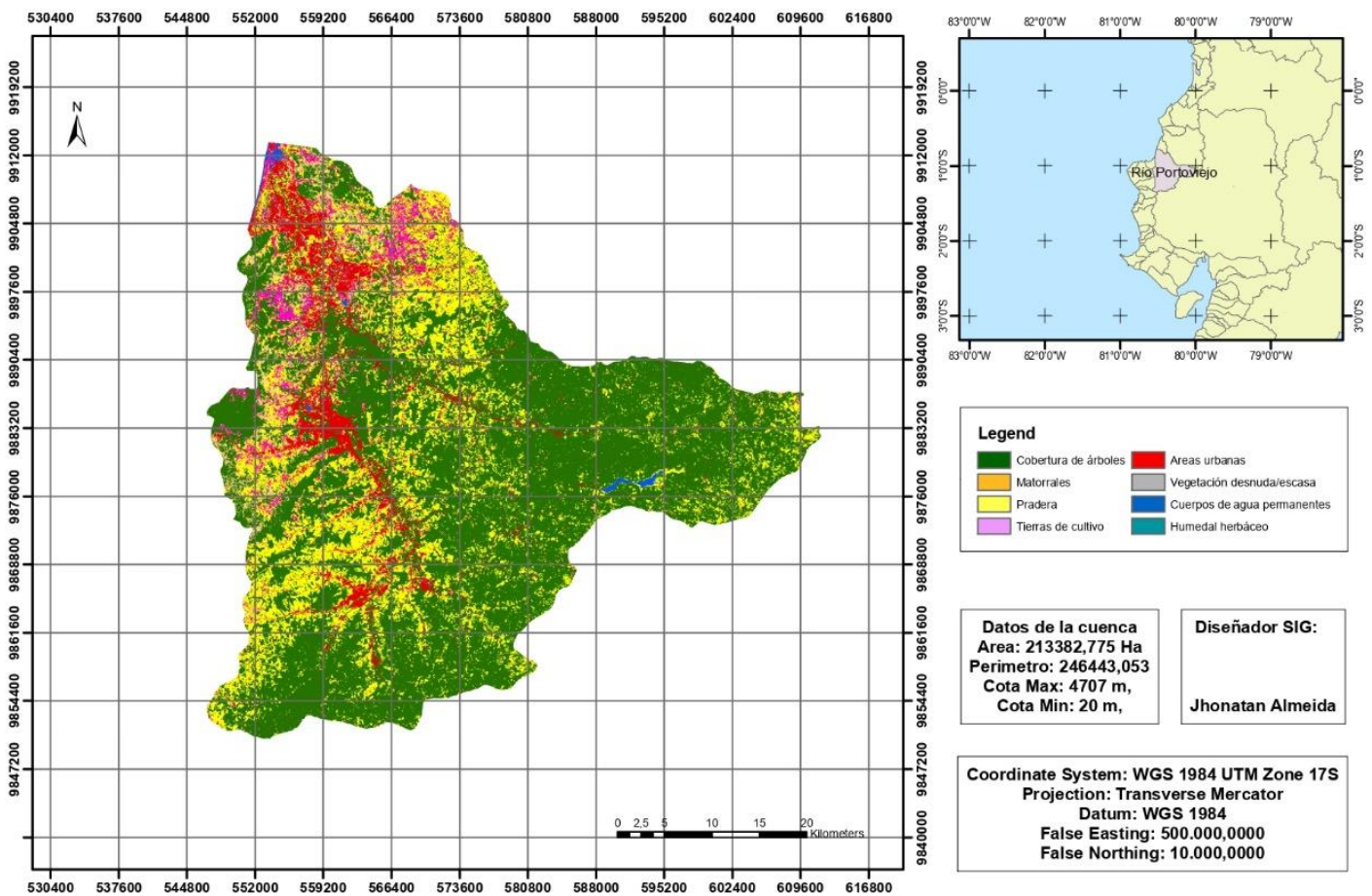
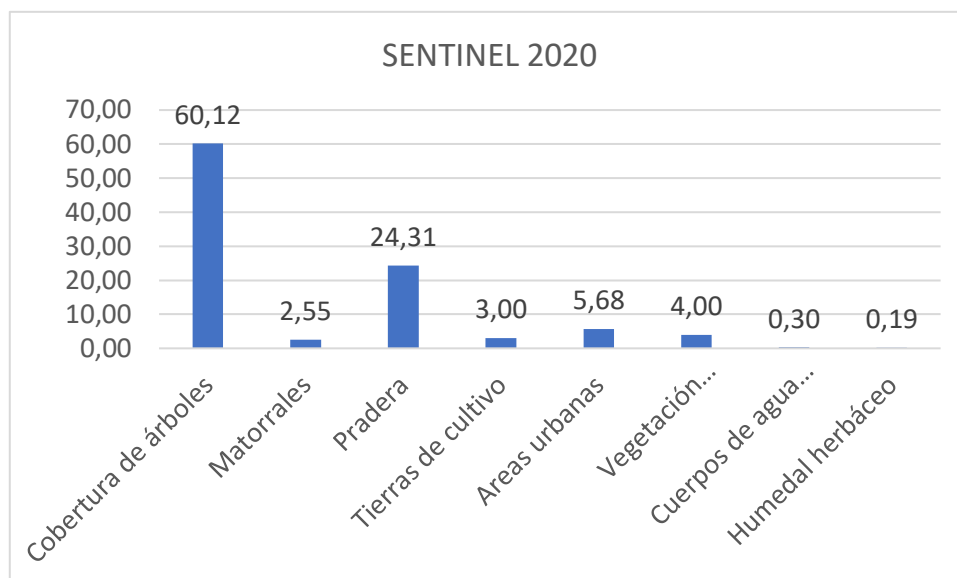


Figura 7. Imágenes Sentinel de la cuenca del río Portoviejo 2020



SENTINEL 2020	
Nombre	Area Porcentaje
Cobertura de árboles	60,12
Matorrales	2,55
Pradera	24,31
Tierras de cultivo	3,00
Areas urbanas	5,68
Vegetación desnuda/escasa	4,00
Cuerpos de agua permanentes	0,30
Humedal herbáceo	0,19



Las imágenes obtenidas del proyecto Landsat, tienen la particularidad que, de acuerdo a las condiciones climáticas, pueden presentar una cobertura nubosa que impide la visibilidad y el análisis de la zona de estudio. Sin embargo, el sistema cuenta con una base de datos colaborativa, la cual permite obtener imágenes más limpias, a través de la obtención de datos de otras bases y sus cambios a través del tiempo.

La obtención de una imagen sin cobertura nubosa, permitió un análisis crítico de los cambios en el uso del suelo de la cuenca del río Portoviejo. Cabe destacar que, a pesar de que las comparaciones de imágenes se hicieron en un intervalo de tiempo más corto que las figuras mostradas anteriormente, se observa un cambio en el verdor de la cobertura que pudiera estar ligado a la disminución de cobertura natural y a la inserción de sembrío nuevos.

La mayor parte de los cambios se observan en la zona alta de la cuenca, la cual está compuesta, principalmente, por el embalse de Poza Honda. La calidad del suelo que bordea el embalse, tiene efectos sustanciales sobre la cantidad y calidad del agua que se mantiene represada. De cierto modo, el hecho de que disminuya la cobertura de vegetación natural en los alrededores del embalse, es un fuerte indicador de posible disminución de caudal en el embalse y un agua de menor calidad para los próximos años en el río Portoviejo.

En donde las imágenes satelitales seleccionadas, permitió conocer interpretaciones numéricas clave (cuantificación), que representan los atributos espectrales de cambios en el uso del suelo ocurridos a lo largo del período de años 1992–2015 en la cuenca del río Portoviejo. La cuantificación evidenció una pérdida de cobertura vegetal superior al 9% y un incremento de las zonas urbanas del 8.7% anual.

Al contrastar la precisión de los resultados obtenidos en el post-procesamiento y los resultados de LULC se observó la particularidad que de acuerdo a las condiciones climáticas se presenta cobertura nubosa que impide la visibilidad y el análisis de la zona de forma más clara. Por otro lado, las imágenes de LULC se presentan sin cobertura nubosa lo que le permitió obtener imágenes más claras y que la mayor parte de los cambios se observan en la zona alta de la cuenca.

Analysis - Accuracy assessment results

Response design state: 397/397 samples labeled

The screenshot displays the QGIS desktop environment. The main map window shows a satellite image of a watershed area with a LULC (Land Use/Land Cover) classification overlaid. The legend on the left lists the following categories: 1-Cobertura de árboles (green), 2-Matorrales (yellow), 3-Pradera (orange), 4-Tierras de cultivo (red), 5-Areas urbanas (purple), 6-Vegetación desnuda/escasa (brown), 8-Cuerpos de agua permanentes (blue), and 9-Humedal herbáceo (light green). The A&cATaMa interface on the right is in the 'Response design' state, showing 'stratified sampling' as the selected sampling file and 'Stratified estimator' as the chosen estimator. The status indicates 'Labeling completed (397/397)'. The bottom status bar shows the map's coordinates (507,488 m, 576111 9886909) and scale (1:465046).

1) Error matrix:

Thematic map classes		Validation								Total	User accuracy	Total class area (ha)	Wi
		10 (Cobertura de árboles)	20 (Matorrales)	30 (Pradera)	40 (Tierras de cultivo)	50 (Áreas urbanas)	60 (Vegetación desnuda/escasa)	80 (Cuerpos de agua permanentes)	90 (Humedal herbáceo)				
Thematic map classes	10	237	2	0	5	1	1	1	0	247	0.95951	133897.90459	0.62278
	20	1	11	0	0	0	0	0	0	12	0.91667	6345.87201	0.02952
	30	5	0	78	6	1	4	0	0	94	0.82979	50935.34417	0.23691
	40	0	0	0	12	0	0	0	0	12	1.0	6540.69364	0.03042
	50	0	0	0	1	9	0	0	0	10	0.9	5435.39349	0.02528
	60	0	0	0	1	0	19	0	0	20	0.95	10748.35546	0.04999
	80	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.0	646.96718	0.00301
	90	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.0	448.514	0.00209
Total	243	13	78	25	11	24	2	1	397		214999.04456		
Producer accuracy	0.97542	0.8429	1.0	0.48152	0.81861	0.79029	0.5441	1.0					

2) Accuracy:

Overall:

Overall Accuracy	Standard deviation
0.92697	-

User:

	User's accuracy	Standard deviation
10 (Cobertura de árboles)	0.95951	0.01257
20 (Matorrales)	0.91667	0.08333
30 (Pradera)	0.82979	0.03897
40 (Tierras de cultivo)	1.0	0.0
50 (Áreas urbanas)	0.9	0.1
60 (Vegetación desnuda/escasa)	0.95	0.05
80 (Cuerpos de agua permanentes)	1.0	-
90 (Humedal herbáceo)	1.0	-

Producer:

	Producer's accuracy	Standard deviation
10 (Cobertura de árboles)	0.97542	-
20 (Matorrales)	0.8429	-
30 (Pradera)	1.0	-
40 (Tierras de cultivo)	0.48152	-
50 (Áreas urbanas)	0.81861	-
60 (Vegetación desnuda/escasa)	0.79029	-
80 (Cuerpos de agua permanentes)	0.5441	-
90 (Humedal herbáceo)	1.0	-

2b) Accuracy matrix of estimated area proportion:

User:

		Validation							
		10 (Cobertura de árboles)	20 (Matorrales)	30 (Pradera)	40 (Tierras de cultivo)	50 (Áreas urbanas)	60 (Vegetación desnuda/escasa)	80 (Cuerpos de agua permanentes)	90 (Humedal herbáceo)
Thematic map classes	10	0.95951	0.0081	-	0.02024	0.00405	0.00405	0.00405	-
	20	0.08333	0.91667	-	-	-	-	-	-
	30	0.05319	-	0.82979	0.06383	0.01064	0.04255	-	-
	40	-	-	-	1.0	-	-	-	-
	50	-	-	-	0.1	0.9	-	-	-
	60	-	-	-	0.05	-	0.95	-	-
	80	-	-	-	-	-	-	1.0	-
	90	-	-	-	-	-	-	-	1.0

Producer:

		Validation							
		10 (Cobertura de árboles)	20 (Matorrales)	30 (Pradera)	40 (Tierras de cultivo)	50 (Áreas urbanas)	60 (Vegetación desnuda/escasa)	80 (Cuerpos de agua permanentes)	90 (Humedal herbáceo)
Thematic map classes	10	0.97542	0.1571	-	0.19954	0.09072	0.04196	0.4559	-
	20	0.00401	0.8429	-	-	-	-	-	-
	30	0.02057	-	1.0	0.23935	0.09068	0.16775	-	-
	40	-	-	-	0.48152	-	-	-	-
	50	-	-	-	0.04002	0.81861	-	-	-
	60	-	-	-	0.03956	-	0.79029	-	-
	80	-	-	-	-	-	-	0.5441	-
	90	-	-	-	-	-	-	-	1.0

4) Quadratic error matrix of estimated area proportion:

		Validation							
		10 (Cobertura de árboles)	20 (Matorrales)	30 (Pradera)	40 (Tierras de cultivo)	50 (Áreas urbanas)	60 (Vegetación desnuda/escasa)	80 (Cuerpos de agua permanentes)	90 (Humedal herbáceo)
Thematic map classes	10	6e-05	1e-05	-	3e-05	1e-05	1e-05	1e-05	-
	20	1e-05	1e-05	-	-	-	-	-	-
	30	3e-05	-	9e-05	4e-05	1e-05	2e-05	-	-
	40	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	1e-05	1e-05	-	-	-
	60	-	-	-	1e-05	-	1e-05	-	-
	80	-	-	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-	-	-
total		0.00988	0.00433	0.00923	0.00894	0.00437	0.0061	0.00252	0.0

5) Class area adjusted:

	Area adjusted (ha)	Error	Lower limit	Upper limit
10 (Cobertura de árboles)	131715.08628	2125.03559	127677.51865	135752.6539
20 (Matorrales)	6901.2429	930.05488	5134.13864	8668.34717
30 (Pradera)	42265.49836	1984.98491	38494.02703	46036.96969
40 (Tierras de cultivo)	13583.32684	1922.68006	9930.23472	17236.41896
50 (Áreas urbanas)	5975.81629	939.6393	4190.50162	7761.13096
60 (Vegetación desnuda/escasa)	12920.49592	1311.21046	10429.19605	15411.7958
80 (Cuerpos de agua permanentes)	1189.06396	542.09678	159.08008	2219.04784
90 (Humedal herbáceo)	448.514	0.0	448.514	448.514
total	214999.04456			

Settings

Como dato a conocer podemos definir que nuestra EXACTITUD (ACCURACY) es de 0.92697 lo cual es un valor alto en función a nuestra precisión del análisis de la cobertura de suelo y análisis de cada uno de los parámetros de análisis. Mediante el análisis de la clasificación supervisada mediante el complemento DZETSAKA.

Mediante la aplicación de las bandas de imagen satelital y definición mediante estudio de identificación de la zona de estudio.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos para dar cumplimiento al objetivo específico “realizar el pre-procesamiento de imágenes satelitales Landsat y Sentinel para el área de estudio de acuerdo a la disponibilidad de datos”, las imágenes permitieron observar cambios notorios en áreas urbanas, las cuales pasaron de 0.486% a 1.471%, lo que es un indicador de contaminación en la actualidad. Por este motivo, Pinargote (2018) expresa pese a que se han establecido estrategias para mantener la fauna del bosque protector de los alrededores de Poza Honda, las actividades agrícolas no cesan, amenazando la biodiversidad de la zona.

Por otro lado, en el “Proyecto de Generación del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental denotan que en el año 2013 - 2014 los usos de suelo más destacados fueron una cobertura vegetal como bosque nativo, plantaciones forestales; mientras que en la cobertura agropecuaria se destacan las zonas agropecuarias y vegetación arbustiva/herbácea; y finalmente zonas antrópicas y en menor cobertura se evidencian cuerpos de agua (MAGAP, 2015).

Las imágenes Landsat, permitieron observar cambios principalmente en la parte alta de la cuenca. Esto pudo haber sido ocasionado por los cambios de suelo en la zona circundante al embalse de Poza Honda. Estas zonas se caracterizan principalmente porque son poblaciones campesinas de gran actividad agrícola, por lo que, con los resultados de ocupación de suelo, es claro que ciertas zonas se están aprovechando para sistemas monocultivos.

En el estudio reportado por Villao *et al.*, (2021) manifiestan que el componente Suelo es solo uno de los componentes dentro de la demarcación hidrográfica, su importancia radica en que los demás componentes de la cuenca se encuentran asentados sobre el mismo, por lo tanto, la degradación del suelo viene siendo uno de los problemas principales que si no se toma en consideración podría generar serios problemas en la cuenca. En un estudio reciente, Rosero (2021) explica que, todas las raíces que se encuentran en la cuenca de un río, sujetan la superficie para que esta no se desplace por efecto de la caída del agua de lluvia.

De acuerdo a las imágenes de Landsat y Sentinel se determinaron los cambios en el uso del suelo y cobertura de la cuenca del río Portoviejo, presentan cambios significativos en los años 2013 y 2021 respectivamente. En este sentido, la cuenca del río Portoviejo en el año 2013 presentó diversidad en cobertura y uso del suelo como: bosque húmedo, pasto bosque, pasto

natural, entre otros; mientras que en el año 2021 únicamente se muestra una cobertura con uso agropecuario.

En el presente estudio, la cubierta arbórea de hoja ancha incrementó en 9.56%, ya que pasó de representar un 24.301% a un 26.625% de la cobertura del suelo en la cuenca. Las tierras de cultivo ocupan 20.062%, lo que corresponde a una disminución del 6%. Los cambios en materia vegetal fueron mínimos, sin embargo, se comparan con los datos registrados por Mendoza *et al.* (2021) determinando que en los mapas de cobertura de suelo con base en imágenes Landsat, el cultivo de secano se incrementó 7.70%; la cubierta arbórea, de hoja ancha, siempre verde, cerrada para abrir (> 15%) disminuyó un 20.50%; la cubierta de matorral se incrementó en 10.40%; áreas desnudas disminuyeron en 0.11%, la variabilidad de los cuerpos de agua incrementa en 0.03%

Pese a que el 9% representa un valor bastante elevado de reforestación, en estudios como el de Loredó *et al.* (2020), reportaron un 32% de pérdida de vegetación lo cual constituye una destrucción de muchos hábitats y ecosistemas que rodean o rodeaban la cuenca. Sin embargo, estos niveles elevados de deforestación no siempre provocan cambios en los niveles de escorrentía que recibe el río, sino que más bien permiten una circulación mayor de agua (González *et al.* 2016).

Se puede ver que en estos últimos cuatro años el factor de uso y cobertura del suelo en Portoviejo ha sufrido una modificación importante en donde se nota que el crecimiento primario lo mantienen las labores o prácticas agrícolas y pecuarias. Es de mucha importancia mencionar que la expansión mayor de las prácticas agrícolas se ubica principalmente en las zonas de baja colina y colinado medio, así como los bajos y valles, esto se manifiesta con mayor intensidad en las parroquias de Calderón, San Plácido, Alajuela, Río Chico y Chirijos (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Portoviejo, 2015).

De este modo, es preciso mantener un control constante de los cambios de uso de suelo en las zonas de mayor afectación y de mayor impacto ambiental, de modo que permita mantener una estabilidad ecológica eficiente. Sin embargo, esto solo sería posible por medio de acuerdos y campañas de concientización con todos los actores que de una o cierta forma están inmersos en el deterioro de las cuencas y sus alrededores.

CONCLUSIONES

- Las imágenes satelitales Landsat y Sentinel de la ESA-CCI-LC permitieron observar los cambios en las transformaciones de cobertura y uso de la tierra que existió a través del tiempo en la cuenca del río Portoviejo. Estos cambios se dieron en áreas urbanas, las cuales pasaron de 0.486% a 1.471%, que representa un incremento del 200%, lo que puede ser un indicador de posible contaminación en la actualidad, de igual forma, las tierras de cultivo tuvieron una disminución del 15.33%.
- La clasificación supervisada de las imágenes satelitales seleccionadas, permitió conocer interpretaciones numéricas claves, es decir la cuantificación de cambios en el uso del suelo ocurridos a lo largo del período de años 1992–2015 en la cuenca del río Portoviejo. Lo que evidenció una pérdida de cobertura vegetal superior al 9% y un incremento poblacional del 8.7% anual.
- Al contrastar los resultados obtenidos entre los mapas de cobertura de suelo, las imágenes obtenidas de Landsat tienen la particularidad que, de acuerdo a las condiciones climáticas presentan una cobertura nubosa que impide la visibilidad y el análisis de la zona, sin embargo, el sistema cuenta con una base de datos colaborativa, lo que permitió obtener imágenes más claras. La obtención de imágenes sin cobertura nubosa permitió un análisis crítico de los cambios en el uso del suelo de la cuenca del río Portoviejo, lo que evidenció una pérdida de cobertura vegetal superior al 9% y un incremento poblacional del 8.7% anual y que la mayor parte de los cambios se observan en la zona alta de la cuenca, la cual está compuesta, principalmente, por el embalse de Poza Honda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assefa, S., Kessler, A., & Fleskens, L. (2021). Exploración de la toma de decisiones en la gestión de cuencas basada en campañas mediante el uso de un juego de rol en el distrito de Boset, Etiopía. *Sistemas Agrícolas*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X21000779>
- Cartaya, S. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- De La Cruz Vega, S., Mendoza, C., Sánchez, J., Pezo, A., Ascoy, K., Gonzales, T. y Mejía, C. (2022). Hidrología. Capítulo 5. Delimitación de una cuenca con ArcGIS. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, Ciudad de México, México. ISN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo- abril, 2022, Volumen 6, Número 2.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1906 p 559
- Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Portoviejo (2015). Diagnóstico por componentes ambiental socio cultural económico institucional y diagnóstico integrado. Consultoría para la Actualización del Plan de Desarrollo del Cantón Portoviejo 2014-2019. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1360000200001_FASE%201%20DIAGNOSTICO%20PDGAD%20PORTOVIEJO_06-04-2016_11-10-05.pdf
- González, A., Álvarez, P., González, M., & Aguirre, Z. (2016). Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador. *CEDAMAZ* 6(1), 1-10. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/administrador,+61-210-1-CE.pdf
- Guaillas, M. 2015. Análisis de cambios de usos de suelo multitemporal en el Cantón Cuenca. Universidad del Azuay. Cuenca - Ecuador.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4935/1/11374.pdf>
- Idrovo, B., González, I. y Guerrero, G. (2021). «Efecto del cambio del uso del suelo en la producción y retención de sedimentos: caso de una cuenca hidrográfica de montaña». *Revista Geoespacial* 18(1):49-61. doi: 10.24133/geoespacial.v18i1.2213.

- Jaramillo, F., Wehncke, E., Flores, V., Pohle, O. & López, X. (2021). Enfoque regional de manejo integrado del agua en la microcuenca El Pantano, Morelos, México. *Economía, sociedad y territorio*. 21(65), 275-304. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212021000100275
- Klimach, A., Dawidowicz, A., & Żróbek, R. (2018). El sistema polaco de administración de tierras que apoya la buena gobernanza. *Política de uso de la tierra*. 79, 547-555. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718307300>
- Loredo, E., Gregorio, L., Valenzuela, C., Valencia, C., Jiménez, G., Castañeda, G., Reyes, H. y Mendoza, C. (2020). «Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas»: *Ecosistemas* 29(1):1826-1826. doi: 10.7818/ECOS.1826.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (2015). protocolo Metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra en Ecuador Continental 2013 - 2014, escala 1:100.000
- Medeiros, F., Lima, J., Silva, R., Pereira, S., Freitas, A., Lima, A., Lima, L., Silva, J. L., & Monte, A. (2019). Analysis of morphometric variables of river Espinharas hydrographic sub-basin using geographic information system. *Journal of Experimental Agriculture International*, 31(6), 1-18. Recuperado de <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v31i63008>
- Mendoza, M., Giler-Ormaza, A., Pimentel, R. & Aguilar, C. (2021). Evaluación del uso y cobertura del suelo en la cuenca río Chico. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Edición Especial (13). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351249422_Evaluacion_del_uso_y_cobertura_del_suelo_en_la_cuenca_rio_Chico
- Murugan, M., Selvaraj, R., & Nagarajan, S. (2022). Evaluación de la detección de cambios en la cobertura del suelo en imágenes satelitales multitemporales utilizando algoritmos de aprendizaje automático. *Sistemas Cognitivos y Procesamiento de Señales en Procesamiento de Imágenes*. *Ciencia de datos cognitiva en informática sostenible*. 27-45. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128244104000064>

- Pinargote, R. (2018). «Conservación de la fauna silvestre en el bosque protector Poza Honda, Santa Ana.». Tesis de Pregrado
- Prasai, R., Wayne, S., Mainali, K., Mathewson, H., Kafley, H., Thapa, S., Adhikari, D., & Drake, J. (2021). Aplicación de la API Python del motor de Google Earth y las imágenes NAIP para el uso de la tierra y la clasificación de la cubierta terrestre: un estudio de caso en Florida, EE. UU. *Informática Ecológica*. 66. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S157495412100265X>
- Quesada, A. & Barrantes, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones geográficas*, (94) <https://doi.org/10.14350/rig.57318>
- Revueltas, J., Zabaleta, A., Mercado, T., y Aguirre, S. (2020). Cambios en el clima local y su efecto en la regulación hídrica en microcuencas del departamento del Magdalena, Norte de Colombia. *Información tecnológica*. 31(6), 193-206. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600193&script=sci_arttext
- Rodríguez, B., Caicedo, Toro., Intriago, Z., Giler, O. (2021). «Derivación de la constante de recesión de flujo base en tres microcuencas de la provincia de Manabí». *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores* 8(SPE2). doi: 10.46377/dilemas.v8i.2599.
- Rosero, C. (2021). «Estudio multitemporal de uso del suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Ambi, provincia Imbabura, Ecuador».
- Saing, Z., Djainal, H., & Deni, S. (2021). Determinación del equilibrio del uso de la tierra utilizando imágenes satelitales y un sistema de información geográfica: estudio de caso en la provincia de Sulawesi del Sur, Indonesia. *Geodesia y Geodinámica*. 12(2), 133-147. https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/pii/S1674984721000045?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc
- Sims, N., England, J., Newnham, G., Alexander, S., Green, C., Minelli, S., & Held, A. (2019). Desarrollar una guía de buenas prácticas para estimar la degradación de la tierra en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. *Ciencia y*

política Ambiental. 92, 349-355.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901118305768>

Skakun, S., Vermote, E., Santamaria, A., Rountree, W., & Roger, J. (2021). Un conjunto de datos experimentales de validación de nubes derivadas de imágenes del cielo para los satélites Sentinel-2 y Landsat 8 sobre NASA GSFC. *Revista internacional de observación terrestre aplicada y geoinformación*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243420308965>

Tan, M., Tew, Y., Pan, K., Samat, N., Shaharudin, S., Mahamud, M., & Tangang, F., (2021). Mejora de los mapas de cobertura terrestre de ESA CCI para el análisis del balance hídrico en regiones tropicales: un estudio de caso en la cuenca del río Muda, Malasia. *Revista de Hidrología: Estudios Regionales*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581821000665>

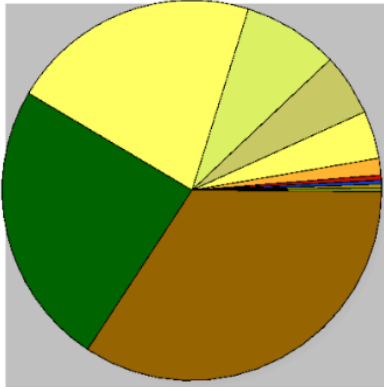
Villao, C., & Cabrera, E. (2021). Cuantificación de procesos erosivos en la Cuenca Portoviejo, propuesta para un modelo de gestión. *Ciencias técnicas y aplicadas. Artículo de investigación*. 7(5), 870-890. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-CuantificacionDeProcesosErosivosEnLaCuencaPortovie-8383872.pdf>

Zhicay, J. (2020). Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca*. 1-120. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Porcentajes del uso del suelo en la cuenca del río Portoviejo

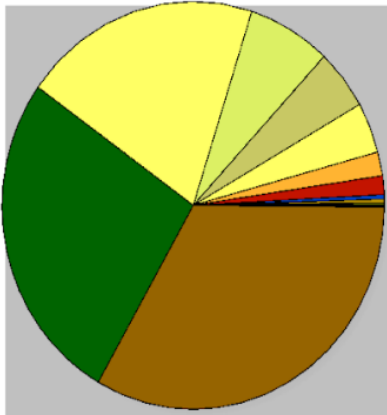
CUENCA DEL RIO PORTOVIEJO 1992



COBERTURA TERRESTRE

0,014	Vegetación escasa (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (<15%)
0,014	Cobertura arbórea, inundada, agua salada
0,027	Cobertura arbustiva o herbácea, inundada, agua dulce / salina / salobre
0,272	Mosaico T y arbusto (> 50%) / cobertura herbácea (<50%)
0,29	Cobertura herbácea de mosaico (> 50%) / T y arbusto (<50%)
0,322	Cuerpos de agua
0,486	Áreas urbanas
1,457	Pradera
4,153	Cubierto herbácea - Cubierta herbácea
5,279	Vegetación natural en mosaico (árboles, arbustos, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)
8,124	Tierras de cultivo en mosaico (> 50%) / vegetación natural (árboles, arbustos, cubierta herbácea) (<50%)
21,332	Tierras de cultivo, de secano
24,301	Cubierto arbórea, de hoja ancha, siempre verde, cerrada para abrir (> 15%)
34,622	Matorral

CUENCA DEL RÍO PORTOVIEJO 2015



COBERTURA TERRESTRE

0,014	Vegetación escasa (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (<15%)
0,027	Cobertura arbustiva o herbácea, inundada, agua dulce / salina / salobre
0,073	Cobertura arbórea, inundada, agua salada
0,268	Mosaico T y arbusto (> 50%) / cobertura herbácea (<50%)
0,318	Cobertura herbácea de mosaico (> 50%) / T y arbusto (<50%)
0,322	Cuerpos de agua
1,471	Áreas urbanas
1,875	Pradera
4,08	Cubierto herbácea
4,843	Vegetación natural en mosaico (árboles, arbustos, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)
7,044	Tierras de cultivo en mosaico (> 50%) / vegetación natural (árboles, arbustos, cubierta herbácea) (<50%)
20,062	Tierras de cultivo, de secano
26,625	Cubierto arbórea, de hoja ancha, siempre verde, cerrada para abrir (> 15%)
33,674	Matorral