

Incidencia del cambio de Uso de Suelo en el Paisaje Urbano fluvial de Portoviejo

Incidence of the change of Land Use in the fluvial Urban Landscape of Portoviejo

Andrés Fabrizio Chun-Delgado*
Evelyn María Pólit-Cedeño**
Douglas Gabriel Pichucho-Morales***
Adrián Eliceo Reyna-García***

*Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carrera de Arquitectura, Portoviejo, Ecuador, chunandres8@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8920-8171 ¹

**Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carrera de Arquitectura, Portoviejo, Ecuador, politevelyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5507-0562 ²

***Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carrera de Arquitectura, Portoviejo, Ecuador, dgpichucho@sangregorio.edu.ec, ORCID: 0000-0002-1040-4215 ³

****Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carrera de Arquitectura, Portoviejo, Ecuador, aereyna@sangregorio.edu.ec, ORCID: 000-0002-8691-545X ⁴

Artículo. Recibido: 2022/07/04 | **Aprobado:** 2022/11/08

Resumen: El desinterés social y la falta de empoderamiento de la ciudadanía afecta el paisaje urbano, sumado a un escaso control de la aplicación de las normativas y el manejo de información territorial fragmentada, de lo cual la ciudad de Portoviejo (Manabí, Ecuador) no está exenta, debido a que existen asentamientos que ocupan zonas de riesgo y protección provocando contaminación, degradación y la desconexión social con el paisaje fluvial. El presente estudio busca determinar la incidencia del cambio de Uso de Suelo en el Paisaje Urbano fluvial de Portoviejo, a través de herramientas de Información Geográfica, con el fin de generar insumos para la planificación y la toma de decisiones. El análisis espacio temporal en los años 1985, 2001 y 2020 realizado por medio de la clasificación supervisada empleando categorías con el método adaptado *CORINE Land Cover*, evidencia el cambio exponencial de disminución de rasgos naturales y aumento de rasgos antrópicos en un 14% hasta el año 2020. Además, se identificó que las zonas con mayor concentración de construcciones se encuentran en los sectores norte y centro de la ciudad, donde coincidentemente se denota una disminución de la cobertura natural con el paso del tiempo.

Palabras clave: Análisis espacio temporal; cambio de uso del suelo; clasificación supervisada; paisaje urbano fluvial; planificación territorial.

Abstract: Social disinterest and lack of citizen empowerment affect the urban landscape, coupled with poor control of the application of regulations and the management of fragmented territorial information, of which the city of Portoviejo (Manabí, Ecuador) is not exempt, since there are settlements that occupy risk and protection zones, causing pollution, degradation and social disconnection with the river landscape. The present study seeks to determine the incidence of land use change in the fluvial urban landscape of Portoviejo, through Geographic Information tools, in order to generate inputs for planning and decision making. The spatial-temporal analysis in the years 1985, 2001 and 2020 carried out by means of the supervised classification through categories with the adapted *CORINE Land Cover* method evidences the exponential change of decrease of natural features and increase of anthropic features by 14% until the year 2020. In addition, it was identified that the areas with the highest concentration of constructions are located in the northern and central sectors of the city, where coincidentally there is a decrease in the natural context with the passage of time.

Keywords: Land use change; river urban landscape; supervised classification; temporal spatial analysis; territorial planning.

¹ Arquitecto de profesión, graduado en la universidad San Gregorio de Portoviejo, cursando máster en Arquitectura Avanzada y Urbanismo Ambientalmente Sostenibles en la Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA) en asociación con la Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción (EADIC).

² Arquitecta de profesión, graduada en la Universidad San Gregorio de Portoviejo, se desempeña como asistente miembro del Colegio de Arquitectos del Ecuador Provincial Manabí.

³ Arquitecto por la Universidad San Gregorio de Portoviejo, con Master Universitario en Planificación Territorial y Gestión Ambiental por la Universitat de Barcelona, en la actualidad profesor de la Carrera de Arquitectura de la USGP con dedicación tiempo completo, miembro de varios equipos de consultoría en Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

⁴ Ingeniero Civil con maestría en Ciencias de la Geoinformación y Observación de la Tierra, actualmente profesor de la Carrera de Arquitectura de la Universidad San Gregorio de Portoviejo con dedicación tiempo completo. Docente en varios programas de maestrías, tanto de la Universidad San Gregorio de Portoviejo como de universidades externas.

Introducción

La presente investigación emerge de los resultados del análisis de caso “La incidencia del cambio de Uso de Suelo en el Paisaje Urbano de las riberas del río Portoviejo” para la obtención del título de arquitecto en la Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carrera de Arquitectura, respondiendo a la línea de investigación política para la organización territorial. Nace como respuesta a la problemática que se viene presentando en el paisaje fluvial del río Portoviejo, debido a la ocupación de áreas que no tienen la vocación para la actividad de asentamientos humanos.

El crecimiento urbano desmesurado en el Ecuador es producto de una planificación territorial deficiente, y esto ha provocado asentamientos en el perímetro fluvial de sus ciudades, alterando su paisaje urbano (López-Mares et al., 2019); en el caso de Portoviejo, el cambio de uso de suelo ha traído consigo problemas en su río homónimo, afectando la apreciación del paisaje y los servicios ecosistémicos, debido a la contaminación del suelo y recurso hídrico (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo], 2018; Sahagún-Sánchez y Reyes-Hernández, 2018; González Marañón et al., 2020). Al mismo tiempo, se evidencia el escaso análisis de esta problemática y la información fragmentada, causados por los sistemas de información municipales inestables y el escaso control territorial, lo que conlleva a la determinación de propuestas inconsistentes, por ende, un cuerpo legal sin la especificidad y rigurosidad pertinente (González Torres, 2017; Chávez Perdomo, 2020). Por otro lado, el desconocimiento y desinterés del cuidado del paisaje fluvial por parte de los ciudadanos, ha provocado asentamientos informales en las zonas de riesgo y de protección del río Portoviejo, afectando su desenvolvimiento y estado ecológico e incidiendo en la calidad de vida (Proaño Andrade, 2015; Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2018; Quiroz Fernández et al., 2018).

Bajo el contexto de la problemática mencionada, las riberas del río serían un objeto de interés junto con las zonas de mayor incidencia que ha traído el cambio de uso de suelo. Es por ello, que la presente investigación busca determinar las zonas más afectadas en el paisaje y sus posibles causas para la recuperación de la dinámica urbana del río Portoviejo.

Las aguas pertenecientes a un sistema lótico o de corrientes como son los ríos, presentan una connotación multidimensional para el territorio, ya que este recurso es un generador de paisaje natural, rural y urbano. Al convertirlas en protagonistas brindarían herramientas para mitigar efectos no deseados, optimizar beneficios sociales y evitar riesgos potenciales en los ecosistemas y la sociedad (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales, [CREAF],

2019). Las geografías del agua son piezas urbanas fundamentales porque se desempeñan como eje de vertebración, condicionando la dinámica de las ciudades y perdurando como un componente histórico (Durán Díaz, 2014; Suárez Subirana, 2018).

Una correcta intervención basada en estudios del cambio de uso de suelo en zonas aledañas a ríos urbanos, puede incidir con gran impacto en su recuperación, generando conciencia territorial y ecológica en los ámbitos social, político, cultural (N. Hernández, 2018; Santasusagna Riu y Tort Donada, 2019). Conjuntamente, los planes con un enfoque interdisciplinario, multiobjetivo, por medio de instrumentos para el manejo ecosistémico y territorial, pueden impulsar la economía y la revaloración paisajística (R. Hernández, 2017).

Para Dzieszko (2014), es viable determinar las causas de la dinámica del uso de suelo en un periodo de tiempo a través de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con datos de teledetección de calidad (Osuna-Osuna et al., 2015). Este estudio ayudará a identificar las zonas con mayor impacto de la dinámica espacial en el paisaje del río Portoviejo, y así, priorizar la gestión en la toma de decisiones, complementando el desarrollo urbano y la protección ecológica (Moscoso, 2007; Ramírez-Mejía et al., 2017; Kolb y Galicia, 2018). Además, la utilización de los SIG se ha vuelto imprescindible en las últimas décadas, permitiendo la accesibilidad de información de primer orden y la generación de cartografía de manera abierta y colaborativa (Olaya, 2020).

Las investigaciones que tratan de entender la dinámica espacial se han convertido de gran interés para la investigación ambiental y tendencias espacio temporales (Santasusagna Riu y Tort Donada, 2019). Por ejemplo, en el caso de la cuenca del río Tecolutla, que se considera como una de las 110 regiones hidrológicas prioritarias en México, se manifestó la grave incidencia sobre sus recursos naturales debido a los procesos en el uso de suelo; por ello, tiene como objetivo evaluar el impacto de las actividades antropogénicas de la misma en el periodo 1994 – 2010. Dentro de la metodología, aplicó la teledetección mediante herramientas SIG, permitió evidenciar el incremento considerable de actividades agrícolas -por ser fuentes de ingreso-, la pérdida de cobertura natural y la transición ecológica de la vegetación en la cuenca (Osuna-Osuna et al., 2015).

En la ciudad de Portoviejo, el desarrollo de estudios espacio temporales, en términos urbanos del paisaje natural de las riberas del río Portoviejo, no ha sido muy ensayado hasta el momento. Entre los estudios realizados en el contexto del río, se encuentra la investigación sobre la pérdida de bosques ribereños por el crecimiento agrícola y ganadero en el curso bajo del río Portoviejo, donde se plantean estrategias más enfocadas a la conservación ecológica de sus bosques (Montilla Pacheco y Pacheco Gil, 2017). Así mismo, existen proyectos académicos de intervención urbano-paisajística que básicamente abordan la

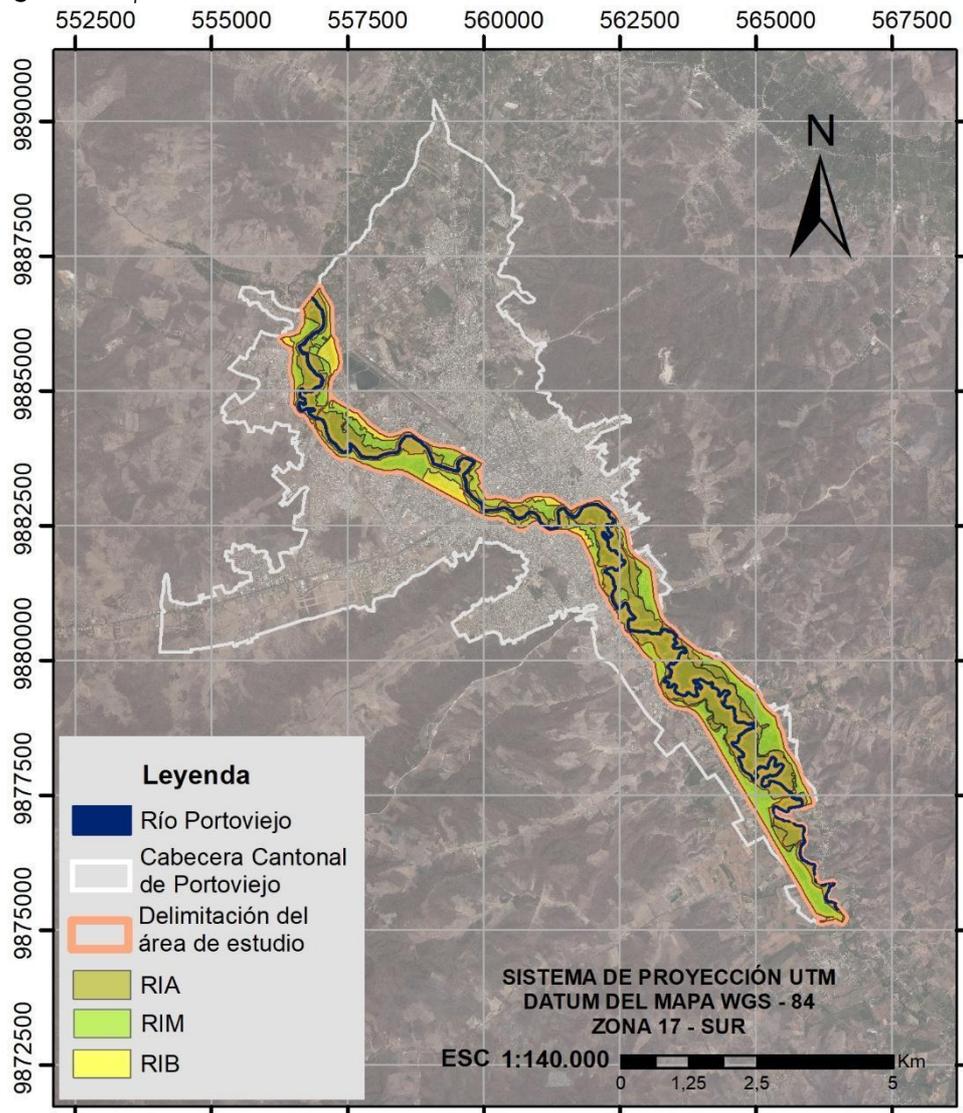
relación social con el río Portoviejo, percibiéndolo como un potencial recreativo; entre ellos, el plan de actuación en un tramo del río, sector puente Papagayo (Vásquez, 2019).

En la actualidad, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Portoviejo posee su plan de Uso y Gestión del suelo, el cual propone áreas de protección e intervención en el recorrido del río Portoviejo (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo], 2020), pero se evidencia el limitado análisis sobre el comportamiento de la cobertura espacial en sus riberas y zonas de mayor afectación, lo que conlleva a la fragilidad de sus propuestas y a una falta de rigurosidad en el cumplimiento de las normativas. Por ende, el área de estudio se circunscribe específicamente en la conformación de las zonas de Riesgo por Inundación Alto (RIA), Riesgo por Inundación Medio (RIM) y Riesgo por Inundación Bajo (RIB) que bordean al río Portoviejo que atraviesa la ciudad, obtenidas en el fenómeno invernal del año 2017 dentro de la cabecera cantonal de Portoviejo (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos, 2019; G. Hernández, comunicación personal, 20 de julio de 2021).

La cabecera cantonal consta de 51,46 km² y está ubicada en el centro oeste del cantón, coordenadas 560 000 E y 9 883 000 N (centro urbano). Posee una población de 206 682 habitantes, que representa el 73,80% del total en el cantón (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010). El Área de estudio que comprende al río Portoviejo en la zona urbana tiene una extensión aproximada de 34,32 km, está presente en 7 parroquias urbanas (unidad básica de organización territorial) y posee un área de 11,41 km² aproximadamente, que representa el 22,17% en relación con la cabecera cantonal, en la cual el río solo transita el 26% del recorrido total (Figura 1).

Por los motivos expuestos, se busca determinar la incidencia del cambio de uso de suelo en el paisaje urbano de las riberas del río Portoviejo, a través de las herramientas de sistemas de información geográfica, que permitan generar insumos de planificación para la toma de decisiones en la labor de la recuperación del río Portoviejo.

Figura 1. Mapa del Área de estudio dentro de la Cabecera Cantonal



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Metodología

Debido al alcance de la investigación, se optó por un nivel exploratorio – descriptivo. El exploratorio permitió examinar un tema poco estudiado, realizando un estudio de contexto particular con nuevas perspectivas, pudiendo generar interés y ser una base para futuras investigaciones (Hernández Sampieri, 2014). Y el descriptivo consistió en describir, registrar, estudiar e interpretar el objeto de estudio y sus procesos, teniendo un enfoque determinante acerca de cómo se ha manejado hasta el presente (Tamayo y Tamayo, 2002). La estrategia adoptada para abordar el estudio fue de tipo documental, dado que se centró en la búsqueda, recopilación e interpretación de datos obtenidos por otros trabajos en fuentes de información, teniendo el objetivo de aportar con un

nuevo conocimiento (Arias, 2012). La metodología de este estudio se desarrolló en dos fases que definen los procesos a seguir para el desarrollo del análisis:

Fase 1

Esta fase evidenció el cambio de uso de suelo en las riberas del río Portoviejo mediante el análisis espacio temporal. Para la obtención de insumos, los datos del satélite *Landsat 5, 7 y 8* se descargaron desde el portal del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) *Earth Explorer*, con un porcentaje bajo de nubosidad debido a la Zona de Convergencia Intertropical presente en el Ecuador (ubicados con proyección *Universal Transverse Mercator (UTM)*, esferoide y datum WGS 1984, 17 Zona Sur) en los años 1985, 2001 y 2020, donde se consideraron los periodos de retorno del río Portoviejo. Teniendo una resolución espacial de 30 metros en formato TIFF, se procedió a crear un *dataset* con refinado pancromático a 15 metros, con el fin de tener una mejor visualización para escoger los sitios de entrenamiento (Gómez, 2021); este proceso se lo aplicó a las imágenes de los periodos 2001 y 2020 ya que solo estas poseen una banda pancromática. Además, se solicitaron insumos (límite urbano, usos de suelo, entre otros) para la generación cartográfica al GAD del cantón Portoviejo.

El análisis espacio-temporal se generó mediante una interpretación y digitalización de imágenes satelitales en los años 1985, 2001 y 2020 en el software ArcGIS 10.8, utilizando los sensores TM, ETM+ y OLI/TIRS. Se desarrolló un acoplamiento de bandas con el objetivo de percibir mejor el contenido espectral de las imágenes (Abad-Auquilla, 2020). Se emplearon 2 combinaciones de bandas para cada clasificación de cobertura de suelo: una que denotó el tipo de vegetación con los asentamientos, y otra para los cultivos y tierra sin vegetación, utilizando en las imágenes *Landsat 5 y 7* la combinación 4,3,2 y 5,4,1, mientras que en la imagen *Landsat 8* la combinación 5,4,3 y 6,5,2. Para la diferenciación acertada de las clases de cobertura de suelo, se utilizó el método de la clasificación supervisada dentro del área de estudio, donde en primera instancia se identificaron clases de información relevante en la imagen, denominadas sitios de entrenamiento (Ojeda Ojeda et al., 2019). Estos fueron tomados como entidades de puntos, escogiendo 40 unidades por cada clase a una escala 1: 10 000 y para su mayor precisión se usaron imágenes de referencia en los periodos de 1985 y 2001, donde se utilizó la combinación de color verdadero 3,2,1 de las imágenes *Landsat*, y en el 2020, el mapa base que otorga ArcGIS. Luego, se generó una calificación estadística de reflectancia para cada tipo de información, es decir, un análisis de firmas espectrales en la cual se redujo el margen de error usando una fracción de rechazo de 0,1. Una vez

obtenida esta calificación, la imagen fue clasificada a partir de la máxima verosimilitud, se examinaron los valores de cada pixel, y evidenció a cuál de las firmas se asimila más (Eastman, 2012).

Se determinaron las clases de cobertura de suelo por medio de la adaptación del método *CORINE Land Cover* a nuestra área de estudio, puesto que, a pesar de ser un sistema estandarizado, varios países lo han aplicado por su claridad en la categorización de paisajes y coberturas, y por su fácil manejo en estudios territoriales (Vargas Tobón, 2020). De acuerdo con la adaptación del sistema del Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica (CIAF) realizado por Melo y Camacho (2005), se empleó el Nivel 2 de jerarquización para la clasificación de uso de suelo como se indica en la Tabla 1 adaptada por los autores de este análisis (González García Sancho et al., 2016).

Tabla 1. Clasificación de la Cobertura y Uso del Suelo

Nivel 1 Exploratorio	Nivel 2 Reconocimiento
Gran grupo	Grupo
Rasgos naturales	Vegetación natural
	Vegetación secundaria
	Cuerpos de agua
	Cultivos
Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura
	Tierras sin vegetación aparente

Nota: Adaptación del método *CORINE Land Cover* según el Sistema CIAF. Adaptada de “Dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso del suelo en una cuenca hídrica”, por A. González García Sancho, O. Nájera González, R. M. Murray Núñez y S. M. L. Marcelleño Flores, 2016, *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5, p.4.

Al obtener el ráster de la clasificación de cobertura, se procedió a convertir en vector mediante la herramienta de conversión de ArcGIS para determinar las áreas de cada clase y generar cartografía temática de cada periodo, donde se eliminaron los polígonos despreciables para la escala del análisis, y se utilizaron las entidades de los respectivos períodos del río Portoviejo para aportar mayor exactitud a la clasificación (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2017). Para cuantificar las cifras y porcentajes se utilizó el programa Excel, en el cual se estimaron las variaciones de la Cobertura y Uso de Suelo.

Fase 2

A través de la generación de cartografía temática se evidenciaron las zonas de asentamientos actuales que causan mayor afectación al paisaje urbano de las riberas del río Portoviejo. El primer mapa consistió en la superposición de las capas del área de estudio, construcciones y las zonas de riesgo, el segundo mapa consistió, por otro lado, en la superposición de las capas del área de estudio, construcciones y las parroquias, lo que determinó una suma geométrica de las distintas capas y la fusión de la información geográfica (ArcGIS Pro 2.8, 2021). Y por medio de la herramienta Selección por Localización se reconoció el número de construcciones, el área total y el porcentaje de ocupación dentro de cada zona de riesgo y parroquia en el área de estudio, resultando una tabulación de datos.

El tercer mapa comprendió, en primer lugar, la transformación de los polígonos de construcciones en puntos mediante la herramienta *Feature to point*, para luego, en función de estos, crear un mapa de calor a través de la opción *Kernel Density* que involucró toda el área de estudio. Adicionalmente, se utilizó el Método de Rupturas Naturales (Jenks) para realizar la clasificación de densidades de construcciones en el mapa de calor, con lo cual se pudo reconocer, con mayor exactitud, los sectores más densos, gracias a su fórmula estadística que determina agrupaciones de datos de un atributo, minimizando la variación de una clase y maximizando la variación entre clases (Smith et al., 2021).

Finalmente, se realizó una validación cartográfica que consideró tres componentes, un mapa con sitios de validación a partir de los sectores más afectados del mapa de densidad de construcciones, aplicando radios con base a la magnitud de estos; y, el paisaje urbano con base a la clasificación del 2020 en el que se adaptó la metodología de Categoría de Coberturas de Margalef (1974) y analizó de manera cualitativa su grado en 5 categorías dependiendo de los rangos de porcentaje de cobertura (ver Tabla 2) (Ferro-Díaz, 2015) y la proximidad entre asentamientos y el río que analizó de forma cuantitativa la vivienda más cercana al borde del río con la herramienta medir de ArcGIS en cada sitio de validación.

Tabla 2. Categorización de Cobertura de Suelos

Grado	Cobertura (%)
Muy alta	75 - 100
Alta	50 - 74

Media	25 - 49
Baja	5 - 24
Muy baja	0 - 4

Nota: Adaptación del modelo de cobertura de vegetación de Margalef. Adaptado de "Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación", por J. por Ferro-Díaz, 2015, *Revista ECOVIDA*, 5, p. 149.

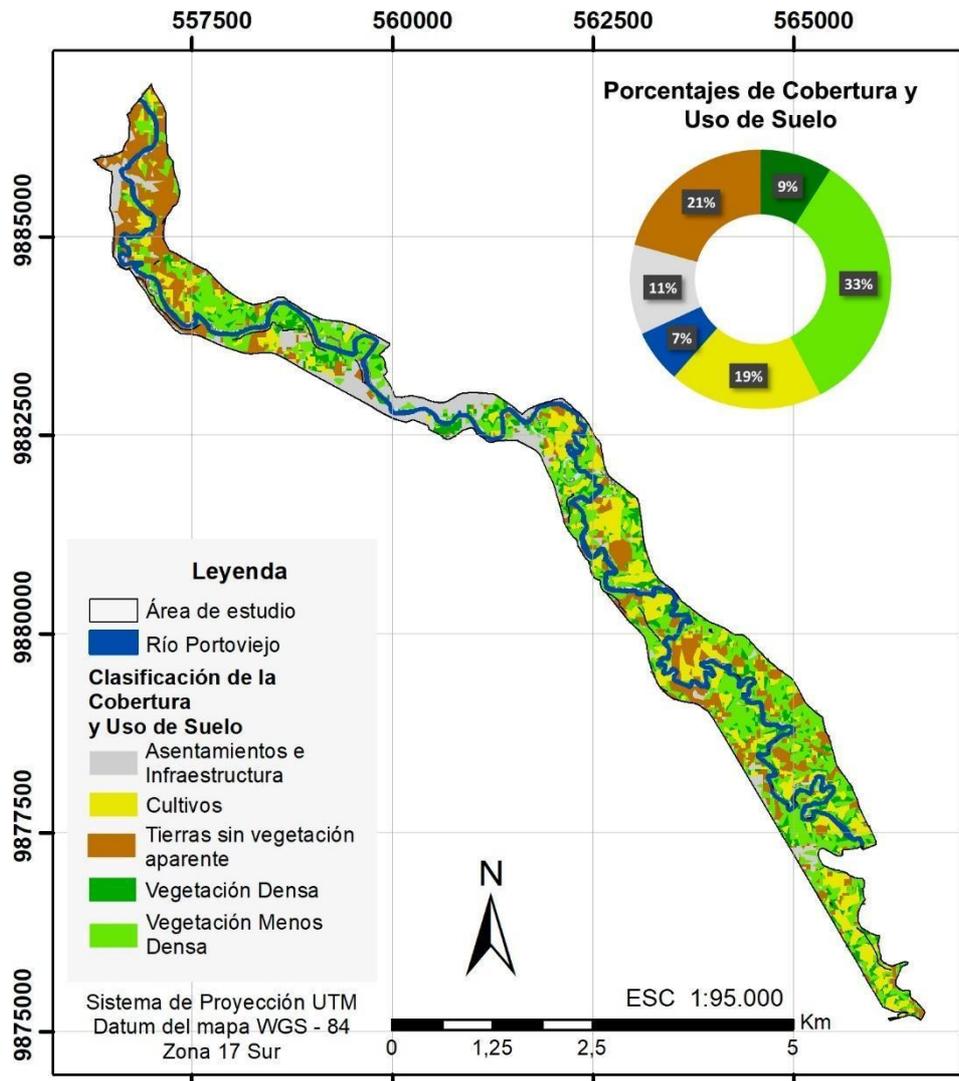
Resultados

Para obtener resultados claros en el análisis del cambio de uso de suelo en el paisaje urbano del río Portoviejo, se realizó cartografía temática señalada en la fase 1.

De acuerdo con la metodología de la clasificación de *CORINE Land Cover* se evidenció un crecimiento exponencial de asentamientos e infraestructura en los periodos de estudio. El porcentaje de crecimiento en el periodo de 1985 (ver Figura 2) a 2001 (ver Figura 3) se triplicó, lo que representa un aumento del 168,36%, y en el periodo 2001 y 2020 aumentó ligeramente en un 5,92%. Este crecimiento del área de estudio fue influenciado por el crecimiento general del área urbana con una tasa de urbanización del 73,8%, la misma que relaciona la población urbana con la población total del territorio, en este caso sería de 206 661 habitantes en el área urbana respecto a los 280 029 habitantes del cantón Portoviejo (INEC, 2010). La tasa de urbanización se entiende con la siguiente expresión (Ducci, 2012).

$$Tasa\ de\ urbanización = \frac{Población\ urbana}{Población\ total} \times 100$$
$$Tasa\ de\ urbanización = \frac{206661}{280029} \times 100 = 73,8 \%$$

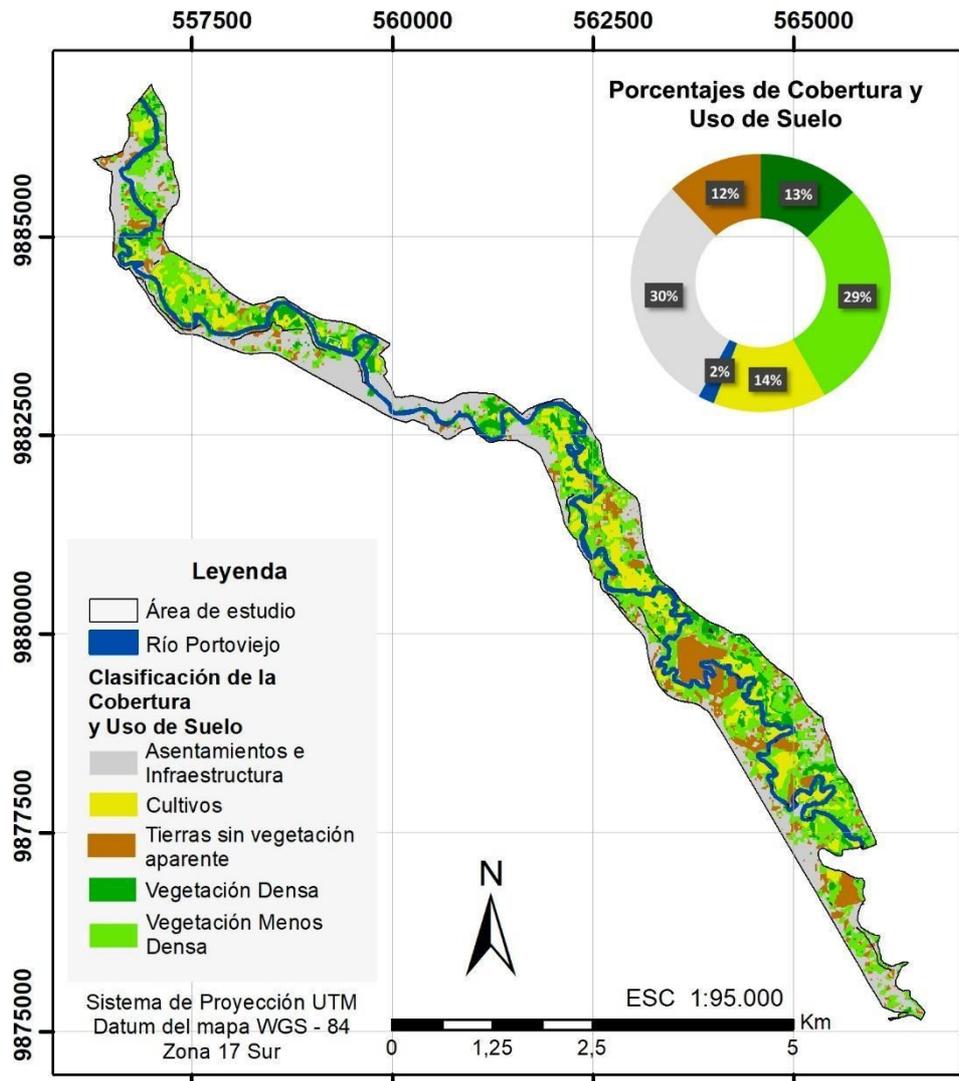
Figura 2. Mapa de la Clasificación de Cobertura y Uso del suelo en 1985



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Referente a los rasgos naturales, en el periodo de 1985 a 2001 la vegetación densa experimentó un aumento del 40,48%. En cambio, en el periodo 2001 a 2020 decreció en un 23,34%. Adicionalmente, el rasgo de vegetación menos densa, en el primer periodo disminuyó en un 12,67% y en el segundo, continuó el decrecimiento en un 33,80%.

Figura 3. Mapa de la Clasificación de Cobertura y Uso del suelo en 2001



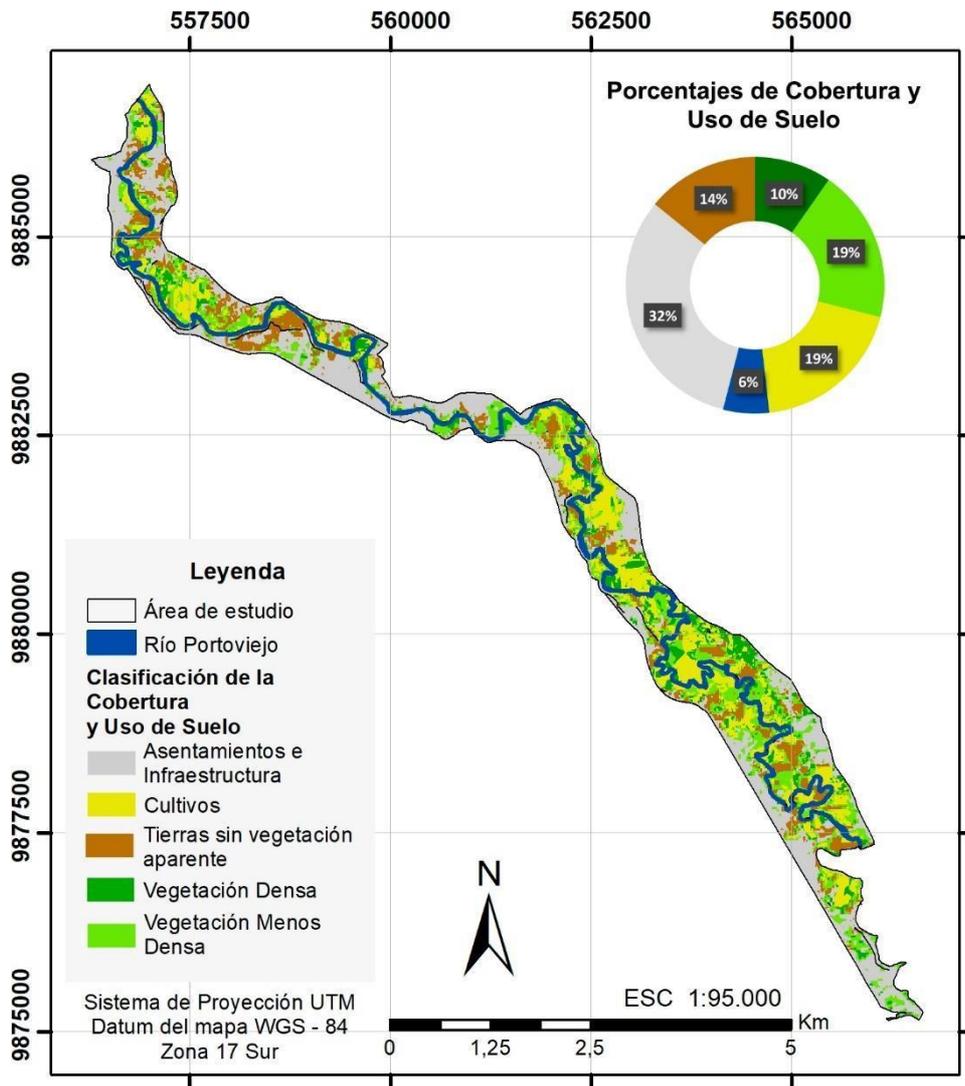
Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

A través de la banda roja e infrarroja cercana, presentes en la combinación de bandas, se detectó la reflectancia de la clorofila en los tipos de vegetación. Las zonas con menor reflectancia se clasificaron como vegetación vigorosa en montes y bosques, y las de mayor reflectancia como vegetación menos densa o en temprano estado de crecimiento, tales como pastos naturales, árboles diseminados y matorrales (Ministerio de Defensa Nacional, 2012).

En cuanto al rasgo de cultivos, en el periodo de 1985 a 2001 decreció un 26,08%. Por el contrario, en el periodo de 2001 a 2020 aumentó en un 36,67% (ver Figura 4). Con respecto al rasgo de cuerpo de agua, en el primer periodo de 1985 a 2001 disminuyó su cobertura en un 69,47%. En cambio, en el segundo periodo de 2001 a 2020 aumentó un 185,01%. Y en tierras sin vegetación aparente durante los dos periodos, se presentó una disminución del 42,27% y un aumento 17,92% respectivamente.

La Tabla 3 y la Figura 5 denotan un condensado de las variaciones en los grandes grupos de cobertura y uso de suelo, evidenciando que los rasgos antrópicos han incidido en la pérdida exponencial de los rasgos naturales en función de los requerimientos de la nueva población. Con base a esto, los grupos que tuvieron mayor incidencia son en el primer periodo (1985-2001) los asentamientos e infraestructura y en el segundo periodo (2001-2020) la vegetación menos densa (ver Figura 6).

Figura 4. Mapa de la Clasificación de Cobertura y Uso del suelo en 2020



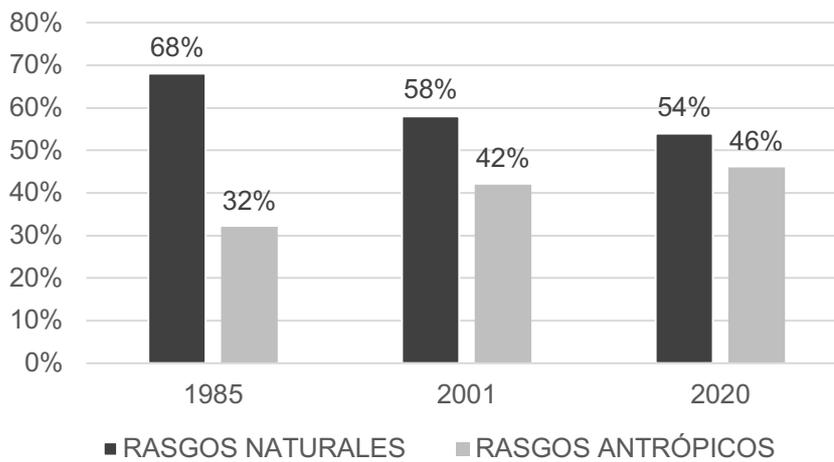
Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Tabla 3. Grupos de Clasificación CORINE Land Cover de los años 1985, 2001 y 2020

Gran grupo	Grupo	1985 (ha)	2001 (ha)	2020 (ha)
Rasgos naturales	Vegetación densa	102,25	143,64	110,11
	Vegetación menos densa	381,84	333,46	220,75
	Cultivos	217,18	160,53	219,39
	Cuerpo de agua	75,4	23,02	65,61
Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	128,2	344,04	364,41
	Tierras sin vegetación aparente	236,13	136,31	160,73
-	Total	1141	1141	1141

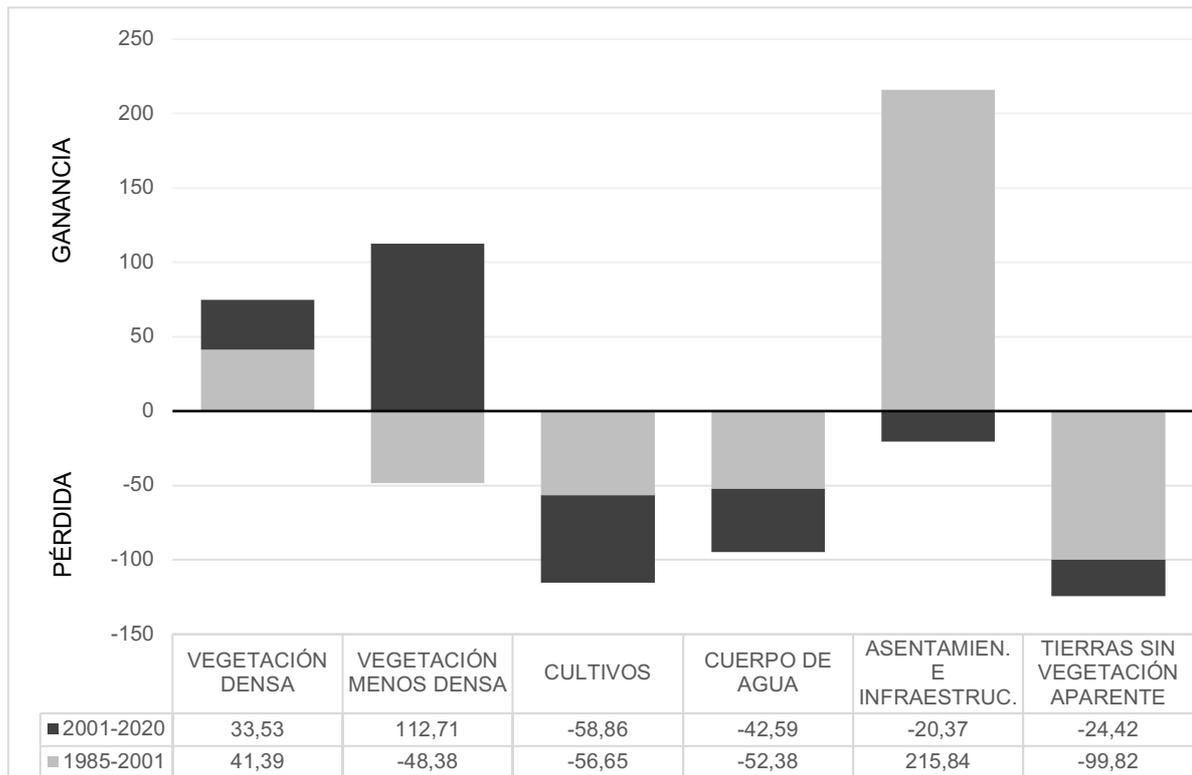
Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Figura 5. Histograma de Rasgos del Gran Grupo de clasificación CORINE Land Cover



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Figura 6. Histograma de Pérdida y Ganancia de Usos de Suelo por períodos



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Por último, al contrastar los resultados de la clasificación por periodos con las parroquias inmersas en el área de estudio se evidencia que, con respecto a los asentamientos e infraestructura, la mayoría de parroquias presentaron variaciones de aumento y disminución leves, exceptuando a la parroquia Colón que tuvo un crecimiento exponencial. Por otro lado, Simón Bolívar tuvo el decrecimiento más significante de todas (ver Tabla 4).

Según los datos resultantes de cultivos, la mayoría de parroquias desarrollaron un aumento de esta ocupación, demostrando el potencial agrícola del cantón; a excepción de la parroquia Portoviejo que, por ser un área más administrativa, presentó una mínima cobertura en decrecimiento. Y, por otra parte, se destaca la parroquia Colón por su crecimiento exponencial, teniendo actualmente la mayor superficie de cultivos.

En cuanto a la vegetación densa, se denotaron cambios de aumento y disminución en la mayoría de parroquias, menos Colón y Simón Bolívar, en las cuales creció de manera leve y exponencial. Por el contrario, la vegetación menos densa obtuvo un decrecimiento en casi todas las parroquias, a excepción de la parroquia Portoviejo que, a pesar de su disminución en el primer periodo, aumentó su cobertura en el segundo periodo.

Con respecto a la vegetación menos densa, se evidenció que en la mayoría de parroquias se redujo en los dos periodos; exceptuando en la parroquia Portoviejo que decreció en el primer periodo y aumentó en el segundo. Por

último, el grupo de tierra sin vegetación aparente presentó variaciones de aumento y disminución en la mayor parte de las parroquias, a diferencia de las parroquias Colón y Picoazá que demostraron un decrecimiento exponencial, y la parroquia Portoviejo un crecimiento continuo.

Tabla 4. Grupos de Clasificación por Parroquias de los años 1985, 2001 y 2020

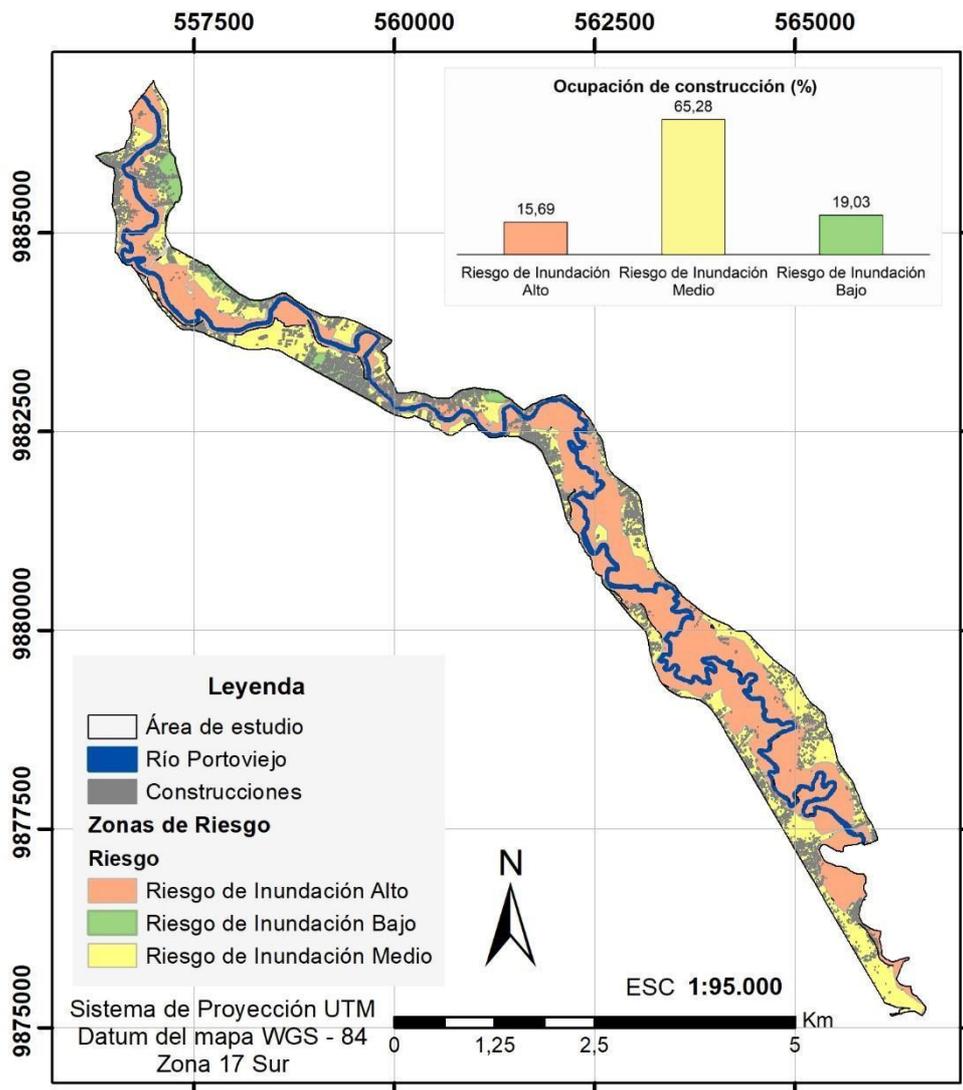
Parroquia	Gran grupo	Grupos	1985 (ha)	2001 (ha)	2020 (ha)
18 de Octubre	Rasgos naturales	Vegetación densa	17,38	45,67	24,6
		Vegetación menos densa	108,75	100,35	53,08
		Cultivos	24,8	39,33	44,25
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	101,16	204,45	174,81
		Tierras sin vegetación aparente	103,52	15,30	38,01
Andrés de vera	Rasgos naturales	Vegetación densa	24,94	59,75	32,23
		Vegetación menos densa	174,78	82,84	57,27
		Cultivos	33,24	30,01	60,06
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	108,83	192,34	134,12
		Tierras sin vegetación aparente	60,31	13,61	35,58
Colón	Rasgos naturales	Vegetación densa	43,54	57,56	62,72
		Vegetación menos densa	226,75	145,63	81,18
		Cultivos	98,93	59,97	115,38
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	12,76	110,78	131,89
		Tierras sin vegetación aparente	77,69	74,94	47,25
Francisco pacheco	Rasgos naturales	Vegetación densa	19,84	37,19	24,09
		Vegetación menos densa	63,09	59,76	31,89
		Cultivos	56,08	50,39	50,34
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	78,06	210,78	62,93
		Tierras sin vegetación aparente	18,3	11,59	13,72
Picoazá	Rasgos naturales	Vegetación densa	1,34	15,33	5,56
		Vegetación menos densa	74,92	20,27	15,93
		Cultivos	5,84	4,54	11,18

	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	20,09	186,51	158,19
		Tierras sin vegetación aparente	43,31	9,81	8,02
Portoviejo	Rasgos naturales	Vegetación densa	8,08	9,38	3,53
		Vegetación menos densa	13,75	7,72	10,69
		Cultivos	2,29	1,81	0,8
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	76,95	187,63	132,59
		Tierras sin vegetación aparente	0,64	1,03	3,34
Simón bolívar	Rasgos naturales	Vegetación densa	18,4	33	57,66
		Vegetación menos densa	202,12	88,87	58,82
		Cultivos	46,96	32,82	86,38
	Rasgos antrópicos	Asentamientos e infraestructura	84,92	269,82	107,1
		Tierras sin vegetación aparente	45,48	51,5	23,21

Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

El análisis de la fase 2 demuestra en primera instancia la ocupación de asentamientos en cada zona de riesgo dentro del área de estudio, donde la zona de riesgo de inundación medio presenta la mayor ocupación y la de riesgo de inundación alto la que contiene la menor ocupación (ver Figura 7 y Tabla 5).

Figura 7. Mapa de Construcciones y Zonas de Riesgo 2020



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Tabla 5. Tabulación de Construcciones por Zona de riesgo

Riesgo	Número de Construcciones	Área de ocupación en construcción (m ²)
Riesgo de inundación alto	713	118946,74
Riesgo de inundación medio	3570	494875,64
Riesgo de inundación bajo	991	144234,68

Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Se puede observar en la Figura 8 y la Figura 9 que existe mayor concentración de construcciones en el centro y el norte del área estudiada. Además, resaltando las parroquias con mayor densidad de asentamientos se encuentran: en zona de riesgo de inundación alto la parroquia 18 de Octubre ubicada al norte, en zona

de riesgo medio la parroquia Colón ubicada al sur, y en zona de riesgo bajo la parroquia Andrés de Vera ubicada en el centro norte (ver Tabla 6).

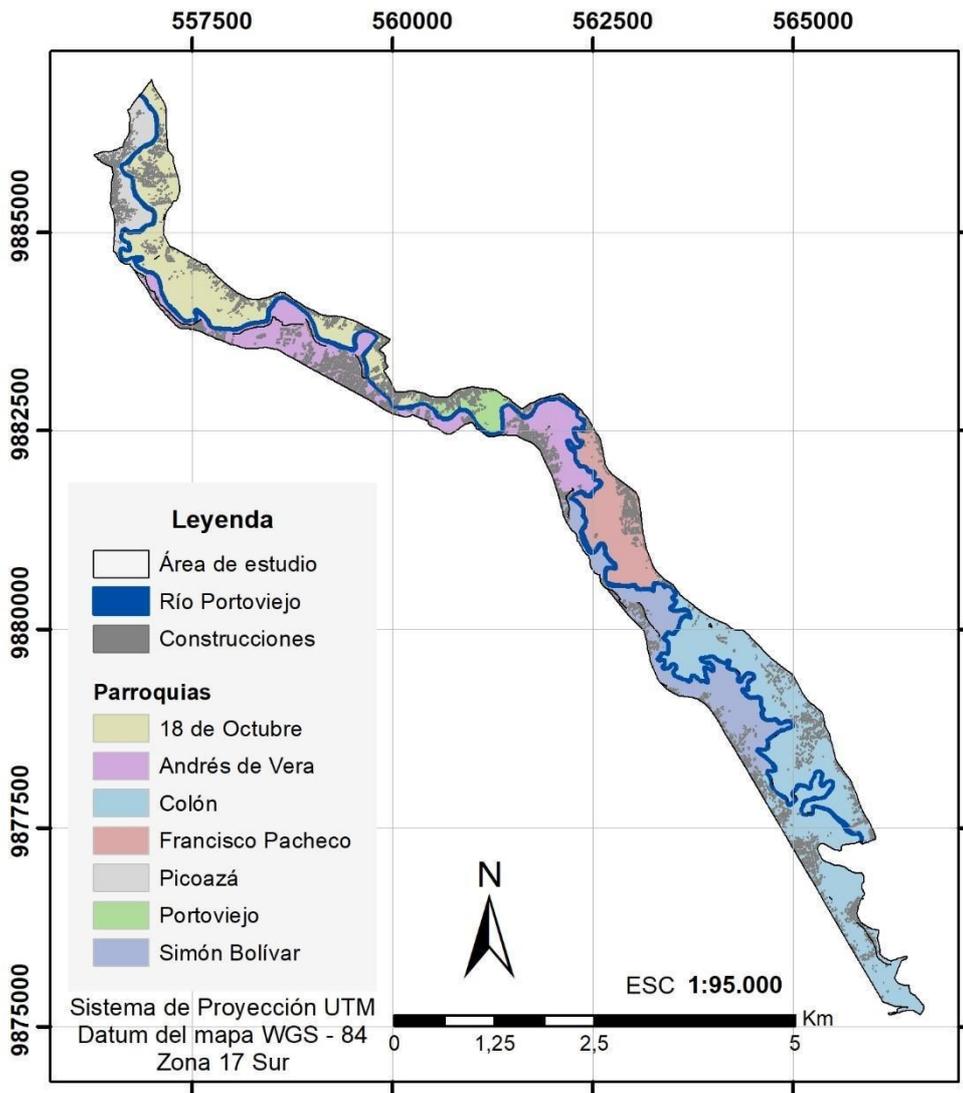
Tabla 6. Tabulación de Construcciones, Parroquias y Zonas de riesgo

Parroquia	Riesgo	Número de construcciones	Área de ocupación en construcción (m ²)	Ocupación en zonas de riesgo (%)*
18 de Octubre	Riesgo de inundación alto	214	30405,42	4,01
	Riesgo de inundación medio	677	86909,59	11,46
	Riesgo de inundación bajo	301	37219,9	4,91
Andrés de vera	Riesgo de inundación alto	121	20438,95	2,70
	Riesgo de inundación medio	710	110641,39	14,60
	Riesgo de inundación bajo	600	87424,19	11,53
Colón	Riesgo de inundación alto	165	27918,76	3,68
	Riesgo de inundación medio	968	130636,32	17,23
Francisco pacheco	Riesgo de inundación alto	53	9142,13	1,21
	Riesgo de inundación medio	447	50591,07	6,67
Picoazá	Riesgo de inundación alto	43	6322,53	0,83
	Riesgo de inundación medio	312	34290,99	4,52
	Riesgo de inundación bajo	25	5509,74	0,73
Portoviejo	Riesgo de inundación alto	64	15576,82	2,05
	Riesgo de inundación medio	127	27844,2	3,67
	Riesgo de inundación bajo	65	14080,85	1,86
Simón bolívar	Riesgo de inundación alto	53	9142,13	1,21

	Riesgo de inundación medio	329	53962,08	7,12
	Total	5274	758057,06	100,00

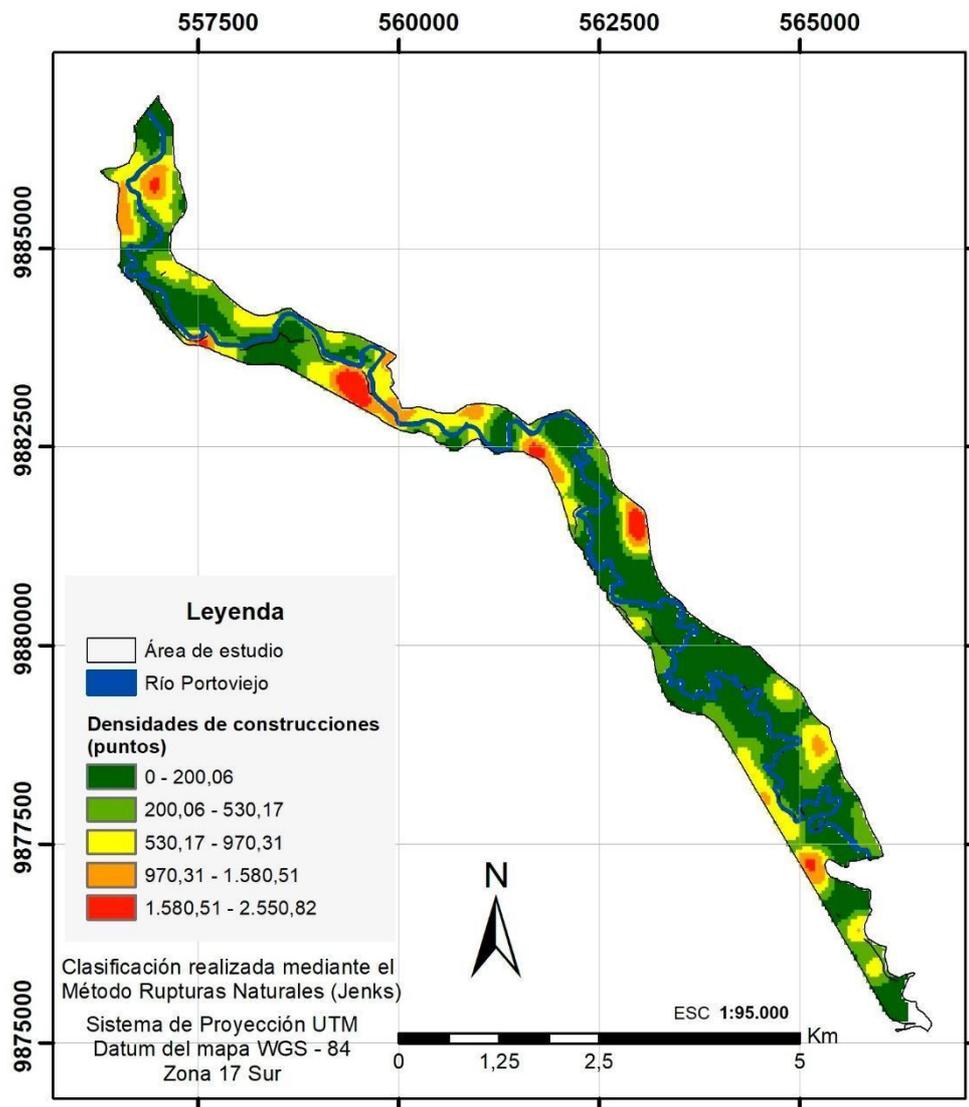
Nota: (*) Porcentaje de ocupación en base a la superficie total de construcciones. Elaborado por los autores del estudio (2021).

Figura 8. Mapa de Construcciones y Parroquias 2020



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

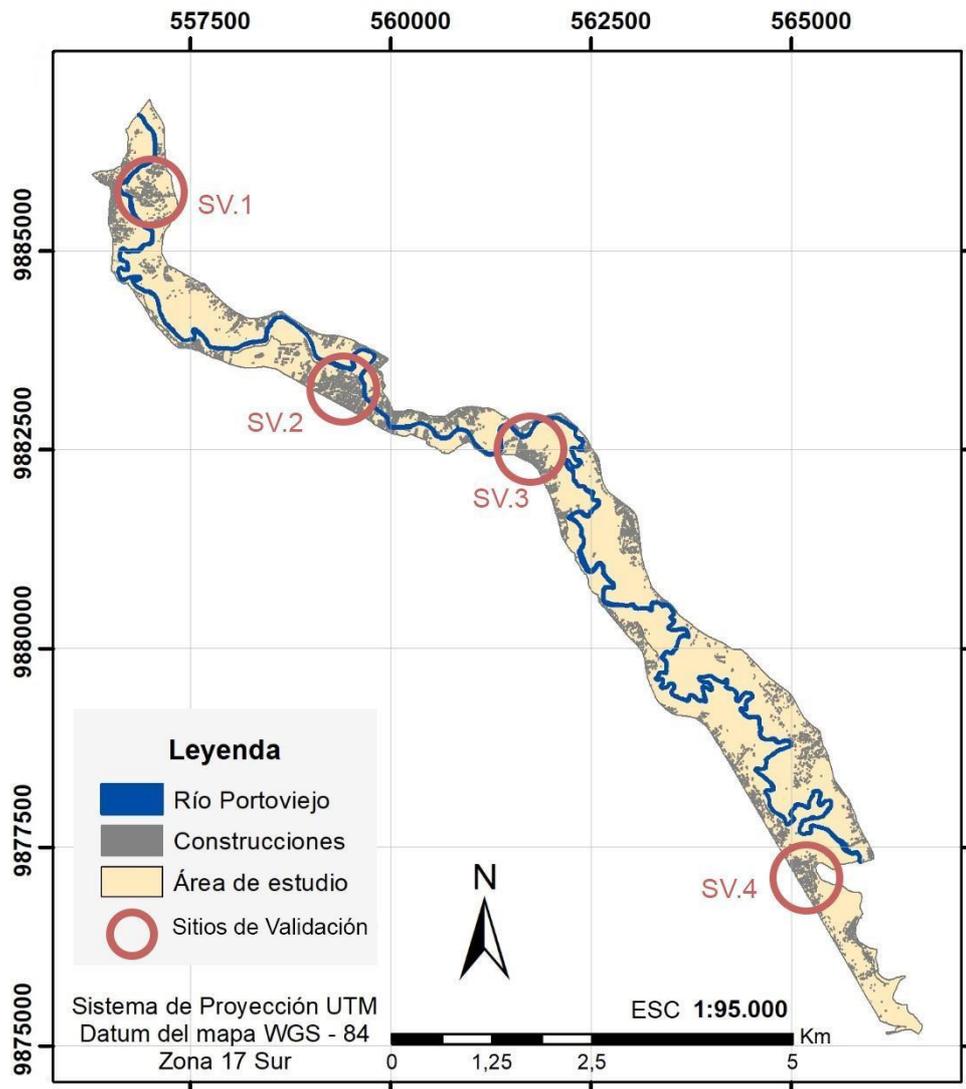
Figura 9. Mapa de Densidad de Construcciones 2020



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Con el fin de reafirmar los resultados de la cartografía generada se realizó una validación de datos mediante sitios escogidos a partir del mapa que evidencia las mayores concentraciones de construcciones. Se consideraron cuatro sitios, uno al norte ubicado en la parroquia 18 de Octubre, dos céntricos en la parroquia Andrés de Vera y uno al sur en la parroquia Colón (ver Figura 10).

Figura 10. Mapa de Sitios de Validación Cartográfica de las fases 1 y 2



Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

En primer lugar, se analizaron los grupos de la clasificación del 2020 en los distintos sitios, aplicando una calificación cualitativa (ver Tabla 7). En esta instancia se confirmaron que los usos de suelo coinciden en mayor medida con la cartografía. Asimismo, se denota la consolidación de los asentamientos en estas zonas de riesgo de inundación en los sitios 2, 3 y 4 que inciden en los demás usos de suelo.

Tabla 7. Tabulación de Sitios de Validación Cartográfica

Grupos	Sitios de validación			
	SV.1	SV.2	SV.3	SV.4
Vegetación densa	Muy baja	Baja	Muy baja	Baja
Vegetación menos densa	Baja	Muy baja	Baja	Media

Cultivos	Baja	Muy baja	Baja	Baja
Asentamientos e infraestructura	Alta	Muy alta	Alta	Alta
Tierras sin vegetación aparente	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja

Nota: Elaborado por los autores del estudio (2021).

Consecutivamente, para determinar la proximidad entre las viviendas más cercanas y el río, se generaron de forma cuantitativa rangos de distancia (metros) en cada sitio estudiado. De acuerdo con los resultados de la validación cartográfica, se demostró que existen viviendas en este retiro, en los cuales el rango más próximo es de 10 a 15 metros (ver Tabla 8).

Tabla 8. Tabulación de datos de Proximidad de Asentamientos y el río Portoviejo

Rango de Proximidad (m)	Sitios de Validación			
	SV.1	SV.2	SV.3	SV.4
	30 a 35 m	10 a 15 m	25 a 30 m	20 a 25 m

Nota: (*) Distancias tomadas de la cartografía de la fase 2. Elaborado por los autores del estudio de caso (2021).

Discusión

En la fase 1 se evidenció que, en cuanto a los asentamientos e infraestructura, el crecimiento exponencial presentado en el periodo 1985 a 2001 provocó transformaciones en los rasgos naturales debido a la migración interna hacia los centros poblados más cercanos, buscando mayores oportunidades y generando ocupaciones de suelo en las riberas del río, como consecuencia, altos costos ambientales y humanos (Ministerio de Defensa Nacional, 2012). La transición rural-urbana se incrementó durante 30 años (1980-2010) con un ritmo acelerado denominado "Explosión Urbana", generando graves efectos en el territorio (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-HABITAT, 2012). Por el contrario, al inicio del nuevo milenio se registró el mayor porcentaje de migración externa (Tomalá Parrales et al., 2019), lo cual posiblemente contribuyó a que no se ocupen más áreas para asentamientos e infraestructura en el paisaje fluvial de Portoviejo; sumado a esto, a mediados del segundo periodo de análisis 2001 a 2020, surge con mayor fuerza la aplicación de planes de ordenamiento territorial (Pazmiño, 2015).

Con respecto al rasgo de vegetación densa, en el primer periodo de 1985 a 2001 incrementó debido a que los cultivos y la tierra sin vegetación disminuyeron, probablemente, como lo explica Villanueva et al (2004), por la

invasión de áreas agrícolas abandonadas por vegetación arbustiva (Trucíos-Caciano et al., 2011). En el posterior periodo de 2001 a 2020, la vegetación densa decrece en virtud del avance del suelo agrícola y a la urbanización desorganizada, contribuyendo al crecimiento de la ciudad (Reyna García et al., 2017).

De acuerdo con el análisis, la vegetación menos densa decreció en los dos periodos estudiados, debido a la construcción de muros de gaviones y muros de enrocados a partir de los años 90 por parte del GAD Portoviejo, esto ocasionó el estrechamiento del cauce y, a su vez, la aceleración del proceso erosivo, siendo una ineficaz intervención (Chávez Moncayo et al., 2008). Además, es posible que esta disminución esté relacionada con la limpieza y estabilización de taludes, que de forma periódica los gobiernos seccionales efectúan previo a la etapa invernal, realizadas en el cauce y afluentes del río.

En el caso del rasgo de cultivos tuvo una disminución en el periodo 1985 a 2001 a causa de distintos shocks económicos y naturales, producto de la inestabilidad económica interna y a la crisis financiera en la década de los 90, afectando la estructura de la cadena producción-transporte-intermediación-consumo, precios internacionales de insumos y bienes transables (Banco Central del Ecuador, 2010). Adicionalmente, hubo pérdidas en la tasa de crecimiento del PIB agropecuario por factores climáticos y meteorológicos asociados al fenómeno del Niño, como inundaciones a causa del desbordamiento de los ríos e incrementos de la temperatura; aquellos influyeron en la pérdida de siegas y sembradíos (Jiménez et al., 2012; Corporación Andina de Fomento, s.f.). Luego de la crisis de los 90, Ecuador tuvo un proceso de dolarización con el objetivo de ser más atractivo para los mercados internacionales. Esto influyó en el aumento de la inversión, lo cual fue un punto clave para el crecimiento de la economía y el alza de precios de las materias primas, lo que permitió el aumento del rasgo en el segundo periodo 2001 a 2020 (García Valarezo et al., 2019; Pino Peralta et al., 2018) y convirtió al sector primario en el segundo más ocupado de las actividades económicas representativas del cantón Portoviejo según el censo INEC 2010 (Ministerio de Defensa Nacional, 2012).

Respecto a las variaciones en cuerpo de agua, el río Portoviejo por su condición natural meándrica ha estado sujeto a transformaciones, tales como, ampliación en su recorrido fluvial, depreciación de su pendiente y celeridad de la corriente, producto de la erosión y sedimentación en sus orillas (Rocha Felices, 2018). Además, la selección de los periodos de análisis estuvo en función de la cartografía disponible, considerando factores como intervalos similares y poca nubosidad.

El rasgo de tierra sin vegetación aparente presentó una disminución de superficie en el primer periodo, posiblemente, por el crecimiento desmesurado de los asentamientos e infraestructura. Mientras que en el segundo periodo

demostró un aumento, quizás relacionado con las infraestructuras colapsadas y demolidas en Portoviejo como consecuencia del sismo 16A (A un mes del terremoto en Ecuador, aún se cuantifican daños totales, 2016).

De acuerdo con el contraste de resultados entre la clasificación de usos de suelo y las parroquias presentes en el área de estudio, se destacan las siguientes parroquias:

Parroquia Colón

Se denotó un crecimiento exponencial en los grupos de asentamientos e infraestructura de cultivos puesto que es receptora de la población migrante campo ciudad, desempeñándose en la agricultura y, debido a que por su ubicación al sur es la más cercana a la naciente del río Portoviejo, se convirtió en el sector más consolidado dedicado a esta actividad. A su vez, esta situación conllevó al decrecimiento exponencial de tierra sin vegetación aparente (GAD Portoviejo, 2015).

Parroquia Simón Bolívar

Se evidenció una disminución de asentamientos e infraestructura a causa de la carencia de servicios públicos, problemas socioeconómicos y movimientos de masas e inundaciones.

Parroquia Picoazá

Esta presentó un decrecimiento exponencial de tierra sin vegetación aparente, en virtud del aumento acelerado de asentamientos e infraestructura y el ligero crecimiento de cultivos (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo], 2015).

Parroquia Portoviejo

Según lo analizado, se demostró que, por motivo de la presente regeneración urbana y el Parque Las Vegas, decreció la vegetación densa, mientras que la

menos densa aumentó. Por otro lado, las tierras sin vegetación aparente presentaron cambios según las actividades y necesidades transitorias de la población circundante, sin embargo, se acrecentó su cobertura en vista de los lotes vacíos, lo que probablemente esté en relación con los 40 edificios colapsados en el Centro de la ciudad, producto del Terremoto del 16A (Aguiar y Miele Bravo, 2016).

Para la fase 2 se determinó que el mayor número de asentamientos con alta susceptibilidad a riesgo de inundación medio, se encuentran en la parroquia Colón debido al desbordamiento del río Portoviejo por el incremento paulatino del caudal en periodos invernales atípicos como el Fenómeno del Niño, además, por las características morfológicas del sector (planicies y llanuras), aglomeración de material en viaductos de poca elevación con respecto al lecho del río, lo que produce represamiento del agua, proceso erosivo y de sedimentación (Rodríguez Palacios y Alarcón, 2021). En lo referente al elevado porcentaje de asentamientos, obedece a su condición de parroquia urbana de acuerdo con la normativa vigente, pese a que su connotación natural es rural, lo que conlleva a un bajo precio de la tierra, incentivando a la ciudadanía a establecerse en esta área.

Se identificó que los asentamientos que se ubican en la zona de riesgo de inundación alto representan la menor superficie con respecto a las otras zonas, en virtud de la gran proporción de parcelas agrícolas que existen por la naturaleza del sector. Destacando que, la parroquia 18 de Octubre posee el mayor porcentaje de asentamientos dentro de la zona de riesgo de inundación alto, puesto que es un área muy consolidada y bordea en gran proporción al río Portoviejo, presenta alta plusvalía, elementos potenciadores y equipamientos de salud (Pichucho Morales, 2017).

Por otro lado, la mayor concentración de construcciones se ubica en el centro y norte del área estudiada, ya que el primero es el sector origen de la ciudad y el segundo un sector con mejor calidad de servicios básicos e infraestructura de equipamientos (Ministerio de Defensa Nacional, 2012). Entre los impactos negativos que ocasionan la concentración de equipamientos se encuentran los cambios de uso inducidos en las edificaciones circundantes, producto de la demanda de usuarios por bienes y servicios, conjuntamente cambios de usos por la expansión no planificada (Franco y Zabala, 2012).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del análisis espacio temporal, se destaca el cambio exponencial de disminución de rasgos naturales y aumento de rasgos antrópicos, debido a que el crecimiento descontrolado de los asentamientos e infraestructuras ha incidido en las demás coberturas de suelo. La vegetación densa, menos densa y la tierra sin vegetación, han estado sujetas a cambios de acuerdo con las actividades predominantes de la población; de igual manera, para los cultivos, a pesar de que se vieron afectados a causa del fenómeno del Niño y la crisis financiera de los 90, actualmente han recuperado su ocupación, volviéndose la segunda actividad económica de la ciudad.

Se identificó que las zonas de mayor concentración de construcciones están presentes en los sectores norte y centro de la ciudad y, a su vez, la mayoría se encuentran consolidadas en la zona de riesgo de inundación medio, donde coincidentemente, en la fase anterior se denota una disminución del contexto natural. Junto con la validación cartográfica se evidenció que en la clasificación de usos de suelo destacó la incidencia de la ocupación de asentamientos, donde existen viviendas con alta proximidad al río, en zona de riesgo de inundación alto, lo que incumple el retiro y el área de protección. Esto produjo un deterioro de los servicios ecosistémicos y la afectación del paisaje urbano de las riberas del río Portoviejo. Por última instancia, se deben abordar las posibles soluciones como estrategias que se incorporen a los instrumentos de planificación territorial, articulados con el cuerpo legal vigente, teniendo en cuenta las verdaderas necesidades del territorio y generando insumos para la toma de decisiones por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, organismo encargado de promover el desarrollo sustentable del territorio. Se pueden considerar aspectos como:

- Información territorial: que sea accesible, congruente y actualizada.
- Zonas de riesgo de inundación: con regulación y reubicación de asentamientos, incentivos para propietarios de parcelas que permitan su ocupación en caso de fenómenos invernales y el fomento de una cultura de prevención.
- Área de protección: con un control territorial eficiente que posibilite la conservación.
- Participación social: que convierta al ciudadano en un actor decisivo en las problemáticas del contexto urbano.
- Valoración y recuperación del paisaje fluvial: con programas que incentiven la conexión ciudadana con el paisaje del río Portoviejo.

Contribuciones y agradecimientos

El artículo expuesto fue desarrollado por Andrés Chun y Evelyn Pólit como parte del proceso de titulación previo a la obtención del título de arquitectos, en la adquisición de datos geográficos, análisis y representación espacial en el sistema de información geográfica y la validación cartográfica en campo. Los docentes Douglas Pichucho y Adrián Reyna participaron en conjunto en la asesoría y tutoría, así como en la parte del diseño metodológico debido a su experiencia en los temas de ordenamiento territorial, planificación urbana y sistemas de información geográfica. Finalmente, fue revisado y aprobado por los cuatro autores.

Referencias bibliográficas

- Abad-Auquilla, K. (2020). El cambio de uso del suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68-91. <https://dx.doi.org/10.15359/rca.54-2.4>
- Aguiar, R., y Mieles Bravo, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(3), 257-282. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15108.12161>
- ArcGis Pro 2.8. (2021). *Superponer capas* [Standard Feature Analysis]. Esri. <https://bit.ly/3sBAAtAE>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Editorial Episteme, C.A. <https://bit.ly/33IMJGS>
- A un mes del terremoto en Ecuador, aún se cuantifican daños totales. (16 de mayo de 2016). *El Universo*. <https://bit.ly/3tV0e0O>
- Banco Central del Ecuador. (2010). *La Economía Ecuatoriana Luego de 10 Años de Dolarización*. <https://bit.ly/3rBLzVB>
- Chávez Moncayo, M. A., Blanco Torrens, R. y Watson Quesada, R. (2008). Estabilización de taludes en el río Portoviejo, Ecuador. *Minería y Geología*, 24(3), 1-9. <https://bit.ly/35cw5Qw>
- Chávez Perdomo, L. E. (2020). La gobernabilidad fluvial y sus dificultades en Colombia. *Inciso*, 22(1), 144-160. <https://bit.ly/3J4hXaG>
- Corporación Andina de Fomento. (s. f.). *El fenómeno El Niño 1997-1998 Memoria, Restos y Soluciones*. <https://bit.ly/3GUOVcP>
- Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales. [CREAF] (2019). *¿Qué son los servicios ecosistémicos?* <https://n9.cl/xxb0v>
- Ducci, M. E. (2012). *Conceptos Básicos de Urbanismo*. Editorial Trillas. https://www.academia.edu/34523183/Conceptos_Basicos_de_Urbanismo

- Durán Díaz, P. (2014). *El río como eje de vertebración territorial y urbana: el río San Marcos en Ciudad Victoria, México* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. Dialnet. <https://bit.ly/3GOJVqg>
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Manual Versión 17*. IDRISI Production. Clark University. <https://bit.ly/3FOtcC2>
- Ferro-Díaz, J. (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *Revista ECOVIDA*, 5(1),139-186. <https://bit.ly/33T143I>
- Franco, Á., y Zabala, S. (2012) Los equipamientos urbanos como instrumentos para la construcción de ciudad y ciudadanía. *DEARQ*, 11 (1):10-21.
- García Valarezo, D., Apolo Vivanco, N., y Bermeo Pacheco, J. (2019). Evaluación económica del sector agropecuario e industrial en el Ecuador 1980 – 2015. *Revista ECA Sinergia*, 10(2), 116-128. <https://bit.ly/3tMr6QB>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo]. (2015). *Diagnóstico por componentes ambiental socio cultural económico institucional y diagnóstico integrado*. https://issuu.com/gadportoviejo/docs/plan_de_desarrollo
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo]. (2018). *Ordenanza que incorpora a la Normativa Municipal la actualización de los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del cantón Portoviejo*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo [GAD Portoviejo]. (2020). *Plan 2035: Componente Territorial*. <https://bit.ly/3FIRZYh>
- Gómez, M. (2021). *Estimación del Grado de Marginación en México utilizando imágenes satelitales y aprendizaje profundo*. [Tesis de Maestría no publicada] Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://bit.ly/3oDdALZ>
- González García Sancho, A., Nájera González, O., Murray Núñez, R. M., y Marceleño Flores, S. M. L. (2016) Dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso del suelo en una cuenca hídrica. *Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias*, 5(9), 29-42. <https://n9.cl/j2txz>
- González Marañón, A., Palacios Mulgado, I., y Ábalos Rodríguez, A. (2020). Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 32(1), 154-171. <https://bit.ly/3B2zygi>
- González Torres, I. M. (2017). Sistema de información como herramienta para la gestión territorial. Requerimientos y particularidades en Cuba. *Retos de la Dirección*, 11(2), 177-196. <https://bit.ly/3LvWiub>
- Hernández, N. C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, XXXIV (56), <https://bit.ly/3BtdA6B>
- Hernández, R. (2017). *Rehabilitación de Ríos urbanos a través de la Infraestructura Verde. Caso de estudio Río Santiago, San Luis Potosí, S. L. P.* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí] Repositorio institucional de la UASLP, México. <https://bit.ly/3GOGksb>

- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). *Resultados del censo 2010 de población y vivienda del Ecuador, Fascículo provincial Manabí. Ecuador en cifras*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jiménez Noboa, S., Castro, L., Yépez, J., y Wittmer, C. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador*. Fundación Carolina CeALCI. <http://www.asocam.org/node/53354>
- Kolb, M., y Galicia, L. (2018). Scenarios and story lines: drivers of land use change in southern Mexico. *Environ Dev Sustain*, 20(1), 681–702 <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9905-5>
- López-Mares, L. M., Lozano de Poo, J. M., Torre-Silva, F., Rodríguez-Santiago, J., y López-Fraga, J. A. (2019). El ciclo hidro-social de los ríos urbanos: Transformaciones al paisaje hídrico en San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 45-69. <https://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.3>
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Editorial Omega.
- Melo L.H., y Camacho M.A. (2005). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la Tierra. Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2012). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000*. <https://bit.ly/3AiKpCy>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI]. (2018). *Memorias del Foro Urbano Nacional II: Rumbo a Hábitat III*. <https://bit.ly/3Jxa8dU>
- Montilla Pacheco, A. J., y Pacheco Gil, H. A. (2017). Comportamiento temporal y espacial del bosque ribereño en el curso bajo del río Portoviejo y la quebrada Chilán, Provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 21-35. <https://bit.ly/355hZQN>
- Moscoso, C. A. (2007). *Cambios En Los Usos Y Cobertura De Suelo Y Sus Efectos Sobre La Escorrentía Urbana Valparaíso Y Viña Del Mar, Periodo 1980-2005*. [Trabajo de grado, Universidad de Chile] Repositorio.uchile.cl. <https://n9.cl/cubzr>
- Ojeda Ojeda, N., Herrera Machuca, M., Bustamante Araya, R., Morales Salinas, L., Carrillo López, R., Bravo Ramírez, L., Espinosa Sepúlveda, A., Neira Ceballos, Z., Calzadilla Albornoz, S., y San-Miguel Ayanz, J. (2019). Efecto de las Áreas de entrenamiento y Método del árbol para una clasificación precisa en bosques primarios de araucaria y nothofagus en el sur de Chile: uso de datos landsat e información auxiliar. *Interciencia*, 44(6), 347-354. <https://www.redalyc.org/journal/339/33960068006/html/>
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing <https://volaya.github.io/libro-sig/>
- Osuna-Osuna, A. K., Díaz-Torres, J. J., Anda-Sánchez, J., Villegas-García, E., Gallardo-Valdez, J., y Davila-Vazquez, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Revista Ambiente & Agua*, 10(2), 350-362. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1539>

- Pazmiño Figueroa, L. A. (2015). *Los planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Análisis de Coyuntura*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Digital de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8750>
- Pichucho Morales, D. G. (2017). *Análisis de proceso de urbanización y desigualdades sociales a partir de un vial: El caso del cantón Portoviejo, Ecuador*. [Tesis de maestría no publicada]. Universidad de Barcelona.
- Pino Peralta, S., Aguilar, H., Apolo Loayza, A., y Sisalema Morejón, L. (2018). Aporte del sector agropecuario a la economía del Ecuador. Análisis crítico de su evolución en el período de dolarización. Años 2000 – 2016. *Revista Espacios*, 39(32), 7- 11. <https://bit.ly/3FlqsWQ>
- Proaño Andrade, P.D. (2015). *Análisis y evaluación de los asentamientos informales ubicados en la Parroquia Manuel Cornejo Astorga, del Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador] Repositorio institucional PUCE. <https://bit.ly/3uW8I8K>
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU – HABITAT]. (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012: Rumbo a una nueva transición Urbana*. Nairobi, Kenia. <https://bit.ly/3rCKOvJ>
- Quiroz Fernández, L. S., Ortiz Hernández, E. H., y Moreno Yépez, I. N. (2018). Impacto socio ambiental de la calidad del agua del río Portoviejo en el período 2014–2017. RECUS. *Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 3(2), 34-36. <https://bit.ly/3Bol2yu>
- Ramírez-Mejía, D., Cuevas, G., Meli, P., y Mendoza, E. (2017). Land use and cover change scenarios in the Mesoamerican Biological Corridor-Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 95(2), 221-234. <https://doi.org/10.17129/botsci.838>
- Reyna García, A. E., Reyna Bowen, J. L., y Vines Solorzano, C. J. (2017). Escenarios de crecimiento urbano 2017 y 2022 de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, a partir de autómatas celulares. *Revista San Gregorio* 2017, 19(1). <https://bit.ly/35bC3RH>
- Rocha Felices, A. (2018). *La morfología fluvial y su incidencia en la estabilidad de las obras viales*. Instituto de la construcción y gerencia. <https://bit.ly/3qO4rSh>
- Rodríguez Palacios, C., y Alarcón, J. R. (2021). Estudio hidromorfológico de la cuenca La Mona, El Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2), 1-29. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2598>
- Sahagún-Sánchez, F. J., y Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 12(2),6-21. <https://bit.ly/34MVXCv>
- Santassugna Riu, A. y Tort Donada, J. (2019). Agua y espacio urbano. Algunas consideraciones teóricas a propósito de la relación entre ciudad y río. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 65(2), 371-397 <https://bit.ly/3stLW58>
- Servicio Geológico Mexicano. [SGM]. (2017). *Sistemas de información geográfica. Gobierno de México*. <https://bit.ly/34FeW25>

- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos. (2019). *Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)*. <https://bit.ly/3BLH3Z6>
- Suárez Subirana, R. Y. (2018). *El río como eje vertebrador ecosocial metropolitano: El río Piraí de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia*. [Tesis de maestría no publicada]. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). <https://bit.ly/3HBhIU4>
- Smith, M. J., Goodchild, M. F., Longley, P. A. y Associates. (2021). *Geospatial Analysis A Comprehensive Guide to Principles Techniques and Software Tools*. Troubador Publishing Ltd. <https://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>
- Tamayo y Tamayo, M. (2002). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa, S.A. <https://n9.cl/c8k5>
- Tomalá Parrales, M. A., Cadena Silva, J. P., y Cedeño Loor, T. A. (2019). El proceso migratorio en el Ecuador después de la crisis económica-financiera de 1998-1999. un análisis histórico descriptivo. *Suplemento CICA Multidisciplinario*, 3(7), 62-84. <https://bit.ly/3g1I061>
- Trucíos-Caciano, R., Estrada-Ávalos, J., Cerano-Paredes, J., y Rivera-González, M. (2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso de suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 359-367. <https://bit.ly/3KsMgcy>
- Vargas Tobón, Y. (2020). *Revisión de Metodologías para la Clasificación de las Coberturas de la Tierra*. [Trabajo de Especialización, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15420/1/VargasYenifer_2020_MetodologiasClasificacionCoberturas.pdf
- Vásquez, N. D. (2019). *Plan de actuación urbano-paisajística en un tramo del río Portoviejo, parque Papagayo*. [Trabajo de grado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo] Repositorio institucional UEES. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/2983>
- Villanueva D., J., R. Jasso I., E. H. Cornejo O. y C. Potisek T. (2004). El mezquite en la Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. *AGROFAZ*, 4: 633-648.