

Cambios espaciotemporales en la cobertura de la tierra y valoración ecológica de las zonas ribereñas en la microcuenca del río Ipís, Costa Rica

Spatiotemporal changes in land cover and ecological assessment of riparian zones in the Ipís river micro-basin, Costa Rica

Ricardo Solano Leitón¹, Edgar Espinoza Cisneros², Eduardo Chacón Madrigal³

[Recibido: 19 de junio 2024, Aceptado: 5 de noviembre 2024, Corregido: 4 de diciembre 2024, Publicado: 24 enero 2025]

Resumen

[Introducción]: Las zonas ribereñas proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos, y en contextos urbanos de alta intervención humana, esta provisión puede ser especialmente importante. Sin embargo, a nivel mundial, los ecosistemas ribereños urbanos han sido altamente degradados. **[Objetivo]:** Esta investigación analizó la dinámica espaciotemporal de cambio de cobertura de la tierra para un periodo de 30 años (1992-2022) en la microcuenca urbana del río Ipís, en la Gran Área Metropolitana (GAM) costarricense, y realizó una valoración de la condición ecológica de sus zonas ribereñas. **[Metodología]:** Esto se realizó mediante técnicas geoespaciales de clasificación de imágenes satelitales y fotos aéreas, álgebra de mapas, cálculo de métricas de paisaje y utilización de un índice para evaluar integridad ecológica de riberas (índice QBR). **[Resultados]:** En el periodo estudiado, en la microcuenca del río Ipís hubo un aumento significativo de las coberturas impermeables (66.6 %) a expensas de coberturas con mayor funcionalidad ecológica, y ha habido una mayor fragmentación y aislamiento de parches de coberturas más permeables. Los valores del índice QBR, además, sugieren una severa alteración y deficiente integridad ecológica en las zonas ribereñas de la microcuenca en general. **[Conclusiones]:** La expansión de coberturas asociadas a usos urbanos ha sido prominente en la microcuenca del río Ipís en las últimas tres décadas, y la alta degradación en sus zonas ribereñas compromete la capacidad de proveer servicios ecosistémicos en este contexto de alta alteración antropogénica.

Palabras clave: ecología urbana; estructura del paisaje; índice QBR; río urbano; vegetación riparia.

Abstract

[Introduction]: Riparian zones provide a wide range of ecosystem services, and in urban contexts with high human intervention, this provision can be especially important. However, urban riparian zones worldwide have been highly degraded. **[Objective]:** This research analyzed the spatiotemporal dynamics of land cover change over a period of 30 years (1992-2022) in the urban micro-basin of the Ipís River in the Greater Metropolitan Area (GAM) of Costa Rica and evaluated the ecological condition of its riparian zones. **[Methodology]:** This was done using geospatial

1 Geógrafo, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. ricardo.solanoleiton@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0009-0000-3580-4744>

2 Geógrafo. Docente en Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. edgar.espinoza@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0002-1018-3440>

3 Biólogo. Docente en Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. eduardo.chacon_m@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0002-8328-5456>



techniques such as satellite image and aerial photo classification, map algebra, landscape metrics, and the use of an index for evaluating riparian ecological integrity (QBR index). **[Results]:** During the study period, in the Ipís River micro-basin there was a significant increase in impervious cover (66.6%) at the expense of more pervious cover with greater ecological functionality, and there has been greater fragmentation and isolation of patches of more pervious covers. The QBR index values also suggest high alteration and poor ecological integrity in the riparian zones of the micro-basin in general. **[Conclusions]:** The expansion of cover associated with urban uses has been prominent in the Ipís River micro-basin over the last three decades, and the high degradation in its riparian zones compromises the ability to provide ecosystem services in this context of high anthropogenic alteration.

Keywords: landscape structure; QBR Index; riparian vegetation; urban ecology; urban river.

1. Introducción

Los ecosistemas ribereños proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos como control de la erosión y sedimentación, provisión de hábitat, recreación y esparcimiento, regulación hídrica y purificación del aire, entre otros (Carrasco *et al.*, 2014; Ceccon, 2003; Fernández, 2009; Schlönvoigt, 2019). Estos servicios son particularmente importantes en zonas urbanas, caracterizadas por altos grados de alteración antropogénica. Las coberturas impermeables en zonas urbanas, por ejemplo, se asocian con reducción en la recarga acuífera, degradación del suelo y reducción de la biota superficial (Chhabra *et al.*, 2006). También, la alta densidad de población, la acelerada expansión de la frontera urbana y la ausencia de regulaciones efectivas de ordenamiento territorial exacerbaban la degradación de estos sistemas ribereños urbanos, y con ello de sus funciones ecológicas y los servicios ecosistémicos derivados (López Vázquez & Plata Rocha, 2009; Vidal & Romero, 2010).

En la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica, los ecosistemas de bosque ribereño se han restringido significativamente por el avance urbano (Ministerio Nacional de Ambiente y Energía [MINAE], 2020). Concentrando aproximadamente el 52.7% de la población del país en menos del 4% de su territorio, en la GAM se ejerce una presión significativa en los ríos que la atraviesan, así como en sus bosques ribereños, principalmente por demandas de espacio y por la contaminación asociada a las altas densidades de población (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2011; Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos [MIVAH], 2013). La falta de planificación urbana, particularmente en lo concerniente a asentamientos urbanos y fiscalización de normas, también ha incidido en la degradación de estos ecosistemas en la GAM (Quesada-Román, 2022). En este aspecto, el irrespeto a las zonas de protección de ríos, un manejo laxo de residuos, la falta de control de asentamientos que invaden laderas y cauces, y los procesos de deforestación, destacan como las principales problemáticas que afectan a las zonas ribereñas en la GAM (MINAE, 2020).

Por ello, esta investigación analiza la dinámica espaciotemporal de cambio de uso y cobertura de la tierra para una microcuenca urbana en la GAM con alta densidad de población



para un periodo de 30 años (1992-2022), con el fin de conocer la extensión y condición de los ecosistemas ribereños urbanos del río Ipís. Este análisis se realiza para toda la microcuenca. También, se determina la condición ecológica general de las zonas ribereñas para el 2023. A nuestro conocimiento, no existe información a escala fina sobre los cambios paisajísticos en esta microcuenca, ni tampoco información actual sobre la condición ecológica general de sus zonas ribereñas. Consideramos que estudios como este son esenciales como insumo para esfuerzos de protección o restauración ecológica especialmente en contextos urbanos caracterizados por una alta presión antropogénica.

2. Metodología

2.1 Caracterización socioecológica del sitio de estudio

La microcuenca del río Ipís se ubica en la provincia de San José y forma parte de la subcuenca del río Virilla, a su vez parte de la cuenca del río Grande de Tárcoles de la vertiente Pacífico del país (**Figura 1**). Tiene un área aproximada de 5.93 km² (593.6 ha), una longitud aproximada de 9.09 km lineales y una dirección de flujo de este a oeste. El río Ipís nace a una altitud de 1 525 m s.n.m., y confluye con el río Virilla a 1 148 m s.n.m. En lo político-administrativo, la microcuenca es parte de tres cantones (Vázquez de Coronado, Goicoechea y Moravia) y siete distritos (Ipís, El Carmen, Rancho Redondo, San Isidro, Patalillo, La Trinidad y San Vicente).

Geológicamente, la microcuenca se constituye principalmente de materiales volcánicos del Cuaternario, tales como lavas de tipo basáltico y andesítico, lahares, tobas, aluviones y cenizas (**Vargas, 2001**) producto de la actividad del volcán Irazú y de las subunidades volcánicas colapsadas del mismo, como el cerro Pico de Piedra y el Cabeza de Vaca (**Sequeira, 2021**). Geomorfológicamente, se ubica en la fosa tectónica Valle Central.

El río fluye de forma paralela a otros ríos y quebradas como el río Durazno y quebrada San Francisco al norte, así como el río Purral y quebrada Mozotal al sur. En su mayoría presenta pendientes inferiores al 15 %, con un valle profundo en el cauce del río donde las pendientes superan el 30 % en algunos tramos. El suelo se compone de sustratos de cenizas de distintos espesores que cubren las capas de lava y la roca sedimentaria inferior (**Vargas, 2001**). Los suelos corresponden a andisoles con texturas franco-arenosas y arcillosas (**Mata et al., 2013**).

El sitio tiene una precipitación anual promedio que ronda los 2 000 mm, así como una temperatura media entre 15° a 25° centígrados (**Munguía et al., 2011; Sequeira, 2021**). Presenta un periodo seco que dura de 3.5 a 5 meses, entre diciembre y abril aproximadamente (**Munguía et al., 2001; INA, 2010**). La microcuenca se encuentra en una región que, acorde a las zonas de vida de Holdridge, corresponde a bosque húmedo premontano (**Bolaños et al., 2005**).



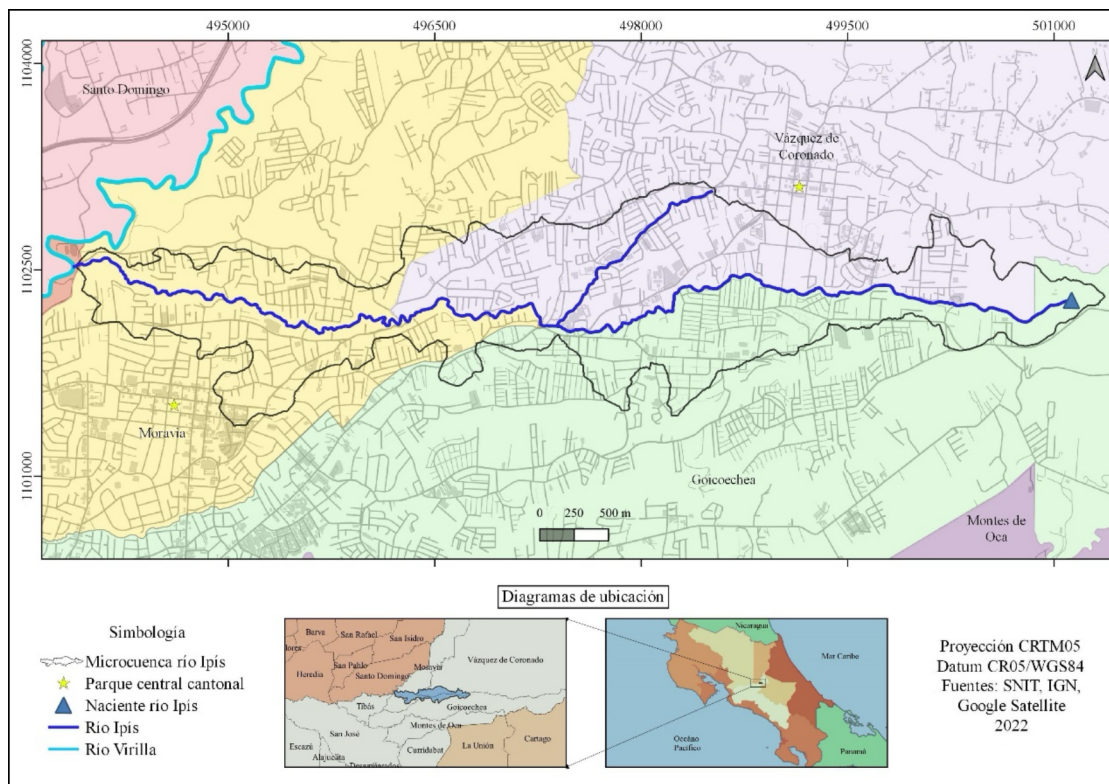


Figura 1. Mapa de referencia de la microcuenca del río Ipís.
Figure 1. Reference map of the Ipís river micro-basin.

En la microcuenca se ha hallado evidencia arqueológica de ocupación humana en la época precolombina, concretamente del 300 a.C. hasta 1550 d.C. (Valverde, 2011). Investigaciones sugieren que en la microcuenca existían sitios de asentamiento indígena con fines de acceso al agua, como sitio de paso para otros poblados, así como para la caza y pesca (Rodríguez, 2012). Para mediados del siglo 16, los colonos de origen español poblaron la zona y las poblaciones autóctonas que en su momento aún habitaban fueron disminuyendo en número (Rodríguez, 2012).

Posteriormente, el crecimiento de la población en la zona este de la GAM dio origen a lo que durante el siglo 18 y parte del siglo 19 se denominó el Valle del Murciélago (lo que hoy es La Uruca, Tibás, San Vicente de Moravia, San Isidro de Coronado y Goicoechea). Esta zona había adquirido una vocación agrícola desde la época de la colonia, especialmente de tabaco y café. El café tuvo su auge en esta zona en la segunda mitad del siglo 19 y entrado el siglo 20, lo que llevó a la construcción de caminos de acceso (uno muy importante paralelo al río Ipís), y al desarrollo de asentamientos asociados a la producción de café y ganadería en menor medida (Valverde, 2011). Fue así como los cantones que conforman el área de estudio se fueron consolidando como municipios independientes (Goicoechea en 1891, Vázquez de Coronado en 1910, y Moravia en 1914).



En la primera mitad del siglo XX, la población de estos cantones se mantuvo estable, a pesar de un crecimiento en las actividades agrícolas y comerciales (Rodríguez, 2010; 2012). Ya para los 50 y 60, y en línea con la tendencia general en el país, se da un acelerado aumento demográfico en la zona (Cordero Ulate, 2004). Entre los 60 y 80, y bajo la influencia del modelo nacional de sustitución de importaciones se acelera la urbanización de la GAM en parte por procesos de migración rural-urbano (Villasuso, 2000).

En efecto, debido al considerable aumento en la población en estos cantones en este período, hubo cambios político-administrativos en el cantón de Goicoechea con la separación del distrito Purrál del distrito Ipís en 1991 (Rodríguez, 2012), y que también se reflejó en Moravia y Coronado. Con este acelerado aumento poblacional, en la GAM en general se dio un déficit habitacional que derivó en el establecimiento de asentamientos informales en varios sitios. A raíz de esto, se desarrollaron proyectos de vivienda para atender esta problemática, algunos de los cuales se establecieron en la microcuenca del río Ipís (Jiménez Céspedes & Ramírez Sánchez, 2007; Munguía Paíz *et al.*, 2011).

Para la década de los noventa, la GAM era ya una coalescencia urbana consolidada (Proyecto de Desarrollo Urbano Sostenible [ProDUS-UCR], 2020). Desde entonces, la microcuenca del río Ipís ha reflejado ese proceso de acelerada transformación urbana en la GAM, comprometiéndose con ello la integridad ecológica de los ecosistemas que son reemplazados por coberturas asociadas a usos urbanos.

2.2 Creación de mapas de cobertura de la tierra

Para la delimitación de la microcuenca se usaron técnicas de cartografía digital utilizando el programa QGIS 3.4.15. Se realizó un modelo de elevación digital obtenido a partir de curvas de nivel a cada 10 metros, generadas en el 2007 como parte del Plan Regional Urbano de la GAM (PRUGAM). Para los mapas del año 1992 se usó como base fotografía digital aérea del 26 de enero del mismo año, a una escala de 1:50 000 y parte del proyecto DMA (Defense Mapping Agency) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica. Para esta investigación se eligió esta imagen por su calidad en cuanto a resolución espacial y funcionalidad para la fotointerpretación. Para el año 2022 se trabajó con el mapa base de *Google Satellite*, que consiste en un mosaico de imágenes satelitales de la constelación de sensores *CNES/Airbus* de la compañía *Maxar Technologies*, y cuya resolución espacial es de 8 metros. Ambas imágenes fueron georreferenciadas utilizando como base el sistema de coordenadas CRTM05. El factor de la altitud no se tomó en cuenta en este caso considerando el tamaño del área de estudio y su topografía predominantemente plana, por lo que los resultados no son equivalentes a las dimensiones exactas del terreno en la realidad. Sin embargo, considerando lo anterior, esta condición no compromete los resultados en el marco de los objetivos de esta investigación.

Una vez delimitada la microcuenca, se generaron mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 1992 y 2022 mediante fotointerpretación, identificando y clasificando las distintas coberturas mediante digitalización manual por medio del software QGIS 3.4.15. Se optó por la



clasificación manual para mejorar la precisión y acierto en la asignación de las categorías, considerando además que esto se facilitaba por el tamaño del área de estudio. El **Cuadro 1** muestra los tipos y las categorías de cobertura de la tierra utilizadas en esta investigación. Para verificar la clasificación de las coberturas de la tierra, se realizaron comprobaciones en campo, entrevistas con informantes clave e investigaciones relacionadas (p.ej., Calvo-Villalobos *et al.*, 2019; Herrera-Murillo *et al.*, 2018; Pujol & Pérez, 2012).

Cuadro 1. Tipos generales y categorías específicas de cobertura de la tierra utilizadas para la clasificación de las imágenes satelitales y fotos aéreas, con una breve descripción de cada una.

Table 1. General types and specific categories of land covers used for the classification of satellite images and aerial photos, with a brief description of each.

Tipo general de cobertura	Categoría	Descripción
Impermeable	Edificaciones y caminos	Coberturas impermeables asociadas a infraestructuras construidas por el ser humano, con materiales de alta impermeabilidad como cemento, asfalto, metal y similares.
	Pasto	Áreas de vegetación gramínea desprovista de cobertura arbórea.
	Pasto con árboles dispersos	Áreas de vegetación gramínea con cobertura arbórea dispersa.
Permeable	Cobertura vegetal ribereña	Parches de vegetación adyacentes a las márgenes del río con composición florística variada que comprende especies de tipo arbustivo, matorral y/o árboles leñosos de varios metros de altura. Estos parches se ubican dentro de la zona de protección ribereña en ambos márgenes, entre 10 m y 50 m del cauce definidos por ley según la pendiente, pero pueden extenderse más allá de esta zona según su grado de conectividad.
	Bosque no-ribereno	Parches boscosos conformados principalmente por especies arbóreas leñosas de varios metros de altura que no están directamente adyacentes al cauce del río y que están fuera de la zona de protección ribereña definida por ley.
	Arbustivo (uso agrícola)	Coberturas predominantemente arbustivas asociadas a actividades de cultivo.
	Suelo desnudo	Áreas desprovistas de cobertura vegetal en las que predomina un suelo expuesto (roca, arena, grava, etc.).

2.3 Análisis de cambios de cobertura de la tierra

Utilizando como base los mapas de cobertura de la tierra para 1992 y 2022, se realizó una sobreposición e intersección de mapas mediante el software ArcMap (ArcGIS versión 10.8.2) para obtener mapas de cambio en la microcuenca. De estos mapas se obtuvieron datos cuantitativos y espacialmente explícitos del cambio para el periodo estudiado. Como complemento,



se calcularon métricas de paisaje para caracterizar la variación en la estructura paisajística en la microcuenca utilizando los mapas de cobertura de la tierra de 1992 y 2022 en formato ráster. Las métricas fueron calculadas utilizando el programa FRAGSTATS versión 4.2.

2.4 Condición ecológica de las zonas ribereñas

Para evaluar la condición ecológica de las zonas ribereñas se aplicó el índice de Calidad del Bosque Ribereño (QBR, por sus siglas en catalán) desarrollado por Munné *et al.* (2003). Este índice ha sido aplicado en diversas investigaciones asociadas a la evaluación ecológica de zonas ribereñas (p.ej., Araya-Yannarella & Fernández-Hernández, 2017; Carrasco *et al.*, 2014; Fernández, 2009; Kutschker *et al.*, 2009; Munné *et al.*, 2003). El índice consta de cuatro apartados que evalúan aspectos biológicos y morfológicos de la zona ribereña y su cauce, a saber: 1) grado de cobertura vegetal total, 2) estructura de la vegetación, 3) calidad de la cobertura vegetal y 4) grado de naturalidad del canal fluvial. Cada uno de estos cuatro apartados cuenta con una puntuación entre 0 y 25, para un puntaje máximo agregado de 100. A su vez, existen cinco categorías con base en la puntuación final del índice QBR (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Categorías de clasificación del ecosistema ribereño acorde al índice QBR con sus respectivos rangos de puntuación.

Table 2. Classification categories of riparian ecosystem according to the QBR index, with their respective score ranges.

Clasificación de la calidad del ecosistema ribereño	Resultado QBR	Color
Ecosistema ribereño en condiciones naturales	≥95	Azul
Algo de alteración, buena calidad	75-90	Verde
Alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración severa, calidad mala	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad muy mala	≤25	Rojo

Fuente: Munné *et al.* (2003).

Para el cálculo del QBR, se realizó una clasificación taxonómica de las especies vegetales predominantes en cada sitio de muestreo. Sin embargo, para esta investigación se hizo una modificación al índice, debido a las diferencias en biodiversidad entre el contexto donde se desarrolló este índice y el de esta investigación. Concretamente, se incrementó el número mínimo de especies arbóreas en cada sitio para poder establecer el puntaje a 10 para los transectos del río de morfología encajonada y de fuerte pendiente (>30 %), y a 20 para los sitios de pendiente moderada (<30 %). Estos números se establecieron basándose en la cantidad mínima y máxima de especies observada en cada sitio.

Para este análisis de la integridad ecológica, se definieron siete transectos, cada uno de entre 50 m y 100 m de largo en cada margen del río, con un ancho variable acorde al área disponible y usando como límite el área de protección de la ribera definida en la Ley Forestal de 1995. Para establecer los sitios de los transectos, se consideró toda la extensión del río, desde su nacimiento hasta su confluencia. El rango de separación final entre cada sitio rondó entre 1 km (los sitios



más cercanos entre sí) y los 2.2 km (los más distantes). La longitud de los transectos en los sitios del 1 al 5 fue de aproximadamente 100 m, mientras que los dos últimos transectos, en los sitios 6 y 7, la distancia de observación y muestreo fue de aproximadamente 50 m debido a limitaciones de acceso y/o a fuerte pendiente. Sin embargo, el QBR puede aplicarse en sitios de dimensiones variables (Munné *et al.*, 2003). La selección de la cantidad y las dimensiones de los transectos se basó en investigaciones previas que han aplicado el QBR (p.ej., Munné *et al.*, 2003); Fernández *et al.*, 2009 y Kutschker *et al.*, 2009). La accesibilidad fue un factor que influyó en la elección de los sitios, ya que en algunos tramos el ingreso al río era difícil ya sea por alta pendiente o por prohibición de ingreso al ser zona privada.

3. Resultados

3.1 Cambios de cobertura de la tierra en la microcuenca del río Ipís (1992-2022)

3.1.1 Coberturas impermeables vs permeables

Los resultados del mapeo de coberturas impermeables y permeables se presentan en el Cuadro 3 y en la Figura 2. De los resultados más sobresalientes de este análisis fue el aumento del 66.6 % del espacio construido (coberturas impermeables) en el periodo estudiado, a expensas del espacio sin construir (coberturas con mayor nivel de permeabilidad).

Cuadro 3. Áreas según cobertura de la tierra en la microcuenca del río Ipís para el periodo 1992-2022.

Table 3. Areas per land cover in the Ipís River micro-basin for the 1992-2022 period.

Año	Espacio construido (ha)	Espacio sin construir (ha)	Total
1992	240.4 (40.5 %)	353.2 (59.5 %)	593.6 (100 %)
2022	400.6 (67.5 %)	192.8 (32.5 %)	593.6 (100 %)
Diferencia	160.2 (+66.6 %)	-160.4 (-45.4 %)	-

Las áreas con cobertura permeable se han conservado mejor en la zona alta de la microcuenca, cerca de Rancho Redondo (Figura 2), lo que coincide con el comienzo del anillo de contención urbana de la GAM. Otra área permeable que se conservó en el periodo de estudio fue la cercana a la desembocadura del río Ipís en el río Virilla, debido especialmente a la pronunciada pendiente del cañón del río que indisponen los asentamientos humanos. En general, el mapa sugiere un incremento en la población urbana y sus actividades asociadas en función del aumento en la cobertura impermeable típicamente ligada a usos urbanos intensivos.



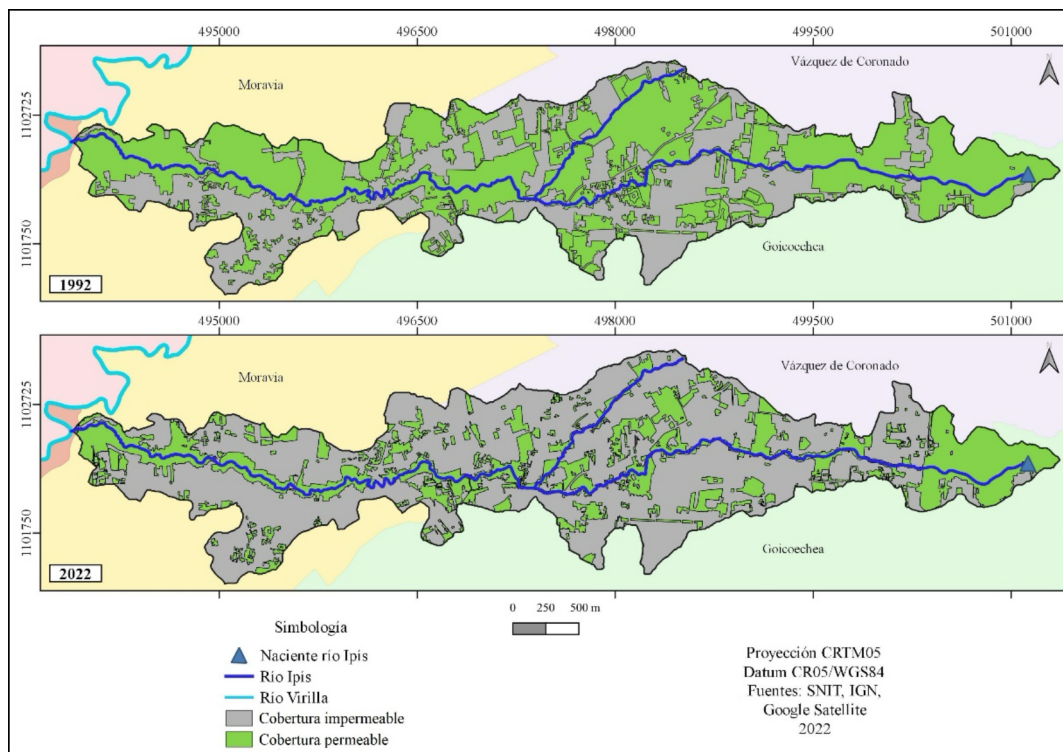


Figura 2. Mapa de coberturas impermeables (espacio construido) y coberturas permeables (espacio sin construir) en la microcuenca del río Ipís para 1992 y 2022.

Figure 2. Map of impervious covers (built-up areas) and pervious covers (unbuilt areas) in the Ipís River micro-basin for 1992 and 2022.

La **Figura 3** muestra las transiciones entre cobertura permeable e impermeable en el periodo de estudio (polígonos en rojo), así como las coberturas permeables que se mantuvieron como tales en ambos puntos de tiempo (polígonos en verde claro). Muchas de las transiciones hacia coberturas impermeables se dieron en la parte norte de la microcuenca, mientras que en los extremos este y oeste los parches de cobertura permeable se mantuvieron. Además, mucha de la cobertura impermeable en 1992 se ha mantenido sin cambios al 2022 (polígonos en gris); es decir, la mayor parte de las áreas construidas en 1992 han permanecido en la misma condición hasta el 2022, salvo un área de 0.15 hectáreas que correspondía a edificaciones que fueron eliminadas. Por el contrario, de las 353.2 ha libres de cobertura impermeable que había en 1992, en 2022 se conservaron solamente 192.8 ha (un 54.6 %).



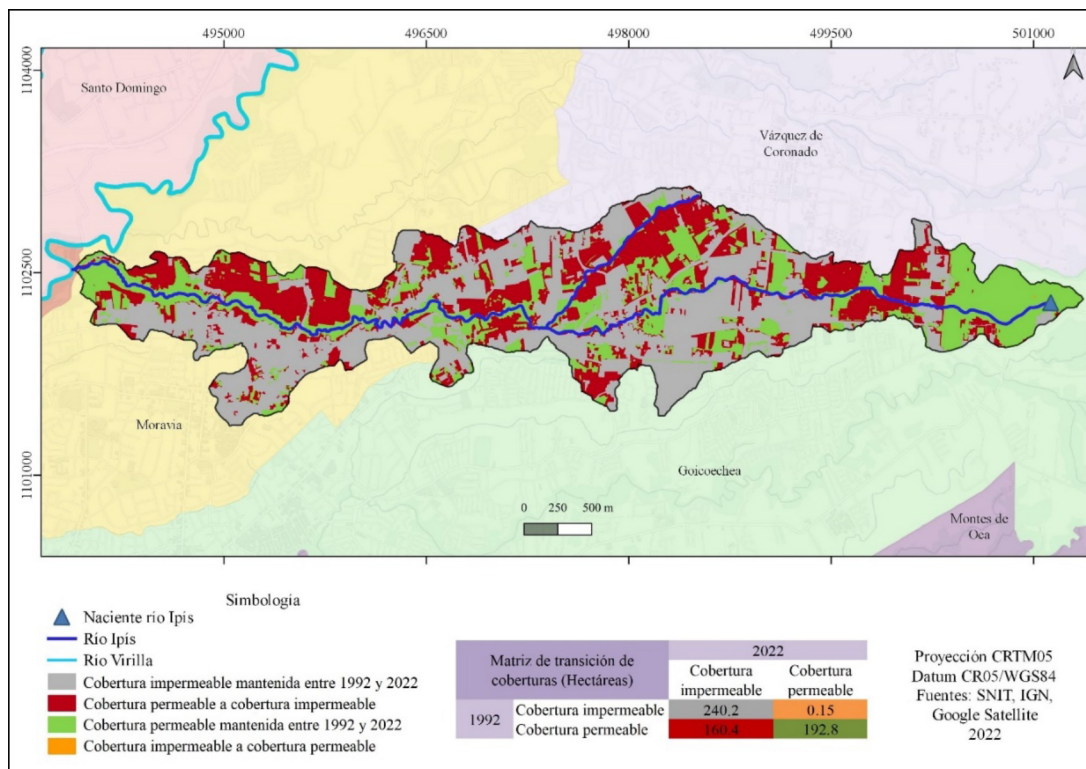


Figura 3. Mapa de transiciones entre coberturas impermeables (espacios construidos) y permeables (espacios sin construir) para los años 1992 y 2022 en la microcuenca del río Ipís.

Figure 3. Map of transitions between impervious covers (built-up areas) and pervious covers (unbuilt areas) for the years 1992 and 2022 in the Ipís River micro-basin.

3.1.2 Análisis de coberturas específicas y sus transiciones de cambio

El **Cuadro 4** resume los cambios para cada categoría de cobertura específica para el periodo de estudio. Como se aprecia, las coberturas asociadas a usos agrícolas se redujeron de un 6.2 % del área de la microcuenca en 1992 (36.7 ha) a un 0.3 % en 2022 (1.6 ha), mayormente a expensas de coberturas impermeables. La categoría de cobertura vegetal ribereña, de manera similar, se redujo de un 11.4 % en 1992 (67.5 ha) a un 7.6 % (44.9 ha). Siempre sobre estas zonas ribereñas, la **Figura 4** muestra cómo estas han sido aisladas y fragmentadas por coberturas impermeables, limitando la conectividad ecológica y el efecto de amortiguamiento que generan las coberturas con vegetación en las zonas ribereñas.



Cuadro 4. Valores de área para cada cobertura de la tierra en la microcuenca del río Ipís para los años 1992 y 2022 (valores en hectáreas).

Table 4. Area values for each land cover in the Ipís River micro-basin for the years 1992 and 2022 (values in hectares).

Cobertura de la tierra	1992	2022	Tendencia
Edificaciones y caminos	240.4 (40.5 %)	400.6 (67.5 %)	↑
Pasto	94.2 (15.9 %)	43.5 (7.3 %)	↓
Pasto con árboles disperses	78.2 (13.2 %)	83.7 (14.1 %)	↑
Cobertura vegetal ribereña	67.5 (11.4 %)	44.9 (7.6 %)	↓
Bosque no-ribereno	50.8 (8.6 %)	10.6 (1.8 %)	↓
Agrícola (arbusitivo)	36.7 (6.2 %)	1.6 (0.3 %)	↓
Suelo desnudo	25.4 (4.3 %)	8.4 (1.4 %)	↓
Total	593.6 (100 %)	593.6 (100 %)	

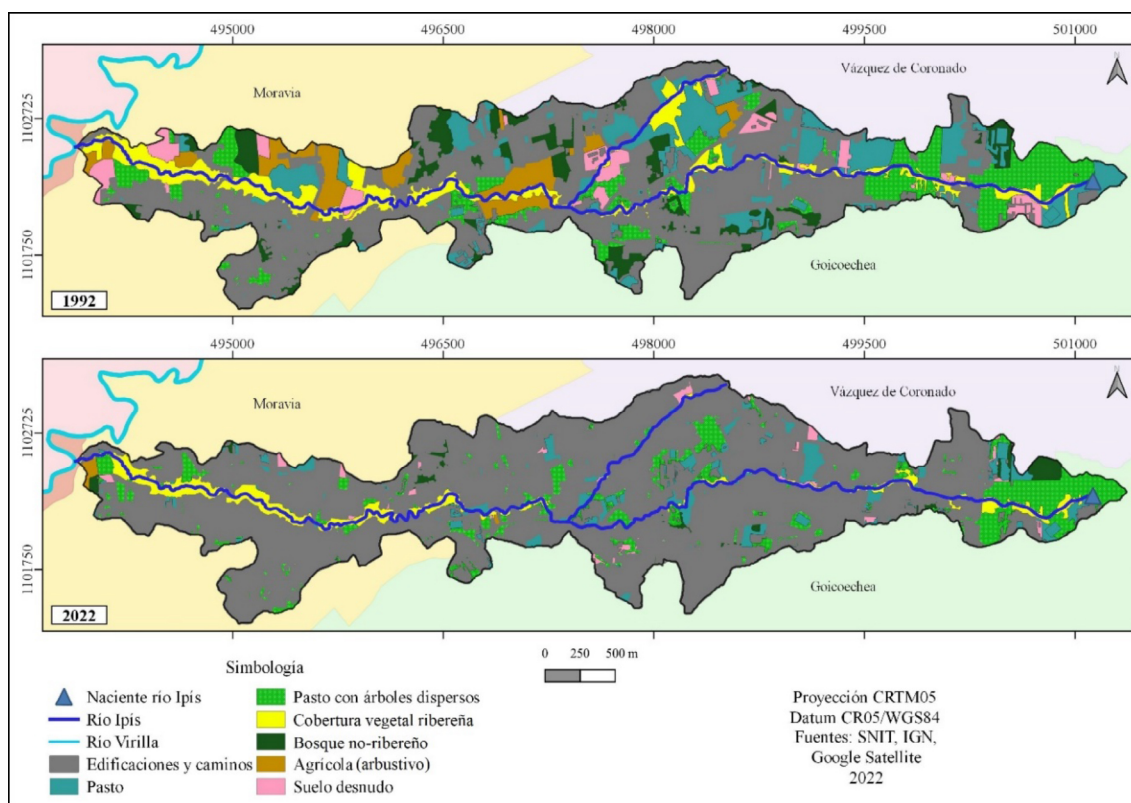


Figura 4. Mapa de coberturas de la tierra para 1992 y 2022 en la microcuenca del río Ipís.

Figure 4. Land cover map for 1992 and 2022 in the Ipís River micro-basin.



Análisis más detallados de las coberturas específicas y sus transiciones (**Cuadro 5**) respaldan el aumento significativo de las coberturas asociadas al uso urbano en la microcuenca. Sobre las transiciones, resalta la intrusión de coberturas impermeables a expensas de todas las otras coberturas, particularmente de pastos y pastos con árboles dispersos, así como de áreas ribereñas con vegetación y bosques no-ribereños. También hubo un porcentaje significativo de áreas agrícolas y suelo desnudo que transicionaron a coberturas impermeables. Así, de las 94.2 ha de pasto existentes en 1992, 51.3 ha (un 54 %) pasaron a coberturas impermeables en 2022. También, un 57 % del área total de parches boscosos no-ribereños en 1992 (29.3 ha) se perdieron a expensas de coberturas impermeables. En el caso la cobertura de pasto con árboles dispersos, a pesar de perder 22.9 ha de 1992 al 2022 a costa de coberturas asociadas a usos urbanos, mostró un crecimiento de 4.9 ha a expensas de otras categorías como parches boscosos no-ribereños, zonas agrícolas y pastos. Por ejemplo, los bosques no-ribereños perdieron un porcentaje importante del área a expensas de la cobertura de pastos con árboles dispersos. También, esta última cobertura tuvo una ganancia de 17.7 ha a expensas de pastos, algo que puede deberse a diversas dinámicas de uso de la tierra como terrenos “ociosos” que se dejan en abandono.

Cuadro 5. Matriz de transición de coberturas de la tierra entre 1992 y 2022 en la microcuenca del río Ipís (valores en hectáreas).

Table 5. Land cover transition matrix between 1992 and 2022 in the Ipís River micro-basin (values in hectares).

Matriz de cambio de uso del suelo	Usos 2022							
	Edificaciones y caminos	Pasto	Pasto con árboles dispersos	Cobertura vegetal ribereña	Bosque no-ribereño	Agrícola (arbustivo)	Suelo desnudo	
Edificaciones y caminos	240.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	240.4
Pasto	51.3	21.0	17.7	1.4	0.2	0.0	2.7	94.2
Pasto con árboles dispersos	22.9	8.8	38.1	3.4	4.2	0.0	0.8	78.3
Cobertura vegetal ribereña	18.7	3.5	6.6	38.0	0.1	0.0	0.7	67.6
Bosque no-ribereño	29.3	3.3	11.6	0.2	5.3	0.0	1.1	50.8
Agrícola (arbustivo)	21.3	3.6	7.9	1.3	0.2	1.7	0.8	36.8
Suelo desnudo	16.8	3.2	1.4	1.2	0.6	0.0	2.4	25.4
	400.6	43.3	83.2	45.5	10.6	1.7	8.6	593.6
	Totales 2022							Área total

La lectura por fila (horizontal) indica las pérdidas que la cobertura tuvo de 1992 al 2022 a expensas de las otras categorías, mientras que si se lee por columna (vertical) indica las ganancias que tuvo con respecto a las otras categorías para el mismo período.



3.2 Análisis de los usos de la tierra mediante métricas del paisaje

El análisis de la estructura paisajística evidencia una consolidación de las coberturas asociadas a usos urbanos en el paisaje de la microcuenca a expensas de las otras coberturas (**Cuadro 6**). Como era de esperar, las coberturas impermeables muestran menos número de parches debido a los procesos de consolidación en coalescencias más extensas y prominentes espacialmente hablando. Esto también se evidencia en el aumento de un 75 % en el tamaño promedio de los parches de la categoría de edificaciones y caminos, pasando de 3.2 ha en 1992, a 5.6 ha en 2022. También cabe resaltar que el parche más grande de cobertura impermeable abarca, al 2022, un 65 % del área total de la microcuenca, comparado a un 35.2 % en 1992.

Esta abrumadora incursión de coberturas impermeables ha fragmentado el paisaje en lo que respecta a las coberturas permeables con vegetación. En el periodo estudiado, el paisaje de la microcuenca ha pasado a tener una matriz predominantemente compuesta por conglomerados de parches de coberturas impermeables a costa de coberturas permeables. Las categorías de cobertura vegetal ribereña, bosque no-ribereno y coberturas asociadas a usos agrícolas, por ejemplo, presentan menos cantidad de parches aunado a una menor área promedio en cada parche, lo cual sugiere procesos de fragmentación. El número de parches de cobertura vegetal ribereña se redujo en casi un 18 % en el periodo estudiado, a la vez que el tamaño promedio del parche se redujo en un 20 %. También, en 1992, el parche más grande de esta cobertura ribereña comprendía casi un 4 % del área de la microcuenca, mientras que en 2022 era solo de un 1.8 %.

Cuadro 6. Valores de las métricas de paisaje para las coberturas consideradas en la microcuenca del río Ipís, para 1992 y 2022, con una interpretación general de cada una.

Table 6. Landscape metric values for the land covers considered in the Ipís River micro-basin, for 1992 and 2022, with a general interpretation of each.

Cobertura	Métrica	Valor 1992	Valor 2022	Interpretación general
Edificaciones y caminos	Área Total (ha)	240.4	400.7	En esta cobertura, el área total ha aumentado significativamente de 1992 a 2022, con menos parches, pero más extensos y prominentes espacialmente hablando. Por ejemplo, el parche más grande de cobertura impermeable comprende un 65 % del área de la microcuenca, sugiriendo una coalescencia en parches más grandes.
	Porcentaje en microcuenca	40.5	67.5	
	Número de parches	75	71	
	Índice del parche más grande	35.2	65.1	
	Área Promedio (ha)	3.2	5.6	
	Total de borde	100 492.5	115 170.1	
Pasto	Área Total (ha)	94.2	43.6	Las áreas de pastos se han reducido más de la mitad. Las métricas evidencian una mayor fragmentación de esta cobertura por el aumento en el número de parches, así como también una reducción en el área promedio de cada uno.
	Porcentaje en microcuenca	15.9	7.3	
	Número de parches	96	161	
	Índice del parche más grande	2	0.6	
	Área Promedio (ha)	1.0	0.3	
	Total de borde	48 997.5	42 982.5	



Cobertura	Métrica	Valor 1992	Valor 2022	Interpretación general
Pasto con árboles dispersos	Área Total (ha)	78.3	83.7	Esta categoría muestra un aumento general a expensas de pastos y parches boscosos. Sin embargo, se ha dado una fragmentación de esta cobertura ya que el número de parches aumentó en casi un 100 %, y con una reducción en el área promedio de cada parche.
	Porcentaje en microcuencia	13.2	14.1	
	Número de parches	55	106	
	Índice del parche más grande	3.1	2.7	
	Área Promedio (ha)	1.4	0.5	
	Total de borde	37 230	72 232.5	
Cobertura vegetal ribereña	Área Total (ha)	67.6	44.9	Esta cobertura tuvo una reducción significativa en el área de la microcuencia que comprende. Esto probablemente se refleja en la menor cantidad de parches en el 2022 con respecto a 1992, y en una reducción en el tamaño promedio de cada parche.
	Porcentaje en microcuencia	11.4	7.6	
	Número de parches	17	14	
	Índice del parche más grande	3.8	1.8	
	Área Promedio (ha)	4	3.2	
	Total de borde	36 352.5	30 472.5	
Bosque no-ribereno	Área Total (ha)	50.8	10.6	Los parches de bosque no-ribereno tuvieron una disminución considerable en área, así como en número de parches y una leve disminución en el tamaño promedio de parches. El parche continuo más grande de esta categoría abarca solamente un 0.5 % del total de la microcuencia. También resalta la drástica disminución en el total de borde de parches boscosos.
	Porcentaje en microcuencia	8.6	1.8	
	Número de parches	54	15	
	Índice del parche más grande	1.2	0.5	
	Área Promedio (ha)	0.9	0.7	
	Total de borde	31 672.5	7 942.5	
Arbustivo (uso agrícola)	Área Total (ha)	36.8	1.7	Los parches de coberturas asociadas a usos agrícolas tuvieron una disminución muy notoria. Actualmente el porcentaje de estas coberturas en la microcuencia es de solo un 0.3 %, con solo dos parches y un tamaño promedio de 0.8 ha por parche
	Porcentaje en microcuencia	6.2	0.3	
	Número de parches	15	2	
	Índice del parche más grande	1.4	0.2	
	Área Promedio (ha)	2.4	0.8	
	Total de borde			
Suelo desnudo	Área Total (ha)	25.5	8.5	El área bajo suelo desnudo disminuyó un 67 % al 2022. El área promedio del parche también disminuyó, pero el número de parches aumentó.
	Porcentaje en microcuencia	4.3	1.4	
	Número de parches	28	37	
	Índice del parche más grande	0.5	0.2	
	Área Promedio (ha)	0.9	0.2	
	Total de borde			



3.3 Evaluación de condición ecológica de las zonas ribereñas mediante el índice QBR

La **Figura 5** representa los sitios de muestreo donde se aplicó el índice QBR en la microcuenca, y el **Cuadro 7** muestra los resultados del índice QBR para cada sitio. En términos generales, el cauce y las zonas ribereñas del río Ipís presentan una condición ecológica de “mala” o “muy mala” en cinco de los siete sitios analizados.

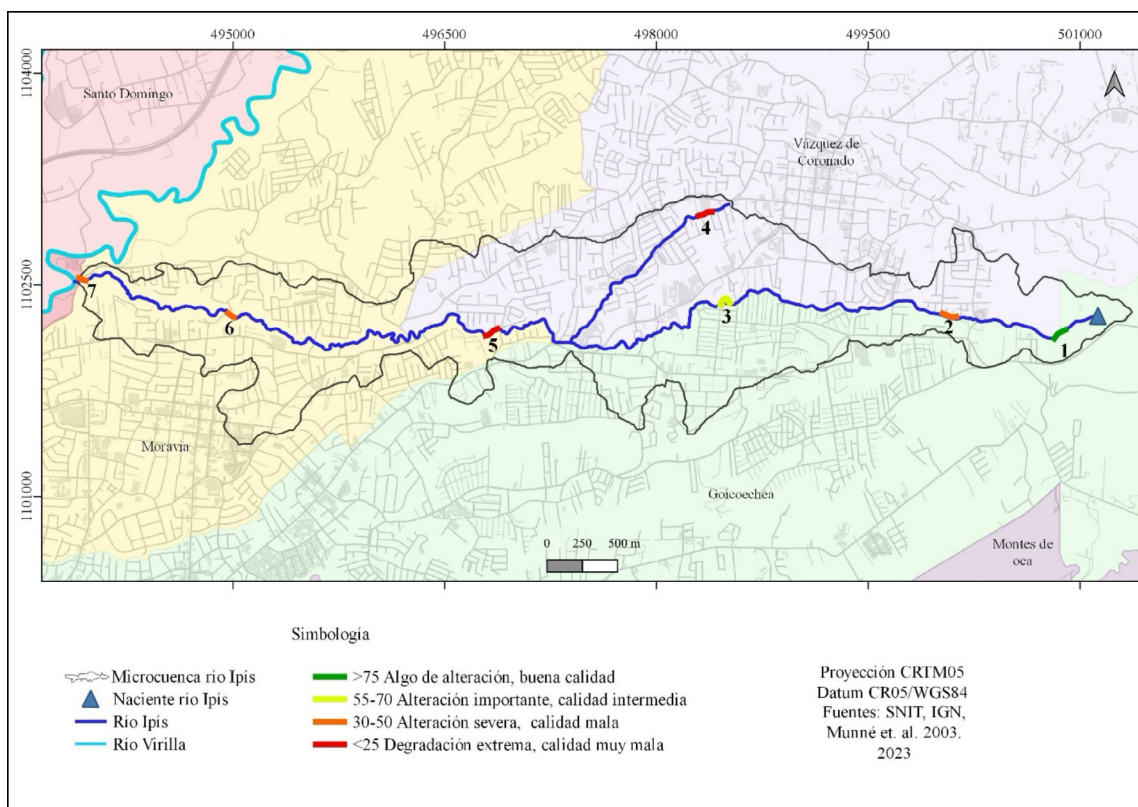


Figura 5. Mapa de ubicación de los siete sitios de muestreo, con los resultados del QBR en categorías con colores.
Figure 5. Map showing the locations of the seven sampling sites, with QBR results categorized by color.

Como era de esperar, el sitio 1 presentó la mejor condición ecológica de todos según el índice (valor de 75), ya que corresponde a la naciente del río. Este sitio, ubicado entre la plaza de deportes de Vista de Mar en Ipís y una zona de potrero en San Isidro de Vázquez de Coronado, presenta parches de vegetación con una importante densidad de dosel, pero restringidos a las orillas del cauce, especialmente en el margen izquierdo. Este fue el sitio que contó con mayor diversidad de especies de árboles y mayor número de individuos por especie, especialmente nativas (**Cuadro 7**).

El sitio 2, ubicado entre la urbanización Valle Sereno en San Isidro de Coronado y la fábrica de concreto Irazú en Ipís de Goicoechea, muestra, en contraste, una condición más degradada en su ecosistema ribereño, con altos niveles de alteración en ambas márgenes. Su calificación



QBR fue de “mala” (valor de 35). En este sitio, especialmente en el margen izquierdo aguas abajo, se irrespeta la zona de protección y la vegetación se reduce especialmente a hierba invasora de la especie *Pennisetum purpureum* (c.c. “pasto elefante”). El sitio 2, además, presenta evidencia clara de vertido directo de aguas residuales y residuos sólidos.

Cuadro 7. Resumen de los resultados de la aplicación del índice QBR para los siete sitios de muestreo a lo largo del río Ipís entre febrero-abril del 2023.

Table 7. Summary of the results from applying the QBR index to the seven sampling sites along the Ipís River between February-April 2023.

Sitio	Ubicación	Resultado QBR	Alteración/calidad del hábitat ribereño	Pendiente promedio	Total de especies vegetales	Cantidad de especies no nativas
1	Naciente del río Ipís, Vista de Mar, Ipís	75	Algo de alteración, buena calidad	20 %	33	4
2	Urbanización Valle Sereno, Coronado	35	Alteración severa, calidad mala	30 %	34	5
3	Comité Olímpico Nacional, Coronado	55	Alteración importante, calidad intermedia	30 %	29	11
4	Naciente Quebrada Coronado, San Isidro Coronado	10	Degradación extrema, calidad muy mala	40 %	24	6
5	Seminario Nazareno, San Vicente Moravia	15	Degradación extrema, calidad muy mala	20 %	26	9
6	Puente La Isla, San Vicente Moravia	35	Alteración severa, calidad mala	30 %	16	6
7	Desembocadura en el río Virilla, puente Moravia-Tibás	30	Alteración severa, calidad mala	30 %	14	5

El sitio 3 sube su calificación QBR (valor de 55) con respecto al sitio 2 (valor de 35), a pesar de estar aguas abajo. Esto se debe principalmente a que está bajo cierto nivel de protección al ubicarse en las márgenes de la propiedad del Comité Olímpico Nacional (CON) en San Isidro de Coronado. La influencia de los jardines del CON, con cobertura de pasto con árboles dispersos, posiblemente contribuye a mantener este sitio en mejores condiciones ecológicas. Este sitio registró 29 especies, 20 de ellas árboles, aunque de estas, cinco son no-nativas.

El sitio 4 correspondió a un corto afluente al río Ipís (la quebrada Coronado), ubicado al norte de la microcuenca, entre los distritos San Isidro y Patalillo en Vázquez de Coronado. Este sitio tuvo la calificación QBR más baja (valor de 10), con la categoría de “extremadamente degradado”. En este sitio el afluente “aflorea” luego de estar entubado subterráneamente en su parte alta, y presenta un pronunciado cañón de aproximadamente 8 m de profundidad con laderas alteradas con muros de retención que inhiben la presencia de vegetación en su mayor parte. En este sitio, la zona de protección por ley también es irrespetada.



El sitio 5, ubicado entre un condominio en Patalillo de Coronado y el Seminario Nazareno de las Américas en San Vicente de Moravia, fue el segundo con la calificación QBR más baja (valor de 15 puntos). Su categorización de condición del ecosistema como “extremadamente degradado” se debe en parte a una alta modificación antropogénica en su cauce y zona ribereña. De hecho, al momento de la realización del trabajo de campo (abril 2023), se encontraba en fase de construcción un proyecto del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para la instalación de tuberías de recolección de aguas negras. A raíz de eso, la vegetación en las laderas se removió casi en su totalidad en algunos tramos, lo cual incidió en los valores QBR. Algo similar se da en el sitio 6, en San Vicente de Moravia, donde la pendiente en las márgenes es más prolongada y con cañones anchos. La calificación QBR para este sitio 6 fue de 35 puntos, que corresponde a la categoría de condición “mala”, debido principalmente a las modificaciones del cauce, así como también por la invasión de las zonas de protección.

Finalmente, en el sitio 7, correspondiente al tramo final del río Ipís aproximadamente a 100 m de su punto de unión con el río Virilla, se dan características morfológicas similares al sitio 6, particularmente un ensanchamiento del cauce con pendiente pronunciada. Según la calificación QBR, su calidad ecológica es “mala” (valor de 30), en parte por la composición vegetal en la zona ribereña (particularmente la baja diversidad de especies vegetales) y la presencia de desechos sólidos. Posee además laderas muy erosionadas debido a la escasa vegetación, y al igual que en muchos de los otros sitios, se evidenció invasión a la zona de protección establecida por ley.

4. Discusión

Como se evidenció en esta investigación, la microcuenca del río Ipís es un sistema que, en las últimas décadas, ha experimentado procesos acelerados de transformación paisajística. En la actualidad, los ecosistemas ribereños con vegetación en el río Ipís se limitan en gran medida a la franja exigida por ley, favorecidos también por la fuerte pendiente que indispone una mayor invasión al espacio de resguardo legal (Fernández Arce *et al.*, 2019). Además, la condición de confinamiento del cauce, su canalización y la deforestación en la zona ribereña y en la matriz del paisaje han ocasionado fragmentación del hábitat, erosión del suelo y afectaciones a la calidad del agua (Herrera-Murillo *et al.*, 2018).

La dinámica de cambio más sobresaliente en la microcuenca del río Ipís para el periodo estudiado fue la predominancia de las coberturas impermeables asociadas a usos urbanos, a expensas de coberturas con mayor funcionalidad ecológica como bosques, pastos y pastos con árboles dispersos. Esta preponderancia se manifiesta también en la estructura paisajística a través de una mayor coalescencia de parches de coberturas impermeables que, a su vez, fragmentan y aíslan más los parches de coberturas con mayor permeabilidad. Esto lleva a cambios en las dinámicas hidrológicas que llegan a afectar los ecosistemas ribereños, como un incremento en la escorrentía superficial y la asociada disminución en la infiltración de agua en zonas de recarga acuífera (Rocha, 2011; Sanhueza, 2012). Este aumento en la escorrentía superficial incide en



las zonas ribereñas y el cauce del río Ipís por las alteraciones en las dinámicas de flujo de aguas pluviales por escorrentía, especialmente en eventos intensos de precipitación, así como también por las aguas residuales que escurren hacia el cauce del río. Esto se asocia con una mayor concentración de contaminantes en el cauce, así como también una mayor erosión en las laderas y en el lecho del río (Vidal & Romero, 2010).

Otra consideración es la relación entre los cambios de cobertura de la tierra con la integridad ecológica de los ecosistemas ribereños. Si bien existe una relación clara entre los sistemas ribereños y las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra que suceden en las cuencas asociadas (McAlpine & Wotton, 2007; Smith, 1992), aquí no se exploró a fondo esa relación. En este sentido, es crucial entender de manera más precisa la relación que tienen los cambios de cobertura de la tierra con la integridad ecológica de los sistemas ribereños en el contexto de la microcuenca. Para analizar esta relación, también es relevante considerar la escala. En este trabajo nos enfocamos en una escala de paisaje, a nivel de microcuenca. Sin embargo, es importante considerar la relación multiescalar de los sistemas socioecológicos; por ejemplo, cómo las dinámicas de esta microcuenca pueden incidir en otras cuencas funcionalmente interconectadas y viceversa.

Como se pudo evidenciar aquí, existe una alta degradación en los ecosistemas ribereños del río Ipís para la actualidad, lo que compromete la capacidad de estos sistemas de proveer servicios ecosistémicos, y más bien ha llevado a los “des-servicios” (Power, 2010) como deslizamientos e inundaciones, afectaciones a infraestructura vial, entre otros. En efecto, estos fenómenos han sido estudiados en cuencas cercanas a la del río Ipís (p.ej., Quesada-Román y Feoli, 2018; Sequeira, 2021). Sin embargo, a pesar de, a nuestro saber, no haber estudios sobre riesgo específicos para esta microcuenca, se podría argumentar que este proceso de cambio marcado por la expansión en las coberturas impermeables influye en aumentar el riesgo a eventos hidrológicos en este contexto, con sus implicaciones a nivel social y económico. Esto adquiere aún más importancia ante una tendencia nacional marcada por una mayor intensidad y frecuencia de estos eventos (Hidalgo *et al.*, 2024; Quesada-Román, 2021).

Dentro de la GAM, ha habido iniciativas para la restauración de estos importantes ecosistemas y de sus servicios asociados. Destaca la iniciativa de Corredores Biológicos Interurbanos (CBI) promovida por el Programa Nacional de Corredores Biológicos, creada oficialmente en el 2006 y bajo administración del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica. Los CBI se definen como extensiones territoriales urbanas que conectan áreas silvestres protegidas, microcuencas y espacios verdes en contextos espaciales de alta densidad poblacional y un alto grado de urbanización (SINAC-MINAE, 2024). Al 2023, existían oficialmente siete CBI en la GAM. Los CBI han sido impulsados por proyectos internacionales como *Biodiver_CITY*, bajo la implementación de la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) en colaboración con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), SINAC, gobiernos y comités locales de los CBI, y tienen como objetivo promover en la planificación urbana los servicios ecosistémicos asociados a los CBI (Potthast & Geppert, 2019). También resalta la iniciativa de *Rutas*



Naturbanas, la cual busca restaurar espacios ribereños en la GAM con fines de movilidad y para propiciar la funcionalidad ecológica (Fundación Rutas Naturbanas, 2016). Destaca también la reciente generación de normativas y estrategias de planificación y recuperación ecológica de ecosistemas ribereños, como lo son la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-2040 y la Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030.

Con esto, es notorio el interés a nivel regional y nacional por recuperar ecosistemas ribereños para la restauración ecológica y provisión de servicios ecosistémicos. No obstante, la gestión efectiva de esta microcuenca se puede dificultar por la partición de unidades político-administrativas dentro de su área, con tres cantones y siete distritos en un área de tan solo 594 hectáreas. En efecto, este fenómeno, parte de los “problemas de encaje institucional”, representa un reto importante en la gestión de sistemas socioecológicos (Folke *et al.*, 2007; Galaz *et al.*, 2008). También, si bien esta investigación contribuyó a entender mejor las dinámicas de transformación del paisaje de la microcuenca, no exploró las causas subyacentes de estas dinámicas, algo que es relevante para una efectiva planificación urbana.

5. Conclusiones

Esta investigación analizó las dinámicas de cambio en la cobertura de la tierra en la microcuenca del río Ipís para un periodo de 30 años, así como la condición ecológica actual de sus zonas ribereñas. Esta microcuenca, en efecto, se podría considerar un microcosmos de las dinámicas de degradación de ecosistemas ribereños que se han dado en la GAM desde la segunda mitad del siglo 20 a raíz de un crecimiento urbano acelerado. Esto se refleja en una preponderancia de coberturas impermeables a lo largo de la microcuenca y su avance en las últimas décadas a expensas de coberturas asociadas con una mayor funcionalidad ecológica, así como también en la alta degradación y deficiente condición ecológica de las zonas ribereñas.

Este tipo de estudios son importantes en el contexto regional debido a que, en América Latina, muchos ríos urbanos y sus ecosistemas ribereños han sido altamente degradados principalmente por descargas de aguas contaminadas a sus cauces, así como por los acelerados cambios de uso de la tierra en zonas ribereñas y su circundancia. Esto es en parte consecuencia de una deficiente planificación territorial que ha llevado a procesos desregulados de urbanización, así como también de débiles mecanismos normativos para proteger ecosistemas ribereños clave para mejorar las condiciones socioecológicas en entornos urbanos.

6. Agradecimientos

A las personas revisoras anónimas y al equipo editorial de la revista por las contribuciones realizadas al manuscrito.



7. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que se ha cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que está totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

8. Referencias

- Bolaños, R., Watson, V., Tosi, J. (2005). *Mapa ecológico de Costa Rica (zonas de vida)*. Centro Científico Tropical. Disponible en https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/19801/mod_resource/content/1/Vegetacion%20de%20Costa%20Rica%20%28v-asec%29.pdf
- Calvo, J., Bermúdez, T., y Vega, H. (2019). Dinámica de uso de suelo y sitios prioritarios para la restauración forestal del Corredor Biológico Río Tibás, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1(62), 128. <https://doi.org/10.15359/rgac.62-1.6>
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas-Chacoff, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana Botánica*, 71(1), 1–9. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0717-66432014000100002
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias*, 72.
- Chhabra, A., Geist, H., Houghton, R. A., Haberl, H., Braimoh, A., Vlek, P. L., Patz, J. A., Xu, J., Ramankutty, N., Coomes, O. T., & Lambin, E. F. (2006). Multiple Impacts of Land-Use/Cover Change. En E. Lambin & H. Geist (Eds.), *Land-use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts* (pp. 41–70). Springer-Verlag.
- Cordero Ulate, A. (2004). *Clases medias, movimientos sociales y política en Costa Rica*. Conferencia Regional ¿Qué tipos de sociedades tenemos en Centroamérica? Desafíos para las Ciencias Sociales frente al desarrollo social en la región, Costa Rica. http://biblioteca.clacso.edu.ar/Costa_Rica/flacso-cr/20120809032730/clases.pdf
- Fernández Arce, M., Méndez Ocampo, I., & Muñoz Jiménez, R. (2019). Exposición a inundaciones en Moravia, San José, Costa Rica. *Revista Reflexiones*, 98(1), 7–21. <http://dx.doi.org/10.15517/rr.v98i1.32492>



- Fernández, R. (2009). *Aplicación del índice QBR para evaluación del impacto ambiental de la nueva traza del canal Yerba Buena*. V Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. <http://datos.imta.mx/indicadores/Capitulo3-Vegetacion-riparia.pdf>
- Folke, C., Pritchard, L., Berkes, F., Colding, J., & Svedin, U. (2007). The Problem of Fit between Ecosystems and Institutions: Ten Years Later. *Ecology and Society*, 12(1). <https://doi.org/10.5751/ES-02064-120130>
- Fundación Rutas Naturbanas. (2016). *Plan Maestro Rutas Naturbanas*. Fundación Rutas Naturbanas. https://drive.google.com/file/d/0B4tGpy_TZ4P9Q1Iwa0NrN1BRTIU/view?resourcekey=0-oCFX9wEU3KeFabXMMTWcIQ
- Galaz, V., Olsson, P., Hahn, T., Folke, C., & Svedin, U. (2008). The Problem of Fit among Biophysical Systems, Environmental and Resource Regimes, and Broader Governance Systems: Insights and Emerging Challenges. En O. Young, L. A. King, & Schroeder, Heike (Eds.), *Institutions and Environmental Change: Principal Findings, Applications, and Research Frontiers*, 147–186. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/9780262240574.003.0005>
- Herrera, J., Anchía, D., Rojas, J., Mora, D., Gamboa, A., y Chaves, M. (2018). Influencia de los patrones de uso de la tierra en la calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del río Virilla, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 4(61E), 11-35.
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., & Quesada-Román, A. (2024). Flood projections for selected Costa Rican main basins using CMIP6 climate models downscaled output in the HBV hydrological model for scenario SSP5-8.5. *Hydrological Research Letters*, 18(1), 35–42. <https://doi.org/10.3178/hrl.18.35>
- INA. (2010). Historia Natural de Costa Rica. Capítulo 4: Vegetación de Costa Rica: Biodiversidad y Riqueza. Instituto Nacional de Aprendizaje. https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/19801/mod_resource/content/1/Vegetacion%20de%20Costa%20Rica%20%28v-asec%29.pdf
- INEC. (2011). *Estimaciones y proyecciones de población 2011-2050*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.inec.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>
- Jiménez, R. (2007). Rehabilitación Integral Urbana en la Comunidad de Los Cuadros de Purral, Goicoechea. Proyecto de Graduación en Licenciatura, Universidad de Costa Rica.
- Kutschker, A., Brand, C., & Miserendino, M. L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, 19(1), 19–34. https://www.researchgate.net/publication/317416212_Evaluacion_de_la_calidad_de_los_bosques_de_ribera_en_rios_del_NO_del_Chubut_sometidos_a_distintos_usos_de_la_tierra

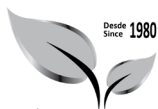


- López, V., y Plata, R. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000 *Investigaciones Geográficas*. 68, 85-112. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edsci.S0188.46112009000100007&lang=es&site=eds-live>
- Mata R., Rosales A., Vásquez A. y Sandoval, D. (2013). *Mapa de Órdenes de Suelos de Costa Rica*. 2 ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Escala 1: 200.000. Color.
- McAlpine, K., & Wotton, D. (2007). Conservation and the delivery of ecosystem services. *Science for Conservation*, 295. <https://www.doc.govt.nz/documents/science-and-technical/sfc295entire.pdf>
- MINAE. (2020). *Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040*. Ministerio de Ambiente y Energía, República de Costa Rica. https://da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Politica_Nacional_Areas_Proteccion_2020.pdf
- MIVAH. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana 2013*. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. República de Costa Rica. https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_PlanGAM.html
- Munguía, Y., Lorz, R., Granados, R., y Jiménez, R. (2011). *Los Cuadros, Purral, Goicoechea. Diagnóstico comunitario enero - junio 2011*. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2011/LOS_CUADROS_GOICOCHEA/DIAGNOSTICO_LOS_CUADROS.pdf
- Munné, A., Prat, N., Solà, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2), 147-163. <https://doi.org/10.1002/aqc.529>
- Pothast, M., & Geppert, S. (2019). Corredores Biológicos Interurbanos: Fusionando el capital construido y el capital natural de la ciudad. *Ambientico*, 272, 5-13. <https://www.ambientico.una.ac.cr/numeros-completos/corredores-biologicos-interurbanos-instrumentos-de-conservacion-y-bienestar/>
- Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 1554, 2959. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>
- ProDUS-UCR. (2020). *Actualización del Plan Regulador del cantón Goicoechea: Etapa diagnóstico: Resumen ejecutivo*. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible ProDUS-UCR. <https://munigoicoechea.go.cr/wp-content/uploads/2021/02/02-EjeSocial.pdf>



- Pujol, R., & Pérez, E. (2012). Crecimiento urbano en la región metropolitana de San José, Costa Rica. Una exploración espacial y temporal de los determinantes del cambio de uso del suelo, 1986–2010. *Lincoln Institute of Land Policy*, WP13RP1SP. https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy_files/pubfiles/2242_1578_Pujol_WP13RP1SP.pdf
- Quesada Román, A., y Feoli, S. (2018). Comparación de la metodología Mora-Vahrson y el método morfométrico para determinar áreas susceptibles a deslizamientos en la microcuenca del río Macho, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 61, 17-45. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-2.1>
- Quesada Román, A. (2021). Landslide risk index map at the municipal scale for Costa Rica. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102144. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102144>
- Quesada Román, A. (2022). Disaster risk assessment of informal settlements in the Global South. *Sustainability*, 14(16), 1-12. <https://doi.org/10.3390/su141610261>
- Rocha, A. (2011). Interacción de la dinámica fluvial y el desarrollo urbano. *Revista Ingeniería Civil*, 2011, 3–13. https://www.researchgate.net/publication/315829260_interaccion_de_la_dinamica_fluvial_y_el_desarrollo_urbano
- Rodríguez, P. (2010). *Historia del cantón Vázquez de Coronado*. Editorial Izcandé.
- Rodríguez, P. (2012). *Historia del cantón de Goicoechea*. Editorial Izcandé.
- Sanhueza, U. (2012). Contaminación en escorrentía pluvial urbana. Aspectos generales. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 1, 20–26. <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/download/1963/1753/6469>
- Schlönvoigt, M. (2019). La importancia de los corredores biológicos como estrategia de conservación de la biodiversidad y adaptación al cambio climático. *Ambientico*, 272, 13–19. <https://www.ambientico.una.ac.cr/numeros-completos/corredores-biologicos-interurbanos-instrumentos-de-conservacion-y-bienestar/>
- Sequeira, J. (2021). Geología, geomorfología y ocurrencia de deslizamientos en la cuenca alta del Río Virilla, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 66(1). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rge/n66/2215-2563-rge-66-313.pdf>
- SINAC-MINAE.(2024). *Programa Nacional de Corredores Biológicos*. Proyecto Biodiver_City San José. <https://biocorredores.org/biodiver-city-sanjose/programa-nacional-de-corredores-biologicos>
- Smith, C. M. (1992). Riparian Afforestation Effects on Water Yields and Water Quality in Pasture Catchments. *Journal of Environmental Quality*, 21(2), 237–245. <https://doi.org/10.2134/jeq1992.00472425002100020014x>





- Valverde, M. (2011). *Plan de Desarrollo Cantonal Largo Plazo 2012 al 2022*. Municipalidad de Moravia. <https://moravia.go.cr/wp-content/uploads/2020/09/Plan-de-desarrollo-cantonal-2012-2022.pdf>
- Vargas, A. (2001). Contribución a la geología y geomorfología de una parte del cantón de Coronado, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 24. <https://link.gale.com/apps/doc/A109268991/AONE?u=anon~f5adaa06&sid=googleScholar&id=1b7d79af>
- Vidal, C. y H. Romero. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En *Serie GEOlibros*. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118084/EfectosAmbientalesde.pdf?sequence=1>
- Villasuso, J. M. (2000). *Reformas Estructurales y Política Económica en Costa Rica*. Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad de Costa Rica. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/7608/S2000578_es.pdf
- Yannarella, F., y Fernández, A. (2017). Modificación del índice de calidad de riberas: Inclusión del componente social en la evaluación de la calidad ribereña de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca. *Uniciencia*, 31(1), 39-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.31-1.5>





Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665082549001>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Ricardo Solano Leitón, Edgar Espinoza Cisneros,
Eduardo Chacón Madrigal

**Cambios espaciotemporales en la cobertura de la tierra y
valoración ecológica de las zonas ribereñas en la
microcuenca del río Ipís, Costa Rica**
**Spatiotemporal changes in land cover and ecological
assessment of riparian zones in the Ipís river micro-basin,
Costa Rica**

Revista de Ciencias Ambientales

vol. 59, núm. 2, 21000, 2025

Universidad Nacional,

ISSN: 1409-2158

ISSN-E: 2215-3896

DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.59-2.1>