



Universidad Nacional de Costa Rica  
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar  
Escuela de Ciencias Geográficas

Práctica supervisada (PS) como requisito para optar por el diplomado en Cartografía y  
Diseño Digital

*Atlas temático y actualización cartográfica del Corredor Biológico Interurbano  
Pará - Toyopán*

Realizada por:

José Ignacio Alvarado Espinoza

Instructor: Ing. Ronald Mora Vargas

Guía académica: Dra. Marilyn Romero Vargas

Profesor: M. Sc. Max Arguedas Rodríguez

Código de curso: GEJ 205

*Heredia, Campus Omar Dengo, II Ciclo, noviembre de 2021*

# Índice

Sección	Página
1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del Problema.....	2
3. Justificación.....	5
4. Objetivos.....	7
5. Delimitación del área de estudio.....	8
6. Metodología.....	12
7. Resultados y discusión.....	15
8. Conclusiones.....	59
9. Consideraciones técnicas finales.....	61
10. Referencias.....	62
11. Anexos.....	65

## Lista de acrónimos

Acrónimo	Descripción
<b>ACC</b> .....	<i>Área de Conservación Central</i>
<b>CATIE</b> .....	<i>Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza</i>
<b>CB</b> .....	<i>Corredores Biológicos</i>
<b>CBI</b> .....	<i>Corredores Biológicos Interurbanos</i>
<b>CBIPT</b> .....	<i>Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán</i>
<b>CBM</b> .....	<i>Corredores Biológicos Marino Costeros</i>
<b>CBN</b> .....	<i>Corredores Biológicos Naturales</i>
<b>CLCBIPT</b> .....	<i>Consejo Local Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán</i>
<b>CNFL</b> .....	<i>Compañía Nacional de Fuerza y Luz</i>
<b>GAM</b> .....	<i>Gran Área Metropolitana</i>
<b>IGN</b> .....	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
<b>INEC</b> .....	<i>Instituto Nacional de Estadísticas y Censos</i>
<b>MINAE</b> .....	<i>Ministerio de Ambiente y Energía</i>
<b>PNCB</b> .....	<i>Programa Nacional de Corredores Biológicos</i>
<b>SINAC</b> .....	<i>Sistema Nacional de Áreas de Conservación</i>
<b>SNIT</b> .....	<i>Sistema Nacional de Información Territorial</i>

# 1. Introducción

La aplicación de la Cartografía Temática dentro de los procesos de planificación y evaluación de los territorios es un instrumento esencial para la elaboración de información para la toma de decisiones sirviendo no solo como instrumento de comunicación sino también de base para la comprensión de fenómenos espaciales a través del uso de simbolismos. Dentro de la planificación, la localización y el estudio de la distribución de los objetos y los hechos que acontecen en la superficie terrestre es fundamental para materializar la producción mental de las acciones por concretar a través de la administración ya que permite la identificación de fenómenos y aspectos de intervención desde la gestión organizativa de actores (Perea y Mayor, 2014).

En el marco de la conservación de la biodiversidad, la ecología y la conservación de los recursos, la modalidad de la Cartografía de los Paisajes permite atender aspectos prioritarios de acción institucional administrativa mediante la evaluación y medición de transformaciones en los territorios. La elaboración de mapas temáticos enfocados en la evaluación de las estructuras y condiciones del paisaje ha sido de interés para la planificación debido a las estrategias que en materia de gestión ambiental se pueden plantear desde la evaluación cartográfica de la naturalidad o transformación antrópica del espacio y los potenciales usos socioeconómicos que se pueden implementar (Salinas, Mateo, Souza y Moreira, 2019).

En este estudio se utilizó la Cartografía Temática y el enfoque de la Cartografía de los Paisajes como instrumento para describir y evaluar la condición actual del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán a fin de fortalecer su propuesta de ampliación ante el Programa Nacional de Corredores Biológicos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. En el marco de apoyo a las estrategias nacionales para la conservación y recuperación de los espacios naturales, esta propuesta suministrará información espacial y gráfica para la redacción de un nuevo perfil técnico y permitirá la evaluación general de los cambios ocurridos desde la creación del corredor en materia de uso de la tierra y conectividad ecológica estructural. De igual modo, busca ser un instrumento comunicativo desde el cual se pueda socializar la nueva dimensión del área propuesta en la ampliación mediante el aporte de insumos visuales con óptica espacial.

## 2. Planteamiento del problema

Costa Rica es reconocida por su importante tasa de biodiversidad, la cual se caracteriza por la existencia de una variedad de ecosistemas que benefician tanto procesos ecológicos como actividades socioeconómicas y productivas. El país posee el 3.6% de la biodiversidad esperada del planeta, lo que representa un porcentaje de más del 6,5% de la biodiversidad mundial conocida hasta 2005 (SINAC, 2014). Territorialmente, “más del 50% del país se encuentra cubierto por ecosistemas naturales y un 26% por agroecosistemas arbolados y forestales” (p.1). Además, 27% del territorio se encuentra bajo la categoría de área protegida y un 37% está ligado a la modalidad de conservación participativa (SINAC, 2014; MINAE, 2018).

La Ley de Biodiversidad N° 7778 es la norma desde la que se rige la protección de los espacios naturales y la regulación general para el uso de los recursos nacionales. Desde su creación en 1998 ha buscado dar cumplimiento al Convenio sobre la Diversidad Biológica de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro-1992), fomentando la participación de los sectores sociales del país en la integración hacia el cuidado, la gestión y el manejo de la biodiversidad y sus recursos (Donato, 2011).

En el artículo n° 22 se establece la creación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) como institución desconcentrada y participativa del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) encargada de la gestión, planificación y coordinación de acciones en materia forestal, vida silvestre, áreas protegidas, cuencas hidrográficas y recursos hídricos (MINAE-SINAC, 2017; Ley N° 7788 art. 22 1998). Dentro de su proyección institucional se promueve el liderazgo en materia de conservación, uso sostenible de la biodiversidad y manejo de los recursos naturales para el país mediante el fomento de acciones basadas en un método de gestión participativa que involucra a diversos organismos institucionales y sociedad en general (SINAC, 2012).

Desde el año 2006, mediante la creación del Decreto Ejecutivo N° 33106-MINAE, los corredores biológicos (CB) se han consolidado como parte de las estrategias adoptadas por el SINAC para la conservación y gestión de la biodiversidad. A partir de la aprobación del decreto se estableció el Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB) para la promoción de los CB como espacios de conectividad entre las áreas protegidas con el fin de disminuir los efectos de la fragmentación ecológica producto de la reducción de las coberturas naturales. Así,

en 2009 se publicó el Plan Estratégico del PNCB 2009-2014 el cual resultó en el primer instrumento nacional de implementación de los CB por parte del SINAC (SINAC, 2018).

Debido a su alcance temático y a la poca cobertura de sus productos e indicadores se realizó una actualización en el diseño que se consolidó en el segundo Plan Estratégico del PNCB para el período 2018-2025. Este nuevo planeamiento se fundamentó en el Decreto Ejecutivo N°40043-MINAE, aprobado en 2017, el cual modificó el anterior con una regulación del PNCB más acorde con la realidad nacional y la creación de políticas vinculadas con estrategias temáticas y estudios técnicos (SINAC, 2018).

Según el artículo n° 4 del Decreto Ejecutivo N° 40043 – MINAE:

Un CB es un territorio continental, marino-costero e insular delimitado, cuyo fin primordial es proporcionar conectividad entre áreas silvestres protegidas: así como entre paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, sean rurales o urbanos, para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en esos espacios.

De esta definición se creó una clasificación de los CB para Costa Rica estableciéndose las categorías de corredores biológicos naturales (CBN), corredores biológicos marino costeros (CBM) y corredores biológicos interurbanos (CBI). Estos últimos, de interés para este estudio, atraviesan zonas de alta densidad poblacional proporcionando conectividad entre áreas silvestres protegidas y fomentando iniciativas de participación bajo el enfoque de “ciudades verdes” (Cordero, 2019) que incluyen la gestión integral de cuencas hidrográficas en el abordaje del deterioro ambiental urbano (Feoli, 2013).

La importancia de la creación de los CBI está asociada a la adecuación del paradigma de la conservación a los ecosistemas urbanos en los que existen condiciones especiales sobre la ecología de los paisajes y las prácticas ambientales. En la Gran Área Metropolitana (GAM), comprendida en su totalidad dentro del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC) del SINAC, los CBI han sido un método esencial para fomentar una gestión adaptiva debido al importante proceso de urbanización que ha acontecido en el área (Castro, 2019) donde el 85% de su territorio se encuentra urbanizado y es ocupado por el 60% de la población nacional (Programa Estado de la Nación, 2018).

En la actualidad se encuentran oficializados 6 CBI, los cuales están comprendidos por los CBI río Torres y María Aguilar en la provincia de San José, Garcimuñoz y Achiote en la provincia de la Alajuela, Cobric Surac en la provincia de Cartago y Pará-Toyopán en las provincias de Heredia y San José. La gestión de los 6 CBI sigue el modelo de acción participativa del SINAC en el que, bajo la creación de un consejo local, se integran entidades que representan instituciones públicas, empresa privada, ONG, sociedad civil, academia, municipalidades y otras asociaciones (Castro, 2019).

Particularmente, el Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán (CBIPT) se impulsó desde al año 2009 como un espacio de conectividad entre el Parque Nacional Braulio Carrillo, la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central y la Zona Inalienable N°1888. Asimismo, surgió como una iniciativa local comunitaria para la gestión socio-ambiental ante las problemáticas de contaminación, deforestación y fragmentación boscosa de los sitios de captación de agua superficial de la microcuenca del río Pará. El CBIPT se oficializó en 2017 como CBI ante el PNCB (Castrillo, Feoli, Mora y Villalobos, 2017) y recientemente se encuentra en el diseño de una propuesta de ampliación para incluir el área de la microcuenca del río Tibás a su margen territorial e institucional (Alvarado, 2020).

Como seguimiento a la propuesta de ampliación expuesta en Alvarado (2020), la elaboración de un perfil técnico que describa cartográficamente la nueva dimensión territorial del corredor es un eje de trabajo que la Oficina Subregional de Heredia del SINAC-MINAE y el Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán (CLCBIPT) adquieren como parte de la incorporación del área de la microcuenca del río Tibás. Este aspecto, en atención a las dimensiones resaltadas en el Plan Estratégico 2018-2025 del PNCB en materia de gestión y planificación, sugiere la actualización de la información territorial del corredor con el fin de fortalecer la presentación de la propuesta y el manejo de acciones institucionales.

En atención a lo anterior, este estudio se propone diseñar y elaborar un atlas temático para las variables que constituirán el perfil técnico de la nueva área territorial propuesta para el CBIPT y una actualización cartográfica del mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural (zonificación sobre la cual se delimita el corredor) con el fin de medir el cambio general del uso de la tierra y la conectividad entre 2016 y 2020. Para ello, se incluirá en la cartografía el área de la microcuenca del río Tibás y la actualización del mapa se llevará a cabo mediante la aplicación del método de análisis espacial multicriterio por el método de Saaty en el que se incorporará

información de uso de la tierra elaborada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para la GAM en 2020.

Con estas propuestas, se plantea dotar de insumos cartográficos e informativos a la Oficina Subregional de Heredia SINAC-MINAE y al CLCBIPT a fin de obtener información actualizada sobre la condición paisajística del corredor y facilitar la toma de decisiones en la gestión institucional del territorio. De esta manera, se plantea que, en el marco de la propuesta de ampliación, los datos resultantes puedan servir para la definición de las características del corredor y ser indicadores del panorama general de su estructura.

### 3. Justificación del estudio

Los CBI son impulsados en Costa Rica como una estrategia integrada para dar solución a los efectos de la fragmentación ecológica del paisaje urbano y vincular la dinámica del desarrollo de las ciudades con la interacción conjunta entre el medio social y natural. La fragmentación ecológica está ligada a la reducción de los hábitats naturales generando un aislamiento cada vez más pronunciado que ocasiona importantes riesgos sobre la biodiversidad (Morera, Pintó y Romero, 2008). En las áreas urbanas, el crecimiento no regulado y la deforestación fomenta los procesos de fragmentación ecológica ocasionando alteraciones en las coberturas originarias y los ecosistemas asociados (Isaacs, Trujillo y Jaime, 2017) afectándose la permanencia de especies y la disponibilidad de los recursos naturales.

De allí, los estudios en conectividad ecológica y evaluación de las estructuras del paisaje cobran importancia como instrumentos necesarios para la generación de información que permita fortalecer la gestión ambiental de los espacios naturales. En el marco de los CB, el Plan Estratégico 2018-2025 del PNCB incluye la gestión de la información, monitoreo e investigación de la biodiversidad como parte de los temas fundamentales que se asumen en el compromiso con las metas definidas dentro de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2026; la cual parte de un paradigma de derechos humanos e interculturalidad para abordar el tutelaje requerido por el patrimonio natural del Estado en sus distintos ecosistemas y formas de biodiversidad (MINAE, 2016).

Dentro de una dimensión ecológica, se establece que el monitoreo para la gestión de los CB se compone de indicadores que miden los cambios ecológicos dentro de los corredores con

el fin de evaluar cada cinco años la influencia sobre hábitats, especies y ecosistemas. La evaluación del estado de la cobertura natural y el análisis de fragmentos son parte de estos indicadores (SINAC, 2018) que están enfocados en la interpretación informativa de la condición de los paisajes; de modo que, al realizarse una valoración de las transformaciones en el área, se obtiene una perspectiva desde la cual atender puntos prioritarios de acción y solución de problemáticas.

Si bien, la generación de esta información tiene como fin la toma de decisiones a nivel interno de la estructura organizativa de los CB, el Eje 7 del Plan Estratégico 2018-2025 propone que la información conforme un proceso comunicativo con las partes involucradas desde el cual se pueda generar un conocimiento socio-colectivo de los CB y de las acciones que en ellos se llevan a cabo (SINAC, 2018). Este aspecto, mantiene la relación que desde el SINAC se emplea con las instituciones y comunidades en materia de gestión ambiental participativa que parte de un involucramiento local informado para la propuesta de acciones en el manejo de la biodiversidad y los recursos naturales.

Para el CBIPT, la última información utilizada en el estudio del uso de la tierra y panorama de fragmentación/conectividad fue elaborada en 2016 por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Desde esta fecha, no se ha realizado una nueva evaluación sobre las coberturas asociadas al uso de la tierra y el panorama de conectividad. Asimismo, la formulación de la propuesta de ampliación del CBIPT ha generado la necesidad de una actualización cartográfica desde la cual se pueda ilustrar y colectivizar la dimensión territorial del nuevo límite.

Dicho lo anterior, la elaboración de un atlas temático y la actualización cartográfica del mapa de conectividad ecológica estructural se hacen instrumentos apropiados para dar cumplimiento a las metas del Plan Estratégico 2018-2025 y poseer instrumentos de base para la coordinación de acciones institucionales. En este aspecto, los insumos cartográficos (tanto mapas como información geoespacial digital) e informativos (tablas, cuadros y gráficos) permitirán la redacción de un nuevo perfil técnico desde el que se caractericen las variables que comprenden el ámbito de la conectividad/fragmentación del paisaje y la relación porcentual de las áreas críticas de conectividad que definen el panorama ecológico del corredor. Del mismo modo, en atención al Eje 7, la generación de mapas temáticos servirá de instrumento por el cual comunicar visualmente la dimensión de la propuesta de ampliación y los cambios asociados a la variación del uso de la tierra y la conectividad entre 2016-2020 dentro del límite actual del CBIPT.

Dentro de este panorama, el empleo de la cartografía permitirá alcanzar un enfoque sustancial debido a su capacidad informativa y simbólica en los procesos de planificación. La cartografía facilita la comprensión de la perspectiva espacial del ambiente físico y posee la capacidad de comunicar, a través de la abstracción y el simbolismo, la naturaleza del espacio estudiado (Dent, Torguson y Hodler, 2009). Desde el ámbito de la Ecología del Paisaje, la cartografía facilita la identificación de estructuras naturales y ecosistemas (Morera y Sandoval, 2017), al lado que se convierte en una herramienta de estudio temporal para la medición de cambios estructurales en el paisaje. De allí, que el enfoque de la cartografía del paisaje se haga esencial para la toma de decisiones en materia de planificación y ordenamiento territorial debido a su contribución en la investigación y comunicación sobre factores diferenciadores y elementos indicadores de problemas ambientales asociados al desarrollo acelerado e inadecuado sobre los territorios (Salinas, Mateo, Souza y Moreira, 2019).

## 4. Objetivos

### 4.1. Objetivo General

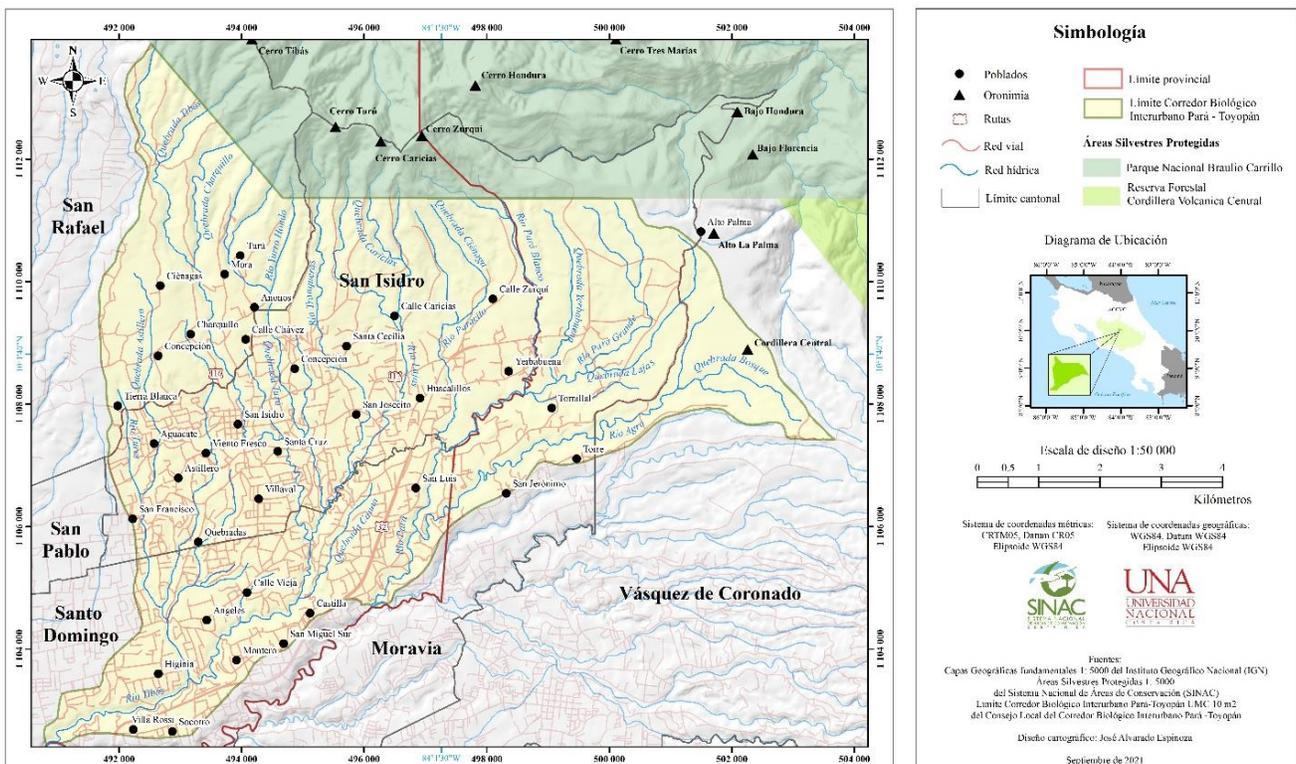
- Actualizar la información cartográfica del Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán mediante la renovación del atlas temático de variables y el mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural para la comparación del cambio en el uso de la tierra y la conectividad estructural en el período 2016-2020.

### 4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar los mapas temáticos de las variables que componen el perfil técnico del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán en su propuesta de ampliación.
- Renovar la zonificación del mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural mediante análisis espacial multicriterio por método de Saaty.
- Comparar la zonificación del uso de la tierra y la conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán en los años 2016 y 2020.

## 5. Delimitación del área de estudio

El Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán (CBIPT) se localiza en la sección norte de la provincia de San José y sureste de la provincia de Heredia (*Véase Anexo N°1*). Territorialmente, el CBIPT abarca parte del área de la microcuenca del río Pará y quebradas pertenecientes a la cuenca del río Chirripó (Castrillo, Feoli, Mora y Villalobos, 2017). En su propuesta de ampliación, incluye gran parte de la microcuenca del río Tibás la cual se ubica en su sección oeste y en conjunto conforman una extensión de aproximadamente 64.10 km<sup>2</sup> (*Véase Mapa N° 1*).



**Mapa N°1:** Ubicación del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán

Para este estudio la ubicación geográfica, según el sistema de referencia CR05 Transversal de Mercator, se encuentra entre las coordenadas métricas 1102000 – 1114000 latitud norte y 490000 – 504000 longitud oeste. Está condición, se debe a la exclusión de la sección perteneciente a las quebradas de la cuenca del río Chirripó debido a la falta de información sobre el área; de modo que no se contempla dentro de la cartografía presentada.

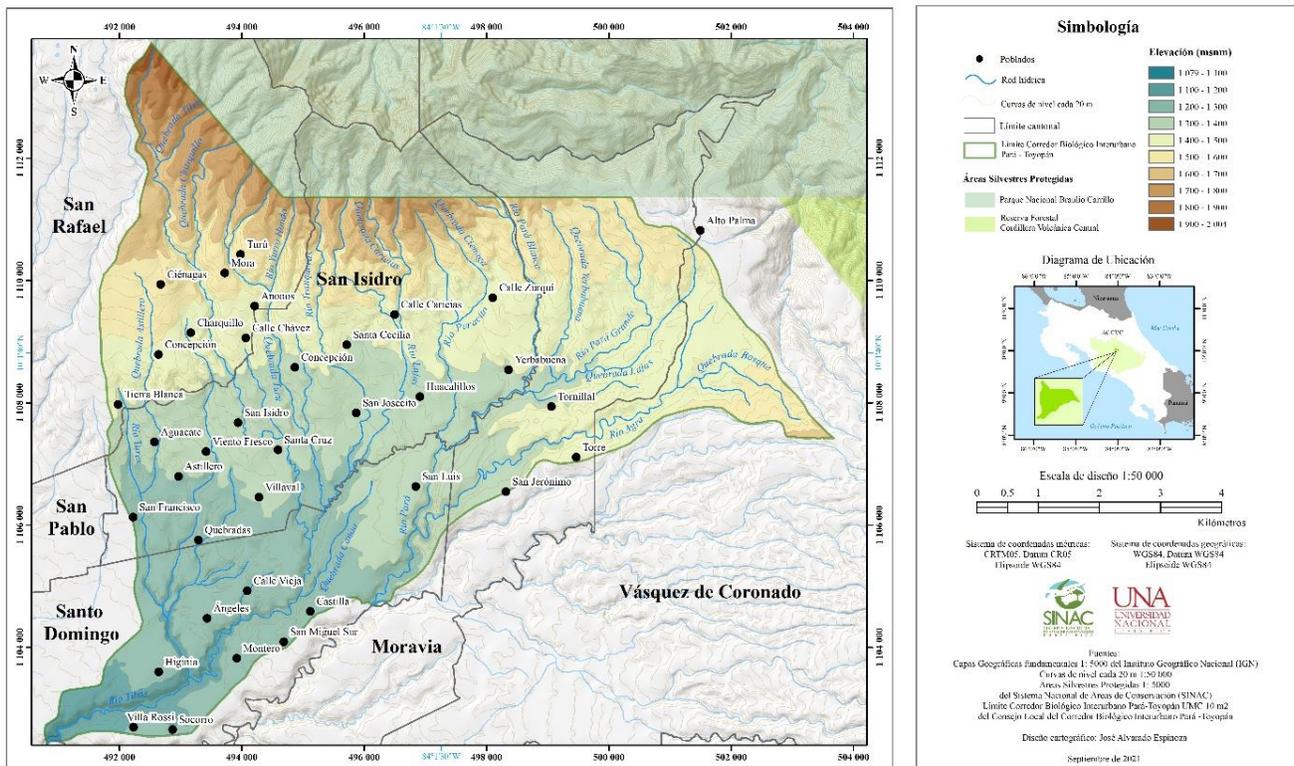
El nuevo límite del CBIPT comprende 14 divisiones distritales que pertenecen a los cantones de Vázquez de Coronado y Moravia en la provincia de San José y Santo Domingo, San Rafael y San Isidro de la provincia de Heredia (*Véase Anexo N°2*). En el caso del cantón de Vázquez de Coronado se incluyen los distritos de Dulce Nombre de Jesús y Cascajal y para Moravia el distrito de San Jerónimo. Del cantón de Santo Domingo se abarca parte de los distritos de San Vicente, San Miguel, Paracito, Santo Tomás y completamente el área de las divisiones de Tures y Pará. De San Isidro se encuentra parte de los distritos de San José, Concepción y San Francisco y la totalidad del distrito primero de San Isidro. En último caso, del cantón de San Rafael se incluye parte del distrito de Concepción (*Véase Tabla N°1*).

**Tabla N° 1:**  
Distribución cantonal presente en el Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán

Cantón	Distrito	Área total del distrito (km <sup>2</sup> )	Área del distrito dentro de la microcuenca (km <sup>2</sup> )	Porcentaje territorial del distrito dentro de la microcuenca	Porcentaje del corredor por distrito
Vásquez de Coronado	Dulce Nombre de Jesús	67.92	4.27	6.29%	6.66%
	Cascajal	132.03	0.11	0.08%	0.17%
Moravia	San Jerónimo	18.53	10.8	58.28%	16.85%
Santo Domingo	San Vicente	2.88	0.28	9.72%	0.44%
	San Miguel	5.9	3.39	57.46%	5.29%
	Paracito	1.27	0.86	67.72%	1.34%
	Santo Tomás	3.54	1.88	53.11%	2.93%
	Tures	3.88	3.88	100.00%	6.05%
	Pará	2.87	2.87	100.00%	4.48%
San Rafael	Concepción	22.81	12.38	54.27%	19.31%
San Isidro	San Isidro	2.67	2.67	100.00%	4.17%
	San José	11.37	10.52	92.52%	16.41%
	Concepción	8.07	6.13	75.96%	9.56%
	San Francisco	4.56	4.06	89.04%	6.33%
Total		-	64.10	-	100.00%

Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

En cuanto a la caracterización altimétrica del área se posee un rango altitudinal que va desde los 1079 m.s.n.m. hasta los 2004 m.s.n.m. (*Véase Mapa N°2*). Las zonas más altas se ubican hacia el límite noroeste de la microcuenca del río Tibás que colindan con el Parque Nacional Braulio Carrillo y las estribaciones del Cerro Chompipe, el Cerro Delicias y el Cerro Tibás, pertenecientes a la Cordillera Volcánica Central (Herrera y Hernández, 1993). Los principales centros poblados y área urbanizada se distribuyen hacia la parte media y baja del corredor donde además se encuentran zonas dedicadas a la agricultura.

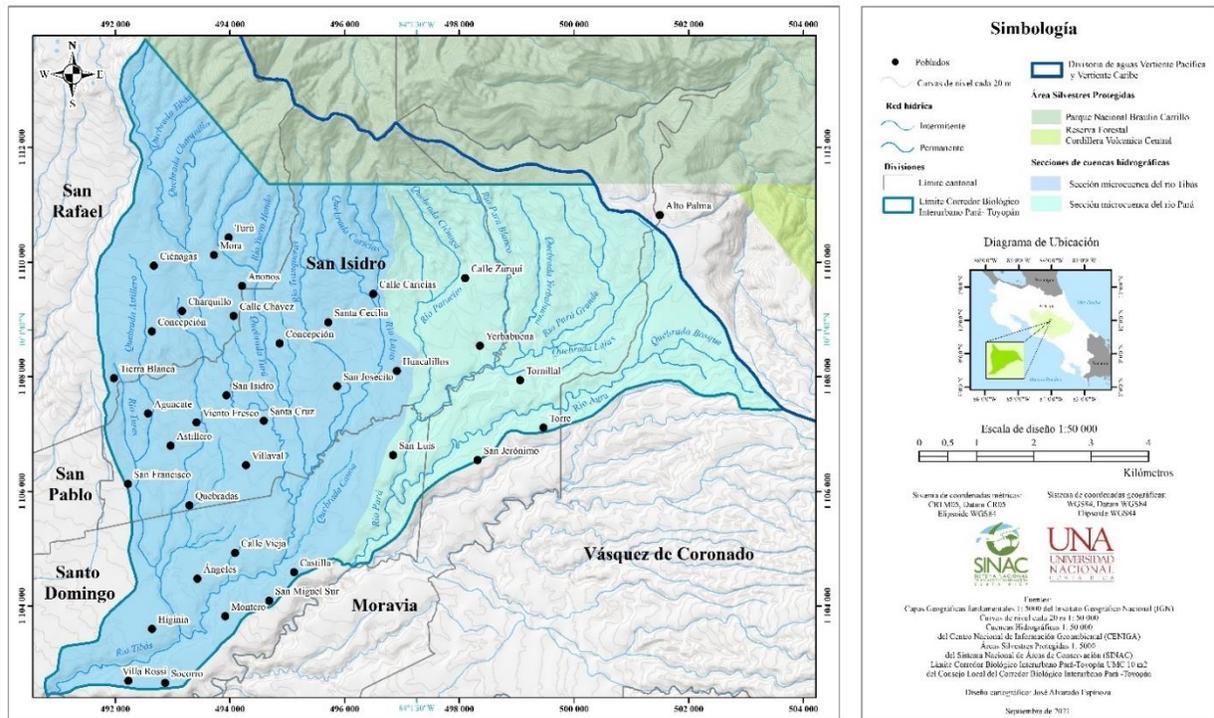


**Mapa N°2:** Rango altitudinal del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán

En relación con la red hídrica, se localizan importantes zonas de nacientes y afluentes. Hacia el sector de la microcuenca del río Pará existe un sistema hídrico conformado por los ríos Paracito, Pará Blanco, Pará Grande, Pará y Agra, además de quebradas como Ciénagas, Yerbabuena y Tornillal las cuales drenan a la subcuenca del río Virilla y ofrecen importantes servicios ecosistémicos de abastecimiento para consumo humano (Castrillo, Feoli, Mora y Villalobos, 2017) (*Anexo N°3*). Para el sector de la microcuenca del río Tibás, se integran los cauces de los ríos Tibás, Tures y Tranqueras, los cuales tienen sus nacientes en zonas protegidas de recarga acuífera (Leandro, Coto y Salgado, 2019). Ambas secciones se localizan del lado Pacífico de la divisoria de aguas entre la Vertiente del Pacífico y la Vertiente del Caribe. Sus cauces confluyen hacia la subcuenca del río Virilla y en su conjunto forman parte de la cuenca del río Tárcoles (*Véase Mapa N°3*).

Climatológicamente el área está influenciada por la acción de los sistemas de viento tanto de la Vertiente Caribe como de la Vertiente Pacífica. Para el caso de la sección de la microcuenca del río Pará se tiene un promedio de precipitación anual que va desde 2000 mm a los 3000 mm (Castrillo, Feoli, Mora y Villalobos, 2017). Para la sección de la microcuenca del río Tibás, existen dos panoramas climáticos: sobre los 2000 m.s.n.m. hay influencia de nubosidad por

intercepción de vientos cargados de humedad que generan aportes de precipitación todo el año y por debajo de los 2000 m.s.n.m la humedad disminuye por lo que los aportes de precipitación son menores para la zona (Herrera y Hernández, 1993).



**Mapa N° 3:** Secciones de microcuencas del Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán

Las características biológicas del área están ligadas a una estructura ecológica que se compone de zonas de bosque secundario, pastizales, potreros, charrales y asentamientos humanos. Según Castrillo, Feoli, Mora y Villalobos (2017), en cuanto a la flora, existe la presencia de 45 familias y 65 especies de plantas las cuales poseen individuos arbóreos, arbustivos y herbáceos. Las familias con mayor presencia dentro del corredor son la *Melastomataceae* y la *Solanaceae*. En el caso de las *Melastomataceae* se presentan especies con importante rango de adaptación a zonas intervenidas que además forman parte de la dieta de aves que se alimentan de sus frutos.

En el ámbito de la fauna, destacan felinos como el puma (*Puma concolor*), el jaguar (*Panthera onca*) y el león breñero (*Puma yagouarondi*). Asimismo, se encuentran otros mamíferos como los perezosos (*Choleopus hoffman*) y (*Bradypus variegatus*); zorros (*Didelphis marsupialis*), (*Caluromys derbianus*), (*Philander oposum*); coyotes (*Canis latrans*); mapaches (*Procyon lotor*). Dentro de la fauna acuática, destacan los órdenes de macroinvertebrados

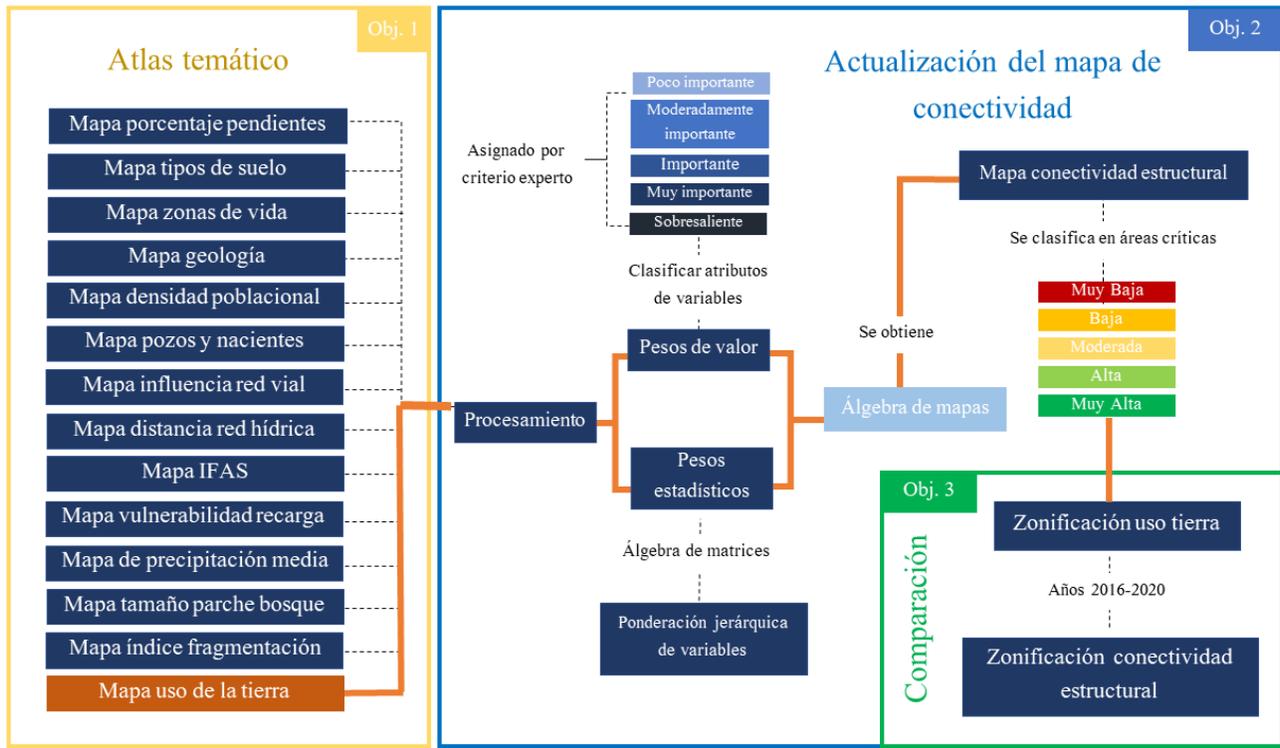
*Diptera* y *Ephemeroptera* con representación de las familias *Chironomidae* (*Diptera*) y *Baetidae* (*Ephemeroptera*). Especialmente, la mayor cobertura de insectos la representan los grupos *Baetodes* (*Ephemeroptera*: *Baetidae*), *Leptonema* (*Trichoptera*: *Hydropsychidae*) y *Simulium* (*Diptera*: *Simuliidae*), los cuales se han utilizado como indicadores bióticos de calidad hídrica (Campos, 2008; Morales y Gutiérrez, 2019). En el ámbito de la ictiofauna, se encuentran especies de río como *Priapichthys annectens* (Olomina) y *Rhamdia laticauda* (Barbudo) (Morales y Gutiérrez, 2019).

## 6. Metodología

El estudio posee una naturaleza técnico-descriptiva y se estructura en tres fases que conforman la elaboración del atlas temático, la actualización de la información cartográfica del CBIPT y la comparación de las variaciones en el uso de la tierra y la conectividad ecológica estructural. La primera fase se enfocó en el diseño y la elaboración de mapas temáticos para las 14 variables del perfil técnico del corredor. La segunda, se basó en la aplicación de un análisis espacial multicriterio, por método de Saaty, para la actualización del mapa de conectividad ecológica estructural y la obtención de la zonificación de áreas críticas de conectividad ecológica estructural. En último caso, para la tercer fase se realizó una comparación entre la zonificación obtenida para 2020 y la generada en 2016 con el fin de medir los cambios ocasionados en la conectividad por la variación del uso de la tierra y conectividad. Las tres fases se resumen en la *Figura N°1* en la que se identifican las variables de estudio y su sistematización por procesos.

Dentro de la primer fase se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) como instrumento para la elaboración del diseño de los 14 mapas temáticos de las variables que conforman el perfil del corredor. Para ello, se utilizó el software *ArcGIS* versión 10.8.1 desde el cual se procesó la información cartográfica en formato *shapefile* y se creó el atlas de variables individuales a una resolución de 350 dpi. La información cartográfica fue tomada de fuentes primarias y secundarias que abarcan el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el Atlas 2014 del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), entre

otras. A partir de la información, se aplicaron procesamientos de corte o *clip* para delimitarla al área del corredor y generar la vista final de los mapas.

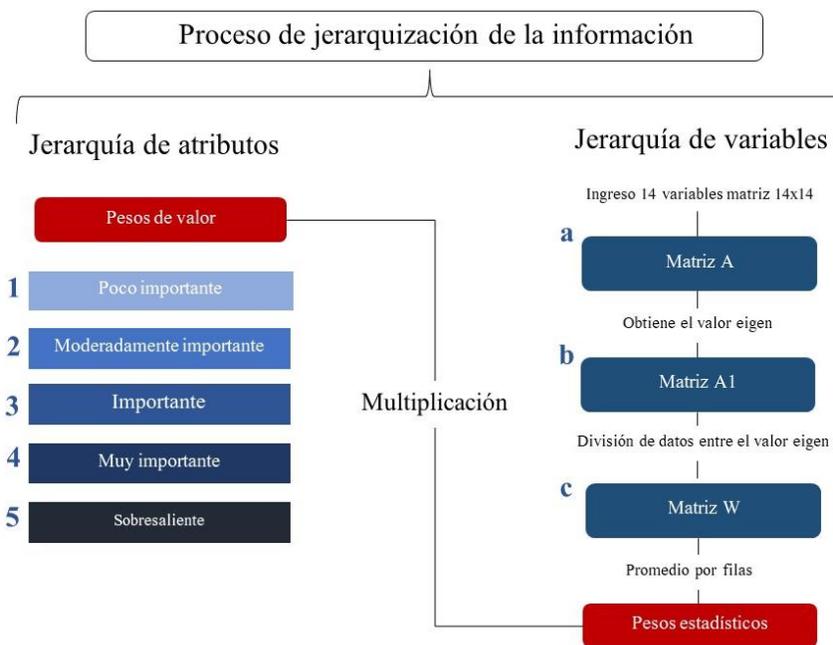


Fuente: adaptación de Alvarado (2020) y Rodríguez y Vega (2015)

**Figura N°1:** Resumen esquemático del estudio

Seguido de la generación del atlas temático, en la segunda fase se realizó la actualización del mapa de conectividad ecológica estructural mediante la aplicación de análisis espacial multicriterio, el cual se llevó a cabo en dos procesos. El primero, correspondió a la aplicación del método multicriterio de Saaty en el cual se asignaron pesos de valor y pesos estadísticos a las capas de información para dar importancia a los atributos de las variables y establecer la jerarquía de zonificación. Este método fue elaborado por Thomas L. Saaty entre 1977 y 1980 con el fin de realizar una cuantificación de variables de importancia sobre procesos complejos (Márquez y Baltierra, 2017) y ha sido adaptado en Costa Rica para la generación de propuestas de CBI (Rodríguez y Vega, 2015). Por su parte, el segundo proceso constó de la conversión de la información de formato *shapefile* a *ráster* para proceder con la aplicación de sumatoria por álgebra de mapas y obtener la zonificación resultante del mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural.

Dentro de la aplicación del primer proceso, se utilizaron los datos considerados en el estudio de Alvarado (2020) con el fin de mantener la evaluación realizada por criterio de experto para la microcuenca del río Tibás. En la asignación de los pesos de valor se mantuvo la categorización empleada para los atributos de cada variable de modo que se asignó en escala de 1 a 5 (siendo 1 un atributo poco importante y 5 sobresaliente) el valor de importancia según la relación con el grado de conectividad ecológica. Para el caso de los pesos estadísticos se utilizaron los datos finales del proceso de álgebra de matrices con el fin de conservar los pesos ponderados obtenidos. Ambos parámetros, pesos de valor y pesos estadísticos, se multiplicaron para asignar los valores a las capas *shapefile* de las variables de modo que los pesos de valor sirvieran para definir la jerarquía de importancia de los atributos de cada variable y los pesos estadísticos la jerarquía global entre variables. La *Figura N° 2* sintetiza el proceso metodológico de jerarquización.



Fuente: adaptación de Alvarado (2020) y Rodríguez y Vega (2015).

**Figura N°2:** Proceso de jerarquización por el método de Saaty

Como consecuente, en el segundo proceso se procedió a la aplicación de la sumatoria de la información por medio de álgebra de mapas. Para ello, una vez realizada la conversión al formato *ráster* (unidad mínima cartografiable UMC a 10m<sup>2</sup>), se utilizó la herramienta *Raster Calculator* para unificar las capas. Como resultado se obtuvo un archivo *ráster* que se reclasificó

por el método de quintiles para obtener las cinco categorías de conectividad mostradas en la *Figura N°3*. A partir de dicha información se realizó una reconversión al formato *shapefile* y se generó el mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural del CIBPT.

	Resultado de reclasificación de datos brutos		Interpretación por categoría de conectividad
1	Primer quintil	1	Muy baja conectividad
2	Segundo quintil	2	Baja Conectividad
3	Tercer quintil	3	Moderada Conectividad
4	Cuarto quintil	4	Alta Conectividad
5	Quinto Quintil	5	Muy Alta Conectividad

Fuente: adaptación de Alvarado (2020) y Chinchilla (2013) citado por Rodríguez y Vega (2015)

**Figura N°3:** Categorías para el proceso de reclasificación de los datos

Finalmente, la tercer fase del proceso constó de la comparación de la información del uso de la tierra y la conectividad ecológica estructural obtenida para el año 2020 y la generada en 2016. Debido a la variación de los límites y la diferencia de contenido entre las zonificaciones, la comparación del uso de la tierra y el grado de conectividad ecológica estructural se realizó únicamente para la sección de la microcuenca del río Pará, utilizándose el límite original del CBIPT. Este aspecto, está asociado con el monitoreo de los cambios en el territorio actual con el fin de medir las transformaciones ocurridas en el período sin contemplar la propuesta de ampliación. La información se resumió en dos mapas de medición de cambios elaborados a partir de la herramienta *intersect* y los datos generales se ilustraron a partir de gráficos agrupados.

## 7. Resultados y discusión

### 7.1. Fase I: Atlas temático de variables individuales

Los resultados de la primera fase del estudio corresponden con la presentación de los mapas temáticos de las 14 variables que componen el perfil técnico del CBIPT. La cartografía se elaboró a una escala de diseño 1:50 000 y se acompaña de tablas y gráficos que resumen los

atributos de la información con el fin de mostrar los datos por proporción de área. En dicho panorama, se realiza una descripción de cada variable con base en el tratamiento técnico empleado y las referencias bibliográficas vinculadas con su diseño y elaboración.

### 7.1.1. Porcentaje de Pendientes

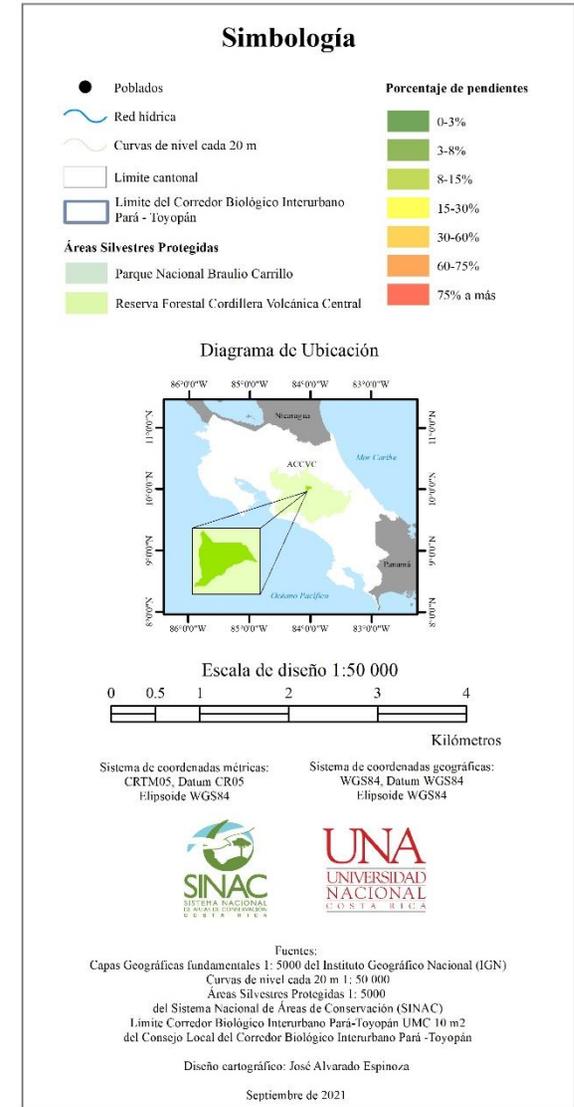
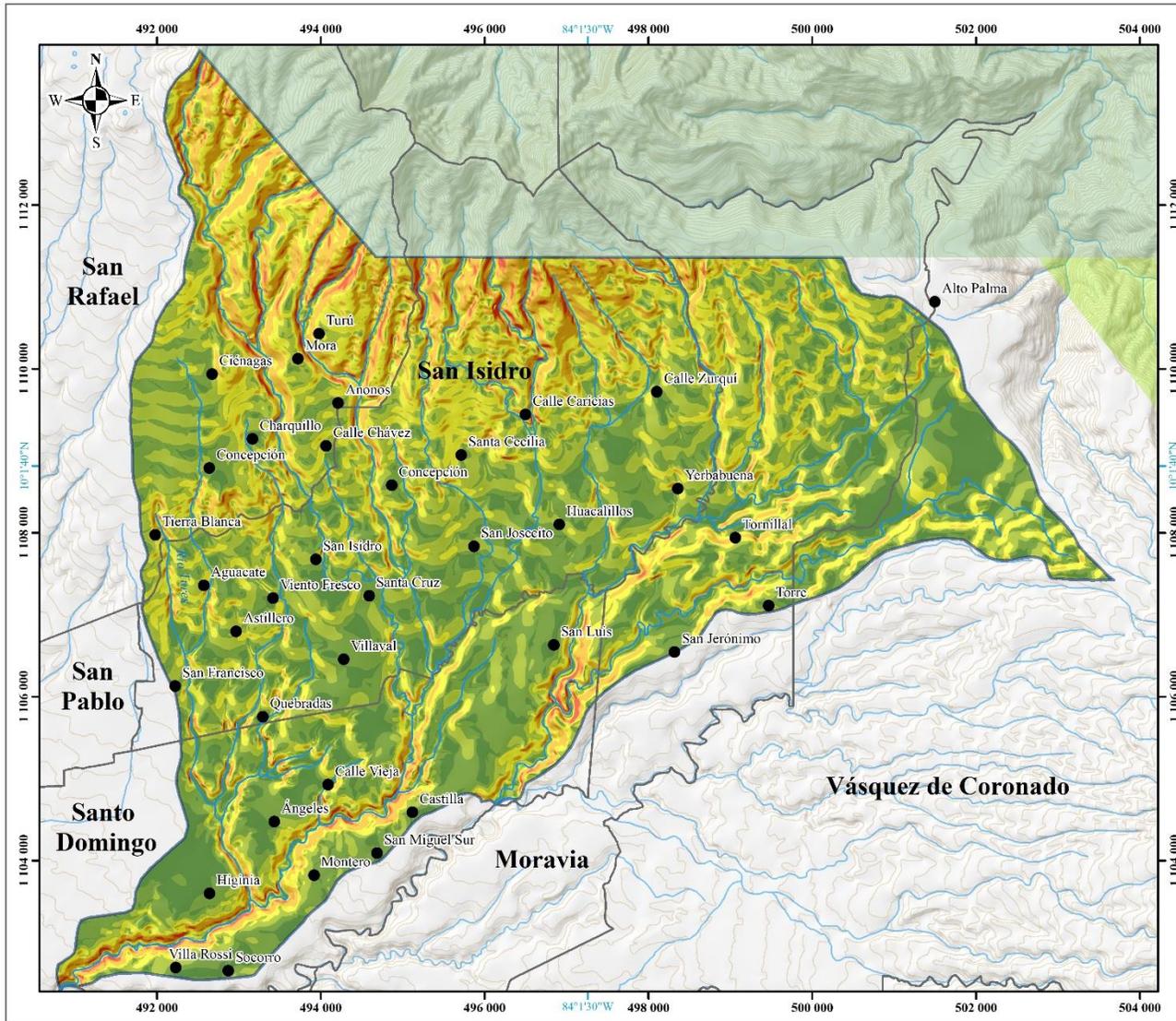
El porcentaje de pendientes (*Mapa N° 4*) muestra la clasificación porcentual de la inclinación del terreno con base en las curvas de nivel del área mediante la creación de un Modelo Digital de Elevaciones y el uso de la herramienta *slope*. La clasificación aplicada se realizó conforme al Decreto Ejecutivo N° 23214 – MAG – MIRENEM de 1994 en el cual se ejecuta una clasificación en siete categorías que califican el terreno de plano o casi plano a fuertemente escarpado.

**Tabla N° 2:**  
Porcentaje de pendientes dentro del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Rango de pendientes	Descripción del terreno por pendiente	Área total (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de área dentro del corredor
0 - 3%	Plano a casi plano	7.22	11.27%
3 - 8%	Ligeramente ondulado	16.30	25.43%
8 - 15%	Moderadamente ondulado	16.03	25.01%
15 - 30%	Ondulado	14.41	22.48%
30 - 60%	Fuertemente ondulado	8.25	12.87%
60 - 75%	Escarpado	1.18	1.85%
75% +	Fuertemente escarpado	0.70	1.10%
Total	-	64.10	100.00%

Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

Para el CBIPT existe una predominación de las categorías medias y bajas donde las pendientes porcentuales de terrenos ligeramente ondulados, moderadamente ondulados y ondulados tienen las mayores coberturas de área (*véase Tabla N°2*). Estas se localizan hacia la parte media y baja de ambas secciones de microcuencas. En caso contrario, las categorías altas de terrenos escarpados y fuertemente escarpados representan los menores porcentajes de área localizándose mayoritariamente hacia la sección noroeste de la microcuenca del río Tibás y en los talweg de los ríos Tibás y Pará.

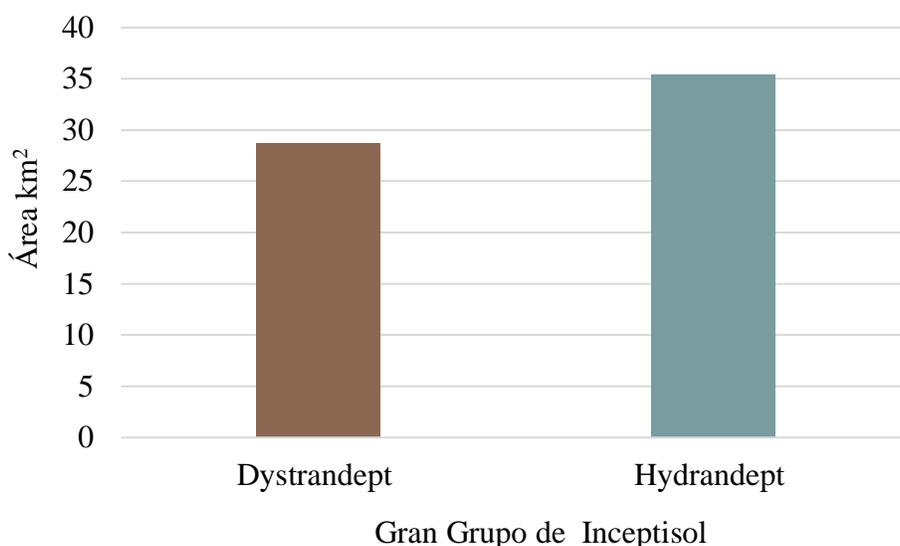


Mapa N°4: Porcentaje de pendientes del Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán

### 7.1.2. Tipo de suelo

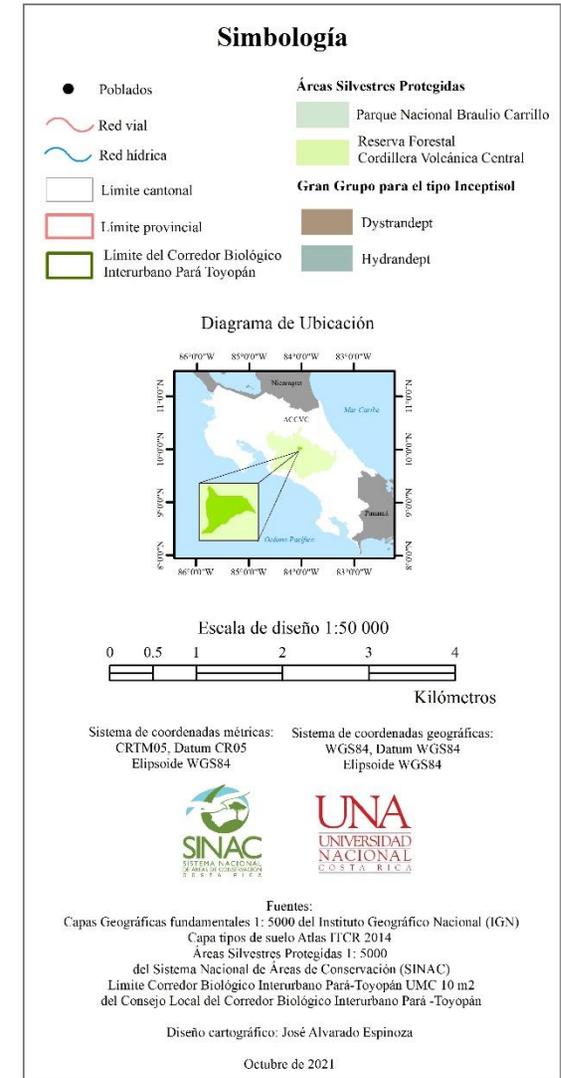
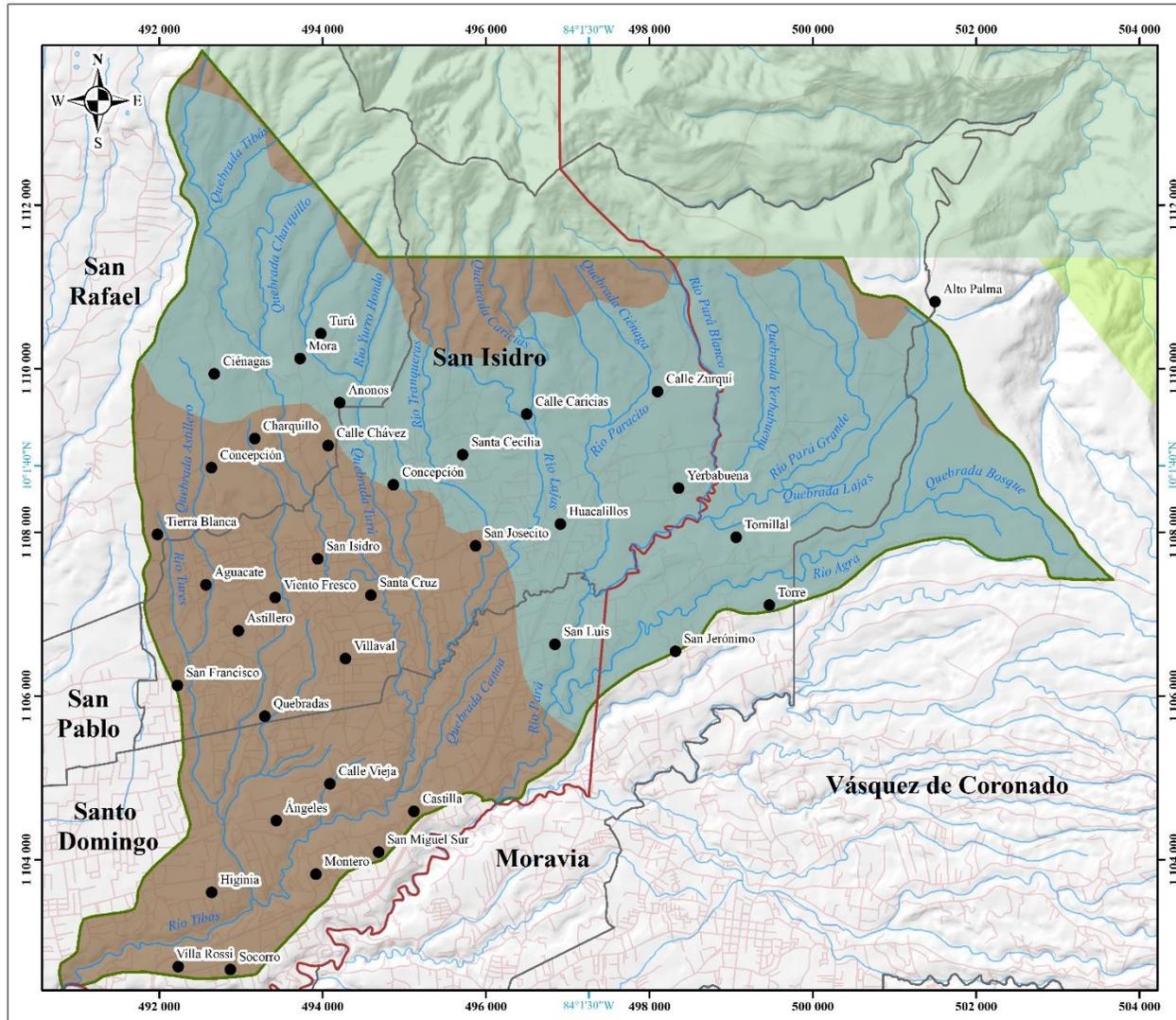
El *Mapa N°5* ilustra la clasificación de tipo de suelos por Gran Grupo. En su totalidad, el CBIPT posee una cobertura de suelos del tipo inceptisol derivados de depósitos volcánicos, los cuales poseen un modelado de origen juvenil y un horizonte B cámbico apenas formado y sin ningún otro horizonte diagnosticado. La información se tomó del Atlas del ITCR 2014 y la generación de los datos geospaciales pertenece al Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica para 2008 a escala 1: 200 000.

**Gráfico N°1:** Cobertura de área por Gran Grupo de suelo para el tipo inceptisol dentro del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán



Fuente: elaborado a partir del CIA-UCR, 2008.

Según su distribución geográfica existen dos categorías de Gran Grupo de suelos inceptisol dentro del CBIPT (*Gráfico N°1*). La categoría Dystrandept representa un 45% del área y posee una cobertura de 28.68 km<sup>2</sup>. Este se encuentra caracterizado por una baja saturación de bases localizándose la mayor zona en la sección baja del corredor y la menor en la sección alta hacia el límite con el Parque Nacional Braulio Carrillo. El grupo Hydrandept representa un 55% del territorio con una cobertura de 35.42 km<sup>2</sup>. El suelo posee la cualidad de tener presencia de agua y se localiza como una franja en la parte media del corredor en ambas secciones de microcuencas.



Mapa N°5: Tipos de suelos por suborden del Corredor Biológico Interurbano Pará - Toyopán

### 7.1.3 Zonas de Vida

Las zonas de Vida de Holdridge son una clasificación de unidades espaciales naturales delimitadas a partir de la relación entre la cobertura vegetal terrestre con la altitud y parámetros climáticos de calor, precipitación y humedad (Holdridge, 1982). El *Mapa N°6* se diseñó a partir de la información del SNIT con fuente del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 2008.

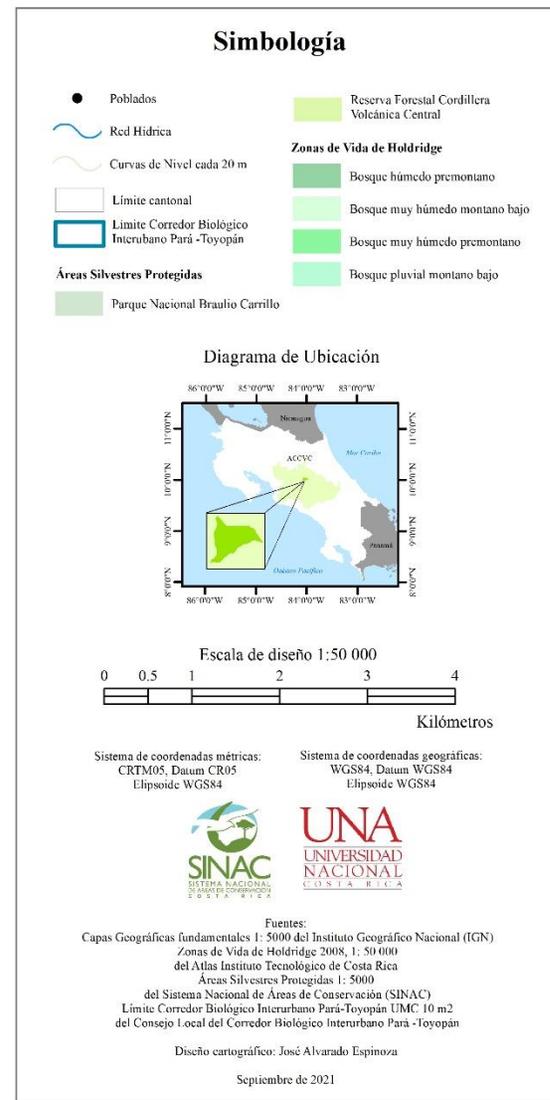
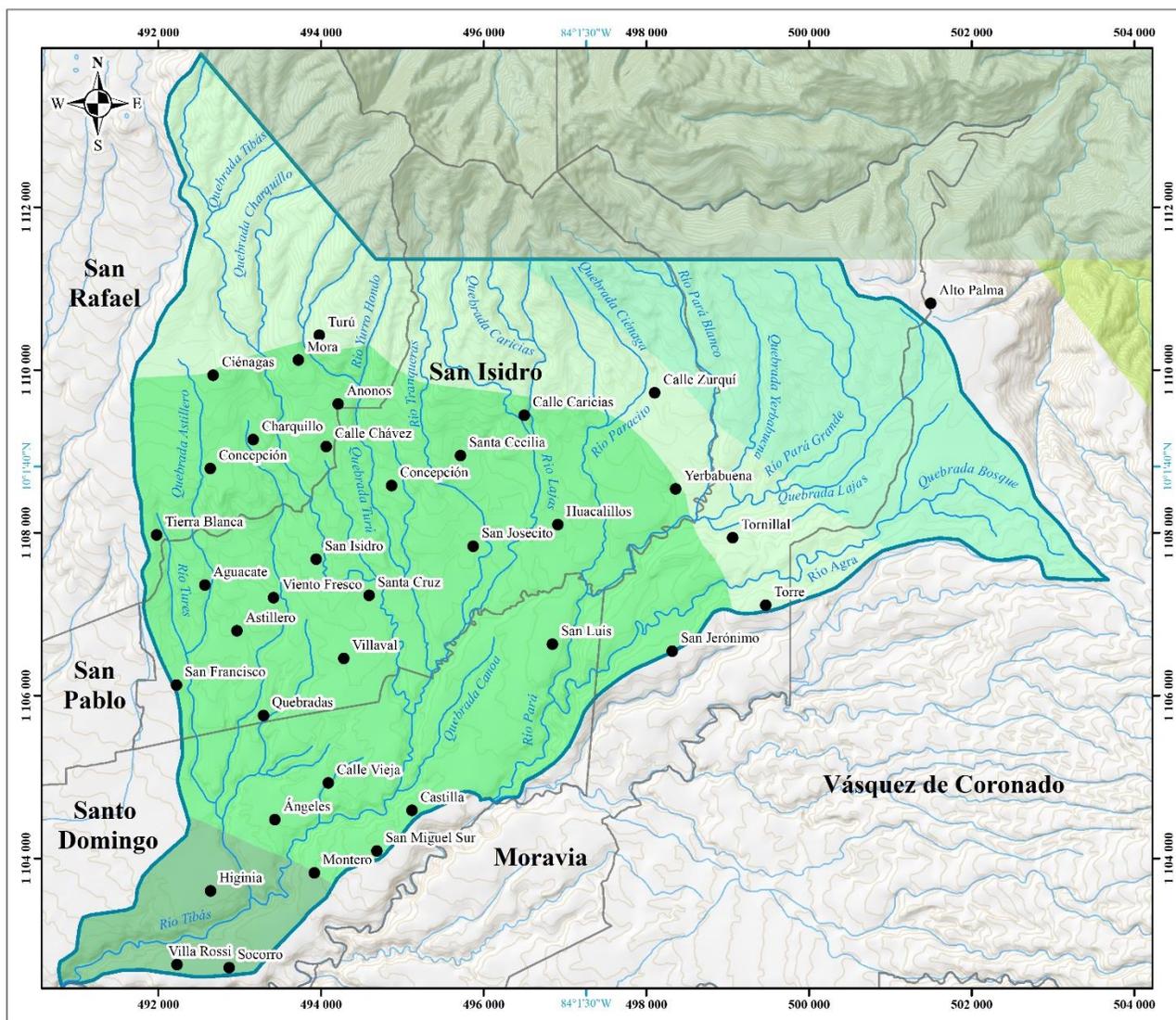
**Tabla N° 3:**  
Zonas de Vida de Holdridge del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Zona	Nombre	Piso Altitudinal	Área total (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de área dentro del corredor
bmh-P	Bosque muy húmedo premontano	Premontano	33.32	51.98%
bp-MB	Bosque pluvial montano bajo	Montano bajo	12.08	18.85%
bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	Montano bajo	14.93	23.29%
bh-P	Bosque húmedo premontano	Premontano	3.76	5.87%

Fuente: Elaborado a partir de ITCR, 2008

En el CBIPT se encuentran cuatro categorías de zonas de vida comprendidas por el Bosque muy húmedo premontano (bmh-P), el Bosque pluvial montano bajo (bp-MB), el bosque muy húmedo premontano (bmh-P) y el Bosque húmedo premontano (bh-P) (*Tabla N°3*). Según la localización geográfica, el piso premontano comprende dos zonas de vida y se concentra en la sección media y baja del corredor abarcando la mayor parte de su territorio. El piso montano bajo integra las otras dos zonas de vida ubicándose en la sección alta del territorio.

En su caracterización, el bmh-P representa la mayor zona de vida del corredor y se encuentra asociado a una biotemperatura entre los 18°C y los 24°C con una precipitación media anual entre los 2000 – 4000 mm anuales. Seguido en proporción, se encuentra el bmh-MB que presenta una biotemperatura entre los 12°C – 18°C con una precipitación media anual entre los 2000 – 4000 mm. El bp-MB representa la tercer zona de vida en proporción con una biotemperatura entre los 12°C – 18°C y una precipitación media anual comprendida de 4000 – 8000 mm. La menor zona de vida corresponde al bh-P la cual se define con una temperatura entre los 18°C y los 24°C con una precipitación media anual que va desde los 1000 mm a los 2000 mm.



Mapa N°6: Zonas de vida de Holdridge del Corredor Biológico Interurbano Parí – Toyopán

#### 7.1.4 Geología

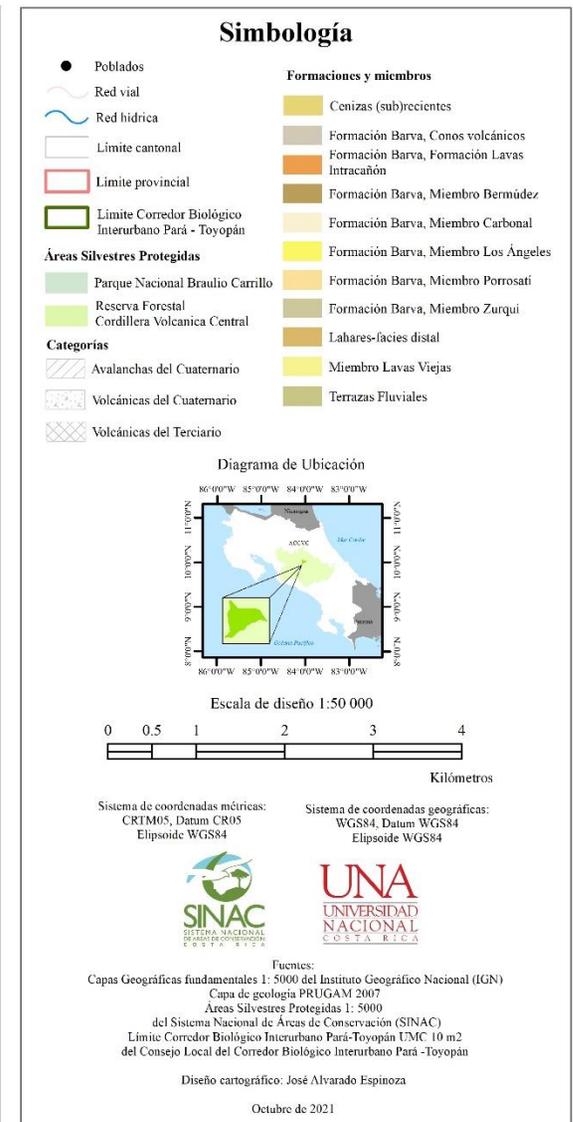
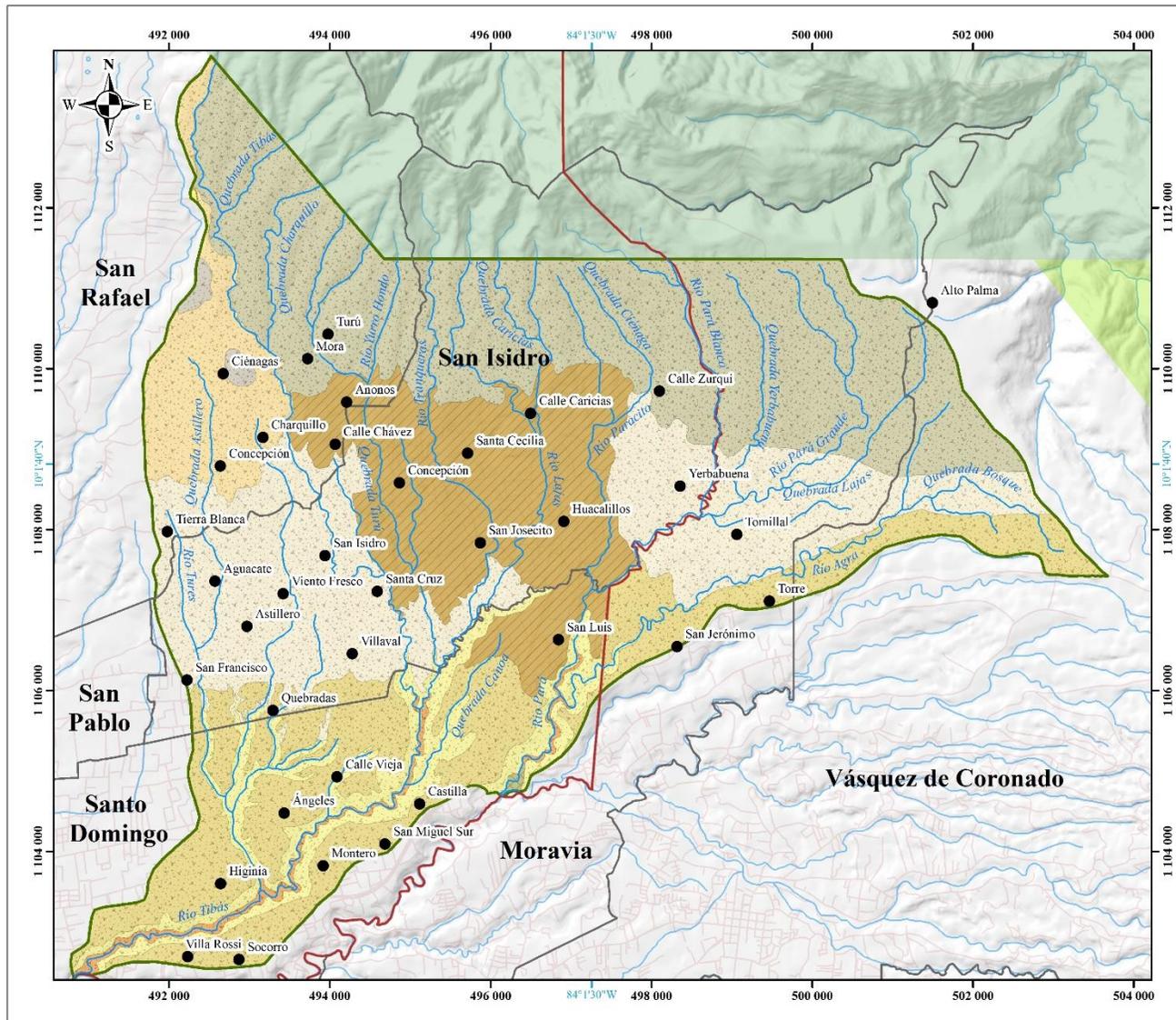
La geología se muestra en el *Mapa N° 7* mediante la representación espacial del período geológico de formación y el miembro al que pertenecen las formas según su extensión territorial. La información se tomó del proyecto PRUGAM 2007 y su caracterización porcentual por cobertura y unidad de área se muestra en la *Tabla N° 4*.

**Tabla N° 4:**  
Caracterización territorial de la geología del Corredor Biológico Interurbano Pará -Toyopán

Tipos	Formaciones y Miembros	Área total (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de área dentro del corredor	Total
Volcánicas del Cuaternario	Formación Barva, Miembro Los Ángeles	0.010	0.02%	84.11%
	Formación Barva, Miembro Bermúdez	0.003	0.01%	
	Formación Barva, Miembro Carbonal	14.754	23.02%	
	Formación Barva, Miembro Zurquí	19.534	30.48%	
	Formación Barva, Conos volcánicos	0.274	0.43%	
	Formación Barva, Formación Lavas Intracañón	0.661	1.03%	
	Formación Barva, Miembro Porrosatí	3.692	5.76%	
	Miembro Lavas Viejas	10.848	16.92%	
	Cenizas (sub)recientes	4.135	6.45%	
Avalanchas del Cuaternario	Lahares-facies distal	10.137	15.82%	15.82%
Volcánicas del Terciario	Terrazas Fluviales	0.049	0.08%	0.08%
Total	-	64.096	100.00%	100.00%

Fuente: elaborado a partir de PRUGAM 2007

Por extensión porcentual de área, el CBIPT posee una geología mayoritariamente de origen volcánico y perteneciente al período Cuaternario. En menor extensión se hayan formaciones de avalanchas del mismo período y volcánicas pertenecientes al Terciario. Según su ubicación geográfica, hacia el sector norte del corredor se localizan los miembros Los Ángeles, Bermúdez, Zurquí, Porrosatí y Conos Volcánicos pertenecientes a la Formación Barva. En la parte media del corredor se ubican el miembro Carbonal y la unidad de Lahares-facies distal. En la sección baja del territorio se encuentran las formaciones de Lavas Intracañón, Cenizas (sub) recientes y el Miembro Lavas Viejas que se distribuye hacia los cauces de los ríos Tibás, Tures y Pará.



Mapa N°7: Geología del Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán

### 7.1.5 Densidad Poblacional Proporcional

El *Mapa N°8* ilustra la densidad poblacional proporcionada (Dpp) obtenida como la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado en proporción al área distrital comprendida dentro del corredor. Para ello se aplicaron las ecuaciones (e. 1.) y (e. 2.) en las que se toma como base la información del X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda elaborado por el INEC para el año 2011 con el fin de obtener la densidad poblacional (Dp) total de los distritos y posteriormente su Dpp.

$$Dp = \frac{\text{Habitantes por distrito en 2011}}{\text{Km}^2 \text{ del distrito}} \quad (\text{e. 1.})$$

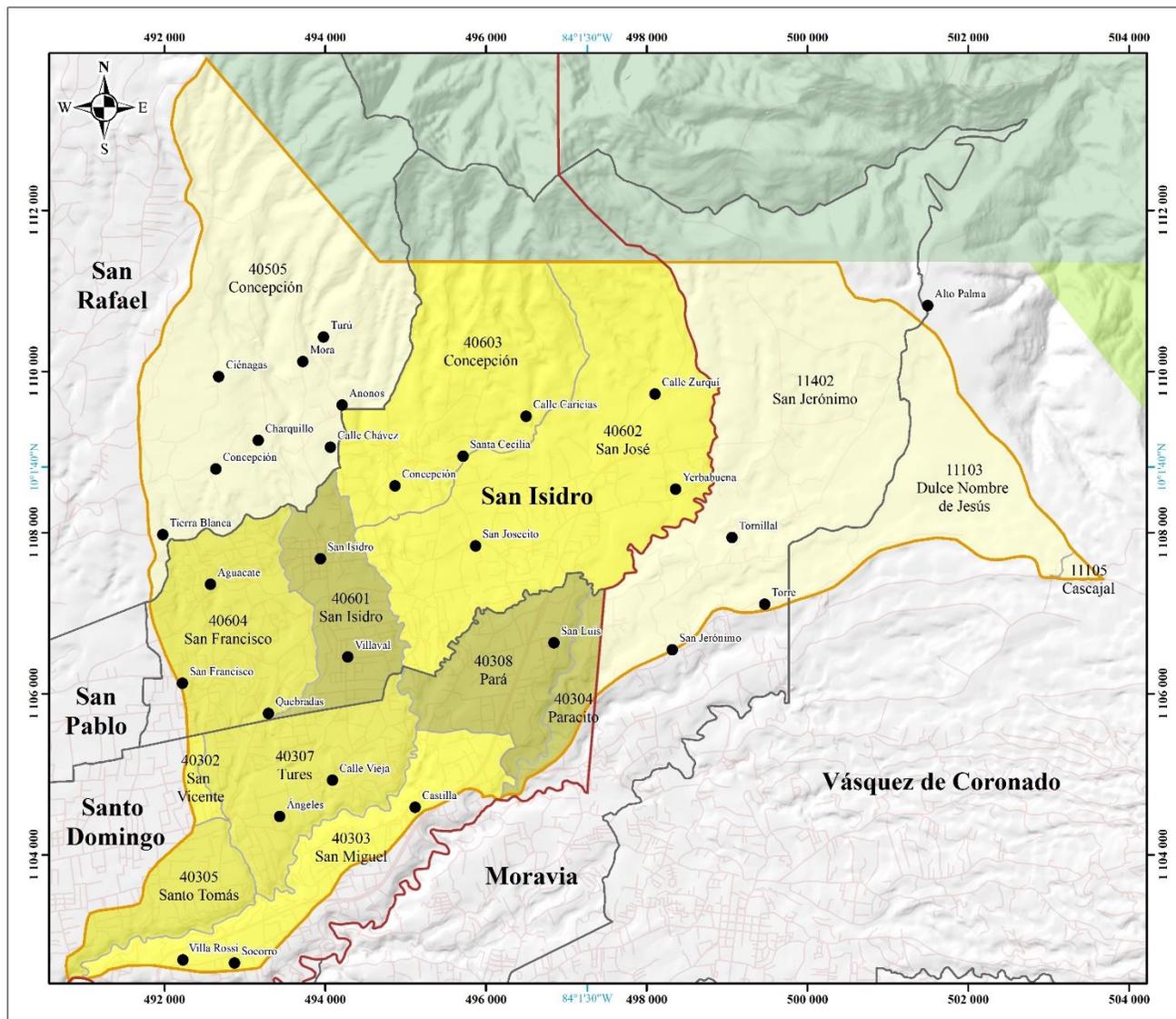
$$Dp = \frac{Dp * \% \text{ territorial distrital en el corredor}}{100\%} \quad (\text{e. 2.})$$

La *Tabla N°5* muestra los resultados obtenidos del cálculo de la Dpp por distrito. En el diseño del *Mapa N°8* los datos se clasificaron por el método de cuantiles con el fin de establecer agrupaciones por sectores de ocupación territorial dentro del corredor. Así se obtuvieron cuatro categorías que van desde los 0.040 hab/km<sup>2</sup> (mínima Dpp) hasta los 2289.51 hab/km<sup>2</sup> (máxima Dpp). Territorialmente la Dpp se concentra hacia el eje central del corredor.

**Tabla N° 5:**  
Densidad poblacional proporcionada por distrito del Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán

Cantón	Distrito	Área total del distrito (km <sup>2</sup> )	Porcentaje territorial del distrito dentro de la microcuena	Población total según Censo 2011	Densidad Poblacional Total (hab/km <sup>2</sup> )	Densidad Poblacional Proporcional
Vásquez de Coronado	Dulce Nombre de Jesús	67.92	6.29%	9744	143.46	9.02
	Cascajal	132.03	0.08%	6728	50.96	0.04
Moravia	San Jerónimo	18.53	58.28%	6154	332.11	193.57
Santo Domingo	San Vicente	2.88	9.72%	6427	2231.60	216.96
	San Miguel	5.9	57.46%	6363	1078.47	619.67
	Paracito	1.27	67.72%	2231	1756.69	1189.57
	Santo Tomás	3.54	53.11%	6267	1770.34	940.18
	Tures	3.88	100.00%	3452	889.69	889.69
	Pará	2.87	100.00%	3333	1161.32	1161.32
San Rafael	Concepción	22.81	54.27%	6077	266.42	144.60
San Isidro	San Isidro	2.67	100.00%	6113	2289.51	2289.51
	San José	11.37	92.52%	7447	654.97	606.00
	Concepción	8.07	75.96%	2635	326.52	248.02
	San Francisco	4.56	89.04%	4438	973.25	866.53

Fuente: elaborado a partir del INEC, 2011.



### Simbología

- Poblados
- Red vial
- Límite cantonal
- Límite provincial
- Límite del Corredor
- Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central
- Parque Nacional Braulio Carrillo

#### Densidad poblacional proporcionada por distrito según censo de 2011

Agrupación por cuantiles hab/km<sup>2</sup>

- I: 0.040 - 193,57
- II: 193,57 - 619,67
- III: 619,67 - 940,18
- IV: 940,18 - 2289,51

#### Áreas Silvestres Protegidas

- Parque Nacional Braulio Carrillo

#### Diagrama de Ubicación

Escala de diseño 1:50 000

0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros

Sistema de coordenadas métricas: CRIM05, Datum CR05, Elipsoide WGS84

Sistema de coordenadas geográficas: WGS84, Datum WGS84, Elipsoide WGS84

Fuentes:  
 Capas Geográficas fundamentales 1: 5000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
 Datos del Censo 2011 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)  
 Áreas Silvestres Protegidas 1: 5000 del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)  
 Límite Corredor Biológico Interurbano Parí-Toyopán UMC 10 m<sup>2</sup> del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán

Diseño cartográfico: José Alvarado Espinoza

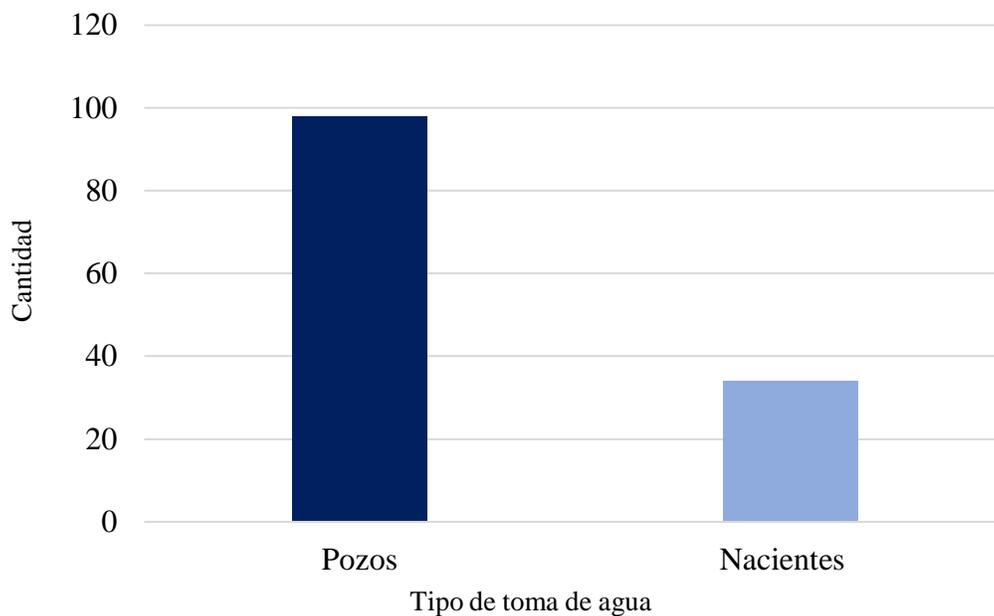
Septiembre de 2021

Mapa N°8: Densidad poblacional proporcionada por distrito del Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán

### 7.1.6. Área de protección de pozos y nacientes

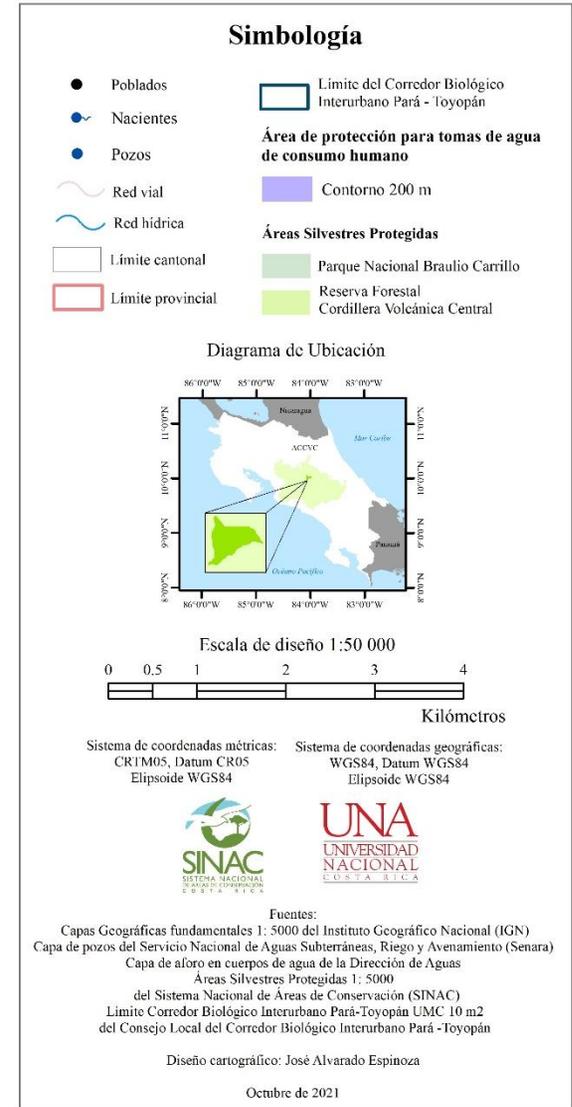
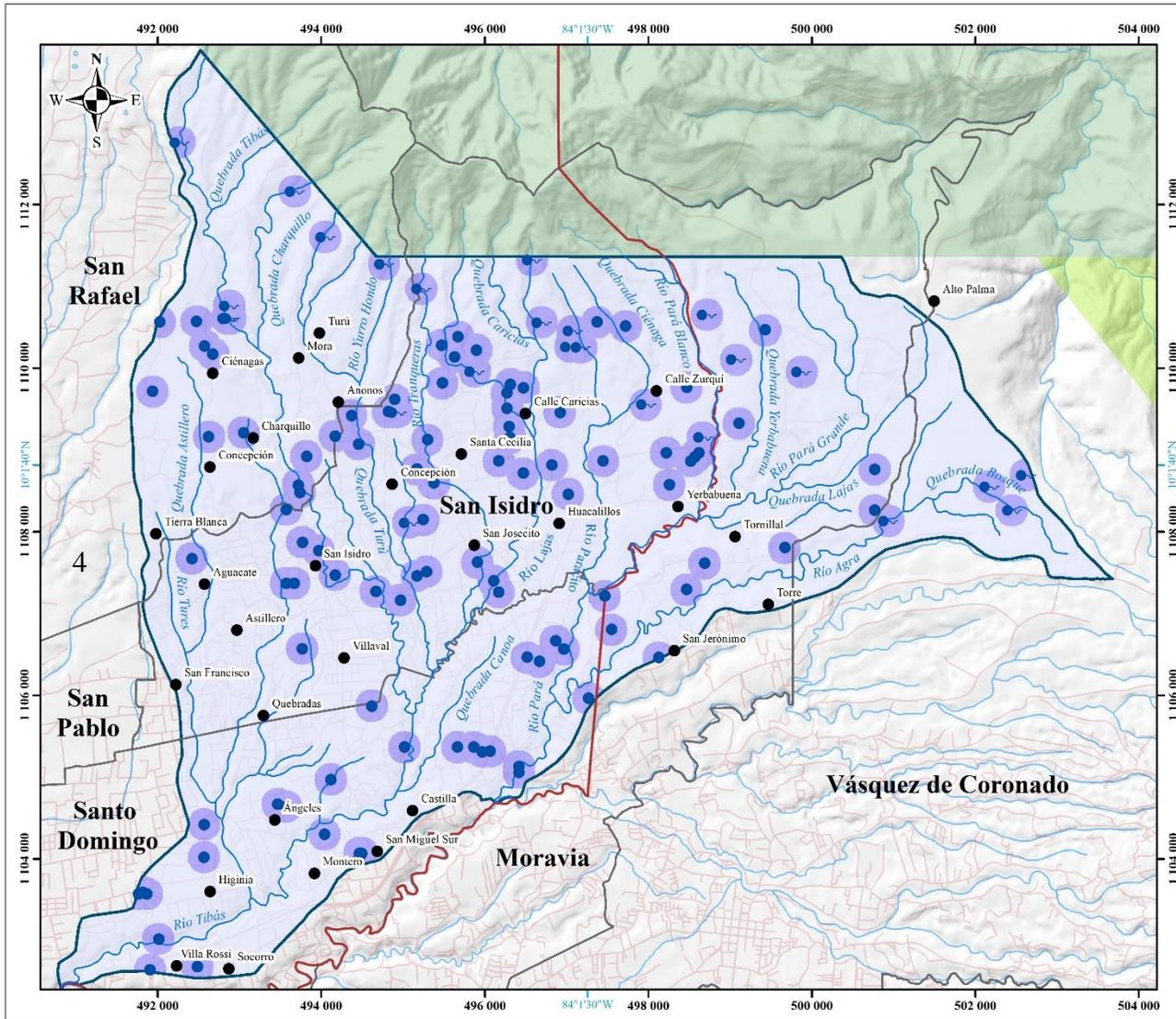
El área de protección de pozos y nacientes se elaboró según el artículo 31 de la Ley de Aguas N° 276 (1942) en la que se establece como área de protección para fuentes surtidoras de agua potable un perímetro no menor a doscientos metros de radio desde la captación de agua. La información se extrajo de la capa de pozos del Atlas ITCR 2014 que pertenece al Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA) para 2008. Además, se utilizó la información de sitios de medición de caudal elaborada por la Dirección de Aguas para el territorio nacional en el período 1986-2016 con el fin de seleccionar las nacientes y pozos no registrados en la capa anterior. Con ambas capas se procesó un *buffer* o contorno de 200 m de radio por distancia euclidiana al punto de ubicación de la toma de agua.

**Gráfico N°2:** Cantidad de tomas de agua por categoría en del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán



Fuente: elaborado a partir de SENARA (2008) y Dirección de aguas (1986 -2016)

Para el CBIPT se contabilizó un aproximado de 134 tomas de agua de las que 36 se catalogan como nacientes y 98 como pozos (*Gráfico N°2*) Las nacientes se localizan a lo largo de la sección alta del corredor por encima de los 1350 m.s.n.m, mientras que los pozos se dispersan tanto en la parte alta como la baja a partir de los 1150 m.s.n.m (*Véase mapa N°9*).



Mapa N°9: Área de protección de pozos y nacientes del Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán

### 7.1.7. Influencia de la red vial

La influencia de la red vial está delimitada por un *buffer* o contorno de 50 m por distancia euclidiana a ambos lados de la vía. La influencia está asociada con el impacto ecológico que la infraestructura vial ejerce sobre la conectividad por el cual las carreteras representan una barrera para el desplazamiento de las especies debido a perturbación por ruido, contaminación (SINAC, 2007) y tránsito vehicular. La delimitación del *buffer* se basa en la Tabla N° 6 que contiene los datos del Proyecto Grúas II (2007) y que expresa el índice de dificultad de movimiento para las especies categorizado de 1 (menor dificultad) a 6 (mayor dificultad) según la cercanía a la vía.

**Tabla N° 6:**

Índice de dificultad de movimiento para las especies según distancia a carreteras

Distancia a carreteras (m)	Nivel de dificultad
0 a 200	5
201 a 500	4
501 a 1000	3
Más de 1001	1

**Tabla N° 7:**

Índice de dificultad de movimiento para las especies según distancia a la red hídrica

Distancia a red hídrica (m)	Nivel de dificultad
0 a 50	1
51 a 100	2
101 a 200	3
Más de 200	5

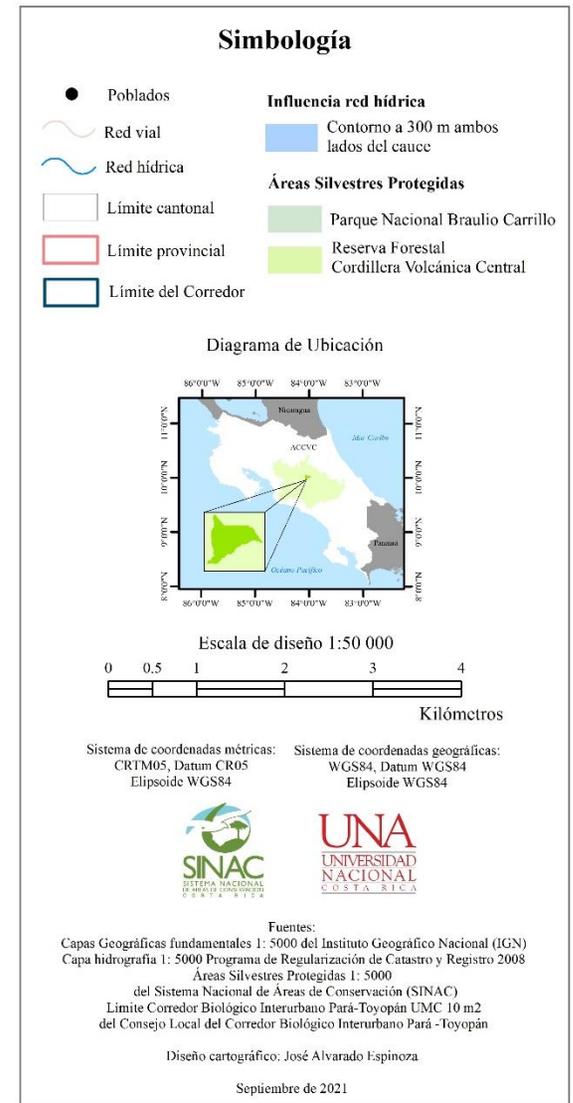
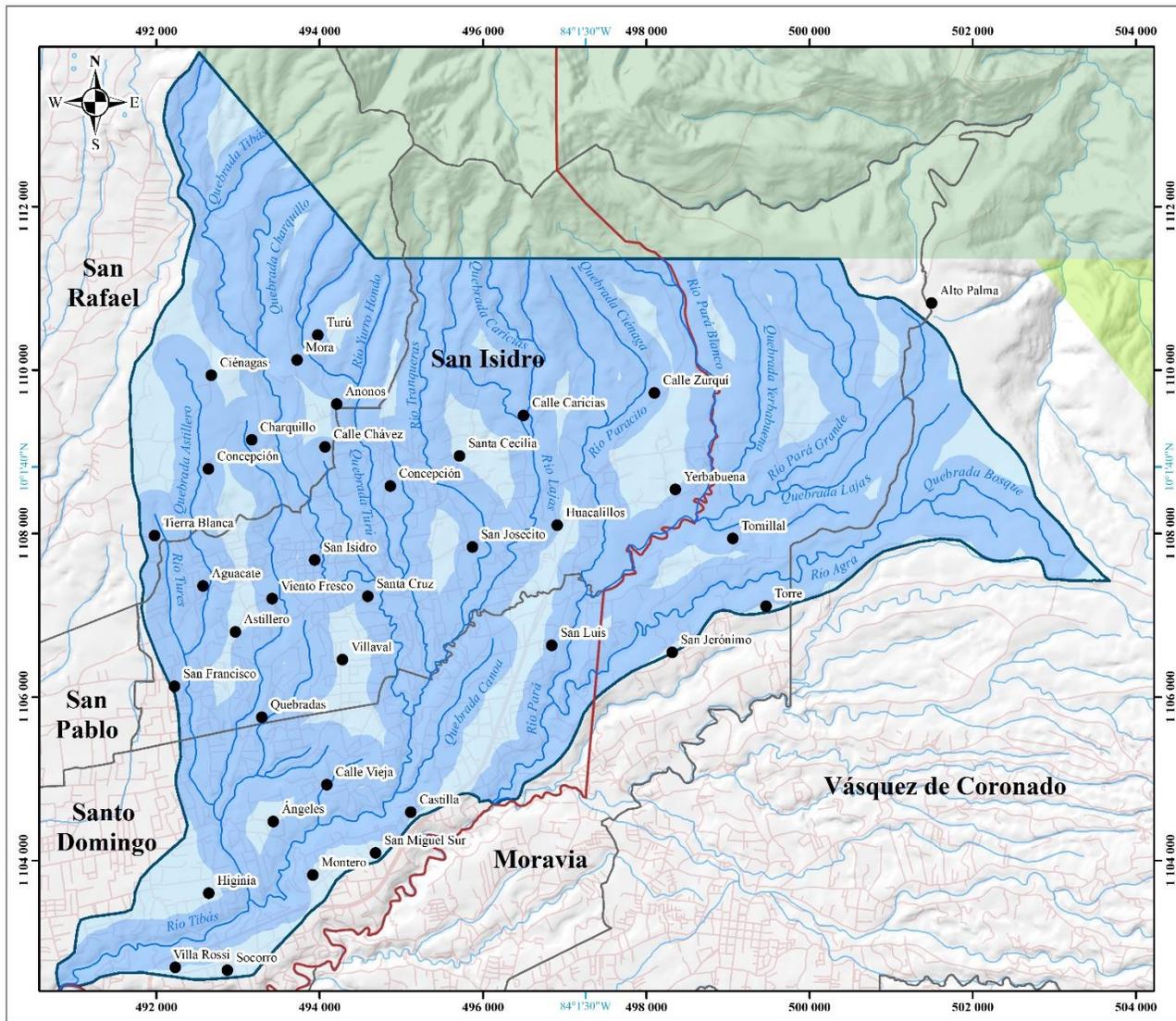
Fuente: Proyecto Grúas II SINAC (2007)

El contorno se elaboró por interpretación de criterio experto en el que se asume que para una cercanía de 50 m desde la vía. (*Véase Mapa N°10*), la dificultad de movimiento representa los valores más altos debido al emplazamiento de la infraestructura. La información para la delimitación del *buffer* correspondió a la capa de vías del IGN escala 1: 5000.

### 7.1.8. Influencia de la red hídrica

La influencia de la red hídrica expresa la facilidad de movimiento de las especies según su cercanía a los cursos de agua. La cercanía fomenta el desplazamiento de las especies que utilizan estos espacios como medios de alimentación, transporte y dispersión (SINAC, 2007). *El Mapa N°11* ilustra el área de influencia definido como por un *buffer* a 300 m de distancia a ambos lados de los afluentes principales registrados dentro del Programa de Regularización de Catastro y Registro para 2008. Al igual que el caso anterior, se basa en el proyecto Grúas II según los datos de la *Tabla N°7*. Dentro del criterio de experto valorado para la variable la interpretación está definida por un difícil desplazamiento a más de 300 m del cauce por lo que la importancia para la conectividad está dada por los valores más cercanos al río o quebrada.





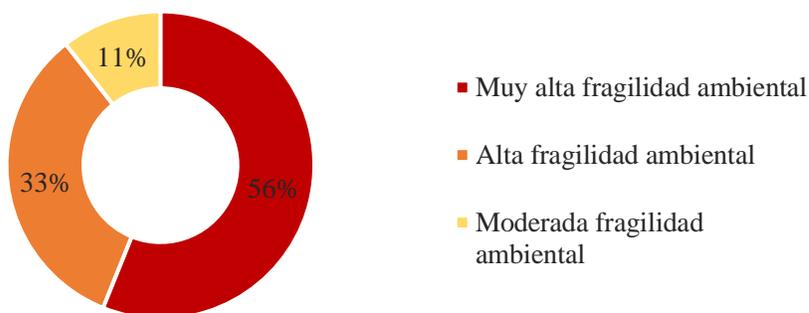
**Mapa N° 11:** Influencia de la red hídrica del Corredor Biológico Interurbano Parí Toyopán

### 7.1.9 Índices de Fragilidad Ambiental Integrado (IFA)

Los Índices de Fragilidad Ambiental (IFA) son instrumentos técnicos para la evaluación del impacto ambiental dentro de los planes reguladores y otras planificaciones del uso del suelo. El Decreto Ejecutivo N° 32967 – MINAE de 2006 los incorpora como parte del Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) con el fin de definir un balance total de la carga ambiental sobre un espacio geográfico determinado en atención a la aptitud natural (biota, gea y uso potencial del suelo), carga ambiental inducida y demanda de recursos naturales.

*El Mapa N°12* muestra la categoría de IFA integrado, la cual combina los IFA específicos de los ejes temáticos evaluados en el proceso de EIA para definir las condiciones ambientales del área o zona estudiada. La información empleada para la elaboración del mapa corresponde a la zonificación del proyecto PRUGAM – 2007 que aplicó la metodología IFA para la GAM.

**Gráfico N°3:** Porcentaje categoría IFA Integrado por extensión de área en el Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán



Fuente: elaborado a partir de PRUGAM, 2007.

De acuerdo con el *Gráfico N°3*, el CBIPT posee la mayoría de su área en las categorías de alta a muy alta fragilidad ambiental con menor proporción en la categoría de moderada fragilidad ambiental. Según los datos del PRUGAM, las áreas incluidas dentro de la muy alta fragilidad ambiental se caracterizan por poseer IFAS subclase (*Anexos N°4 y N°5*) asociados a una alta vulnerabilidad a procesos de erosión, sedimentación, inundación, lahares, avalanchas y erupciones volcánicas. Además, se encuentran áreas de recarga acuífera sobre las que se debe

implementar el desarrollo de cobertura boscosa bajo el régimen de protección. En cuanto a la ocupación humana la zona es capaz de albergar una baja densidad menor al 10% con edificaciones menores a 2 pisos de altura.

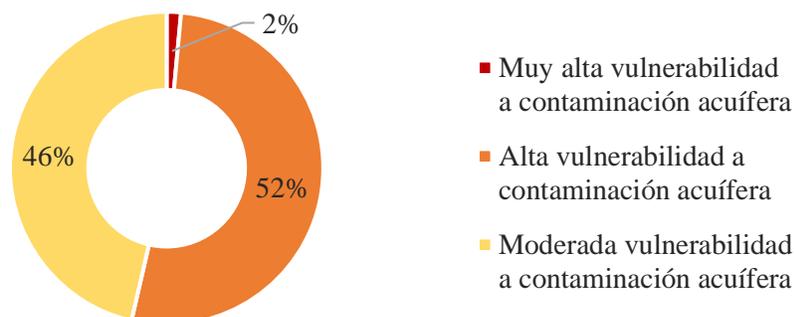
Para las zonas incluidas dentro de la categoría de alta fragilidad ambiental, las características de los IFAS subclase presentadas se asocian a una alta vulnerabilidad a procesos de erosión, sedimentación, deslizamientos y rupturas superficiales de fallas activas. El uso potencial del suelo se dirige a la producción agropecuaria y a la ocupación humana de densidad menor al 20% con edificaciones con menos de 4 pisos de altura. Igualmente, el área presenta una necesidad de desarrollo de obras de contención, protección y corredores verdes.

En último caso las áreas categorizadas dentro de la moderada fragilidad ambiental presentan aptitud para un posible desarrollo urbanístico con alta densidad de ocupación humana entre el 50% y 70% , con posibilidades de desarrollo vertical y plantas de tratamiento de aguas.

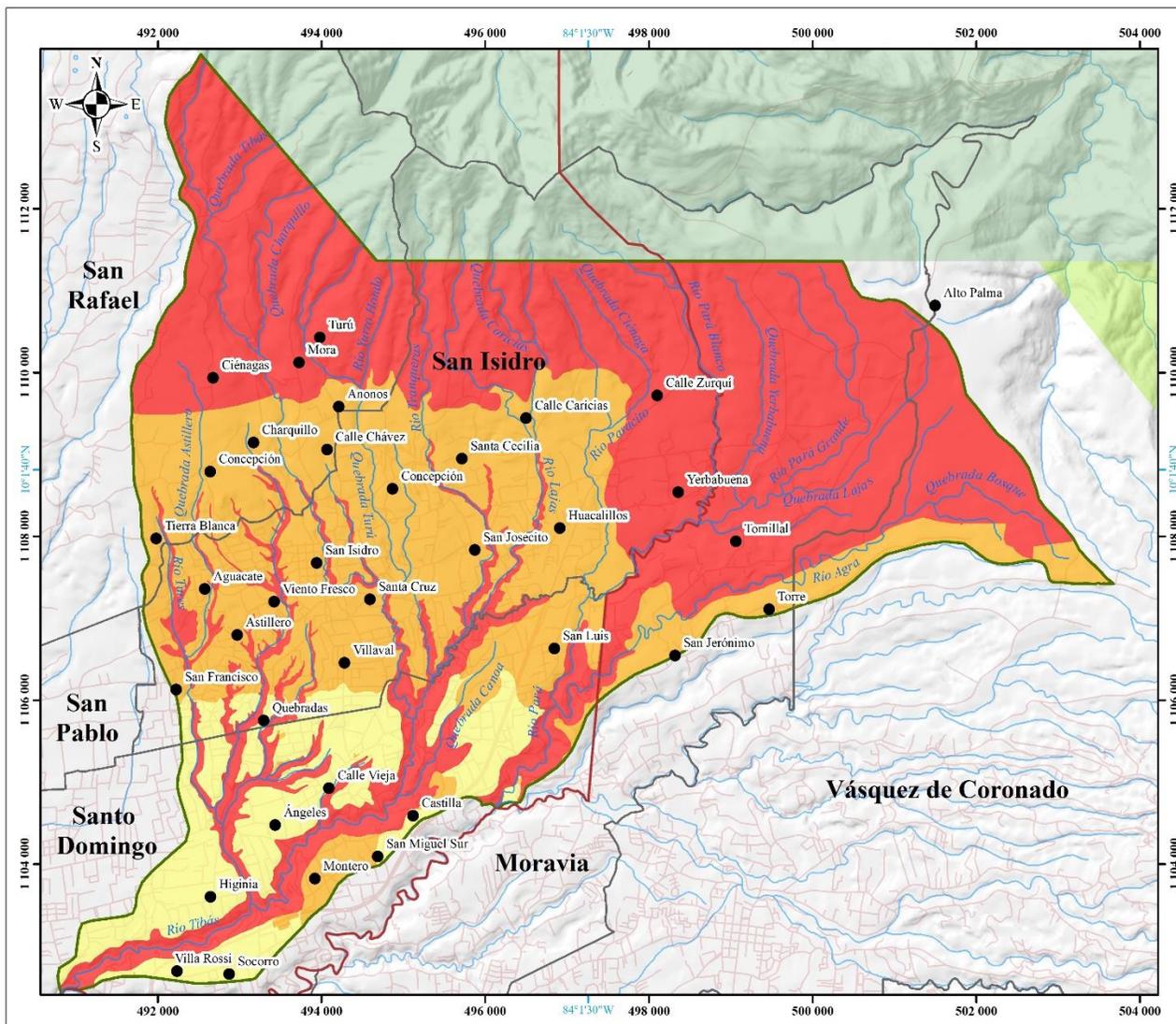
#### 7.1.10 Vulnerabilidad de recarga de aguas subterráneas

El *Mapa N°13* ilustra la vulnerabilidad por contaminación en la recarga de aguas subterráneas. La información corresponde a la zonificación del IFA factor Hidrogeología del proyecto PRUGAM – 2007 en la que se evalúa las condiciones físicas de las estructuras que albergan las aguas subterráneas. El *Gráfico N°4* el CBIPT permite identificar que el CBIPT concentra una mayor proporción de área en la moderada y alta vulnerabilidad por contaminación en la recarga de aguas subterráneas.

**Gráfico N°4:** Vulnerabilidad a contaminación acuífera del Corredor del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán



Fuente: elaborado a partir de PRUGAM, 2007.



### Simbología

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Poblados</li> <li>— Red vial</li> <li>— Red hídrica</li> <li>— Límite cantonal</li> <li>— Límite provincial</li> <li>— Límite del Corredor Biológico Interurbano Para-Toyopán</li> </ul>	<p><b>Áreas Silvestres Protegidas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parque Nacional Braulio Carrillo</li> <li>Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central</li> </ul> <p><b>IFAS Integrado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moderada fragilidad ambiental</li> <li>Alta fragilidad ambiental</li> <li>Muy alta fragilidad ambiental</li> </ul>
---	--

**Diagrama de Ubicación**

Escala de diseño 1:50 000

Kilómetros

Sistema de coordenadas métricas: CRTM05, Datum CR05 Elipsoide WGS84	Sistema de coordenadas geográficas: WGS84, Datum WGS84 Elipsoide WGS84
---	--

Fuentes:  
 Capas Geográficas fundamentales 1: 5000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
 Capa de IFAS Integrado PRUGAM 2007  
 Áreas Silvestres Protegidas 1: 5000 del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)  
 Límite Corredor Biológico Interurbano Para-Toyopán UMC 10 m2 del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Para-Toyopán

Diseño cartográfico: José Alvarado Espinoza  
 Octubre de 2021

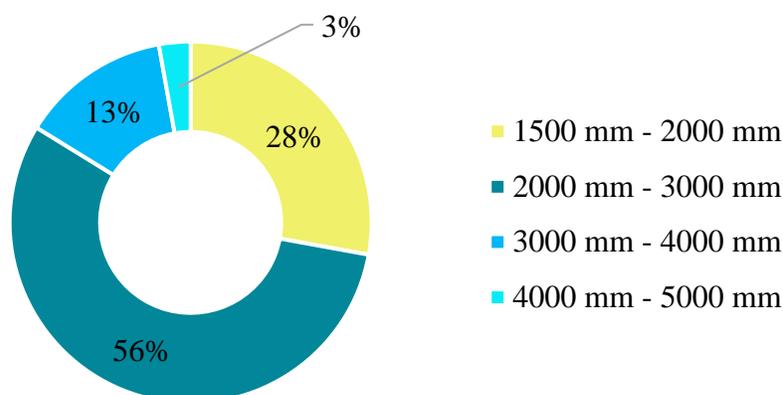
**Mapa N°12:** Índices de Fragilidad Ambiental Integrado (IFA) del Corredor Biológico Interurbano Para – Toyopán



### 7.1.11 Precipitación Media Anual

La precipitación media anual se zonifica mediante isoyetas según la cantidad de agua llovida sobre estaciones pluviométricas durante uno o más años. Los registros permiten definir rangos de acuerdo con el promedio de datos mensuales obtenidos. El *Mapa N°14* ilustra los rangos de precipitación media anual, medida en milímetros, según la información del Atlas Climatológico del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) para 2010.

**Gráfico N°5:** Porcentaje de rangos de precipitación media anual por área en el Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán



Fuente: elaborado a partir de IMN, 2010.

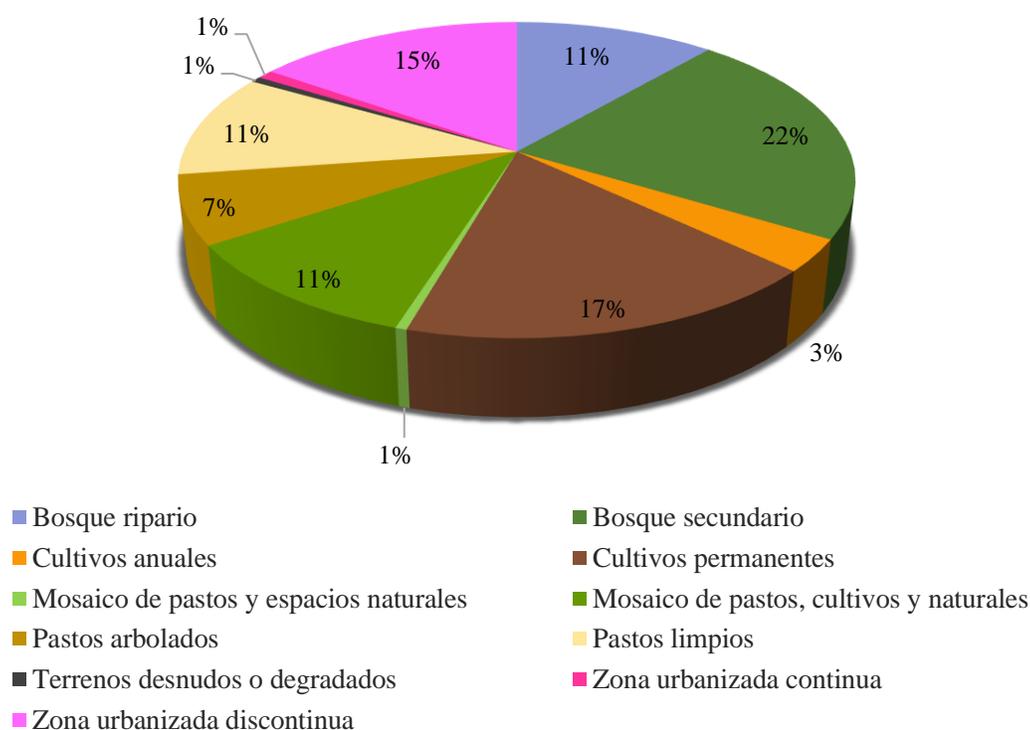
De acuerdo con la información del IMN, el CBIPT posee un rango general de precipitación media anual entre los 1500 mm y 5000 mm con cuatro clases definidas (*Véase Gráfico N°4*). La mayor parte del CBIPT, comprendida por la parte baja y media, posee un intervalo de precipitación media anual entre los 1500 mm y los 3000 mm. Por su parte, hacia la parte alta del corredor se distribuyen las clases porcentuales entre los 3000 mm – 4000 mm y los 4000 mm – 5000 mm.

### 7.1.12. Uso de la Tierra

El *Mapa N° 15* ilustra la zonificación del uso de la tierra del CBIPT según las categorías de la *Leyenda Corine Land Cover* versión Costa Rica V1.0 propuesta por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) para 2015. La información original corresponde al levantamiento de uso

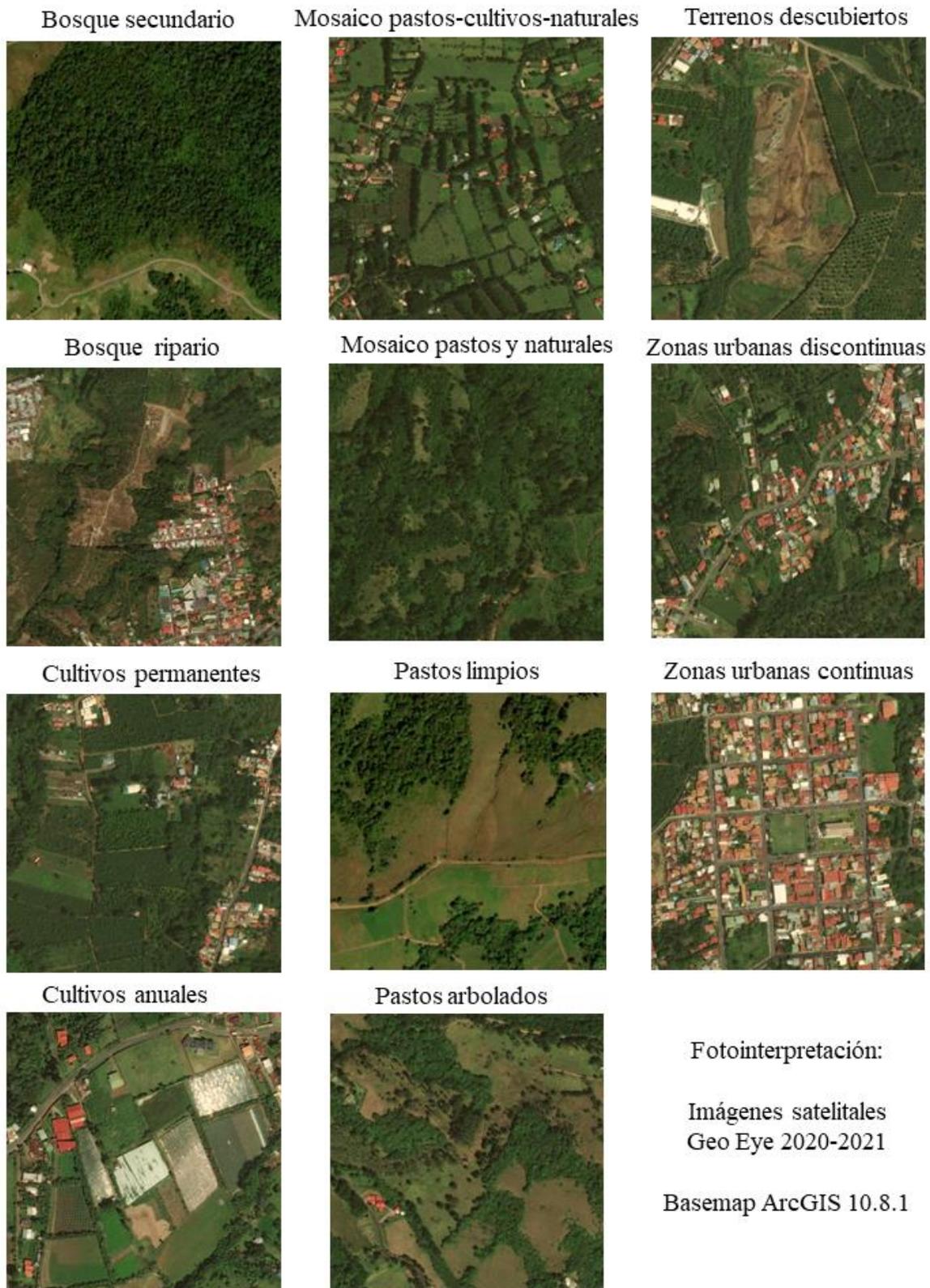
de la tierra elaborado por el CATIE en 2020 para la GAM a una resolución con unidad mínima cartografiable (UMC) de 10 m<sup>2</sup>. Debido al detalle de la escala de trabajo y las categorías de uso de la tierra empleadas se realizó un proceso de depuración y reclasificación de la información a la que se le aplicaron operaciones de redibujo, cortes de polígono y reclasificación para obtener la vista final del mapa. La fotointerpretación de las categorías se efectuó mediante el mapa base de *ArcGIS 10.8.1* compuesto por imágenes satelitales *GeoEye 2020-2021* (Véase *Figura N 4*).

**Gráfico N°6:** Porcentaje de extensión territorial de los usos de la tierra en el Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán



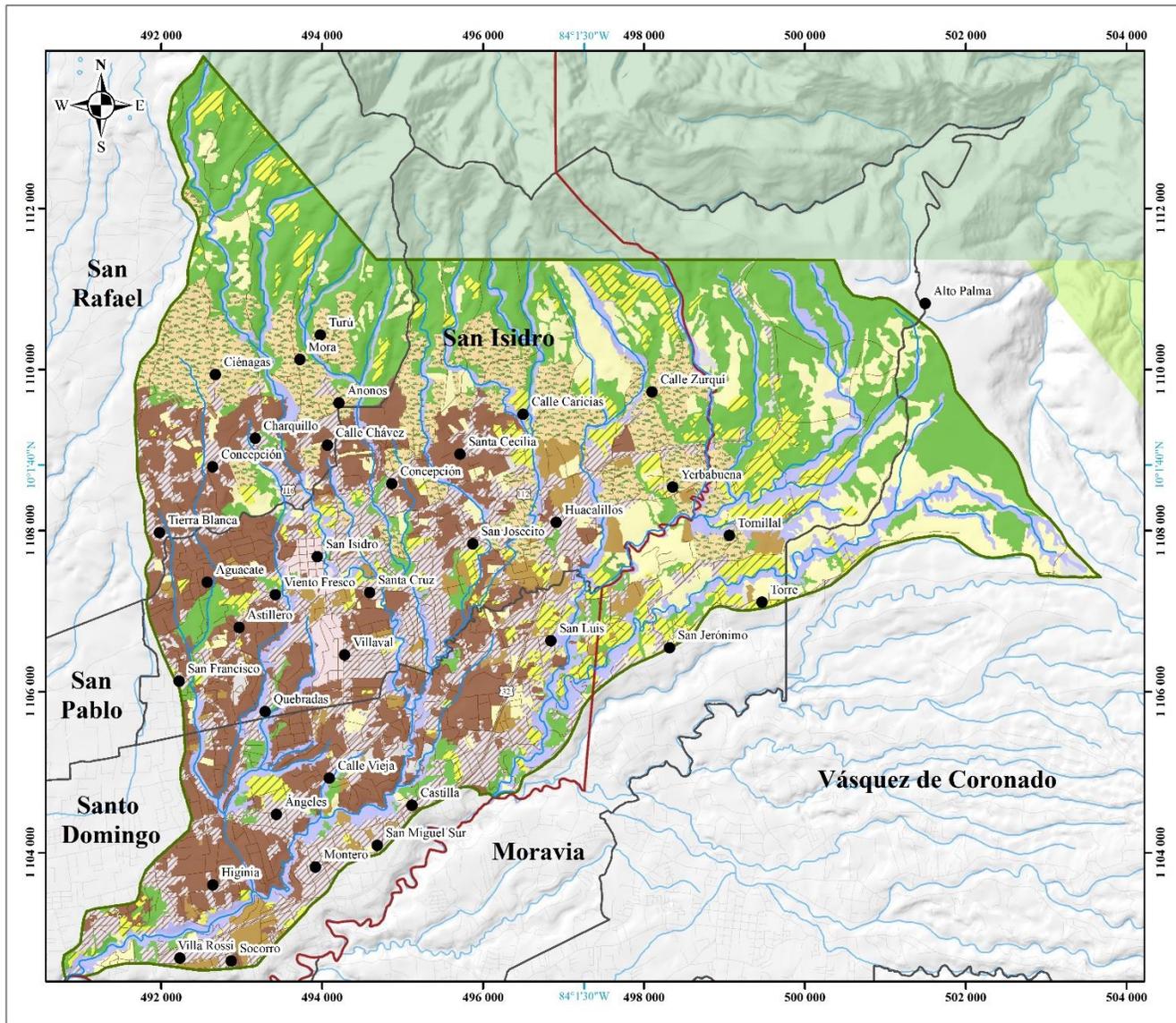
Fuente: elaborado con información editada de CATIE, 2020

En el *Gráfico N°4* se aprecia que las categorías de uso de la tierra con mayor extensión territorial son el bosque secundario (22%), los cultivos permanentes (17%) y las zonas urbanizadas discontinuas (15%). Según su cobertura de área, los bosques secundarios abarcan 14.35 km<sup>2</sup>, cultivos permanentes 11.15 km<sup>2</sup>, zonas urbanizadas discontinuas 9.73 km<sup>2</sup>, bosques riparios 7.27 km<sup>2</sup>, mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales 6.91 km<sup>2</sup>, pastos limpios, 6.82 km<sup>2</sup>, pastos arbolados 4.51 km<sup>2</sup>, cultivos anuales 2.12 km<sup>2</sup>, zonas urbanizadas continuas 0.58 km<sup>2</sup>, terrenos desnudos 0.38 km<sup>2</sup> y mosaicos de pastos y espacios naturales 0.30 km<sup>2</sup>.



**Figura N°4:** Guía elaborada para la fotointerpretación por categorías de uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán

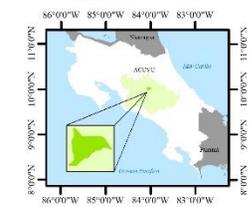




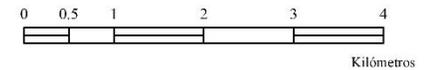
### Simbología

- Poblados
  - Ruta
  - ~ Red vial
  - ~ Red hídrica
  - Limite cantonal
  - Limite provincial
  - Limite Corredor Biológico Interurbano Parí - Toyopán
- Usos de la tierra**
- Bosque ripario
  - Bosque secundario
  - Cultivos anuales
  - Cultivos permanentes
  - Mosaico de pastos y espacios naturales
  - Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales
  - Pastos arbolados
  - Pastos limpios
  - Tierras desnudas o degradadas
  - Zona urbanizada continua
  - Zona urbanizada discontinua
- Áreas Silvestres Protegidas**
- Parque Nacional Braulio Carrillo
  - Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central

#### Diagrama de Ubicación



Escala de diseño 1:50 000



Sistema de coordenadas métricas:  
CR1M05, Datum CR05  
Elipsoido WGS84

Sistema de coordenadas geográficas:  
WGS84, Datum WGS84  
Elipsoido WGS84



Fuentes:  
Capas Geográficas fundamentales 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
Uso de la Tierra CATIE 2020 UMC 10 m2 (Capa editada)  
Áreas Silvestres Protegidas 1:5000  
del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)  
Limite Corredor Biológico Interurbano Parí-Toyopán UMC 10 m2  
del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Parí-Toyopán

Diseño y edición cartográfica: José Alvarado Espinoza

Octubre de 2021

**Mapa N°15:** Uso de la Tierra 2020 del Corredor Biológico Interurbano Parí – Toyopán

En relación con la distribución espacial se identifica una mayor proporción de los usos asociados al urbanismo y la agricultura en la sección de la microcuenca del río Tibás, por el contrario, los usos ligados a la existencia de bosques y pastizales, tanto limpios como arbolados, se concentran en la sección de la microcuenca del río Pará. Los cultivos anuales se distribuyen a lo largo de la parte baja y media del corredor y las categorías de mosaicos, tanto de asocio entre pastos-cultivos-espacios naturales como de pastos-espacios naturales, se localizan hacia la parte alta del corredor limitando con bosques secundarios cercanos al límite del Parque Nacional Braulio Carrillo.

### 7.1.13. Tamaño de parche de bosque

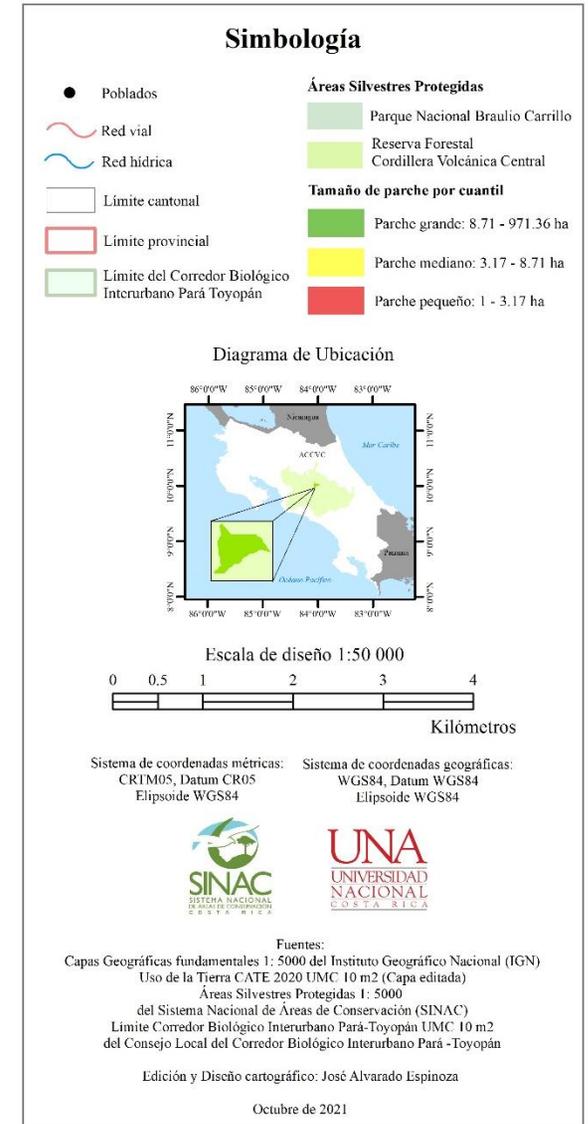
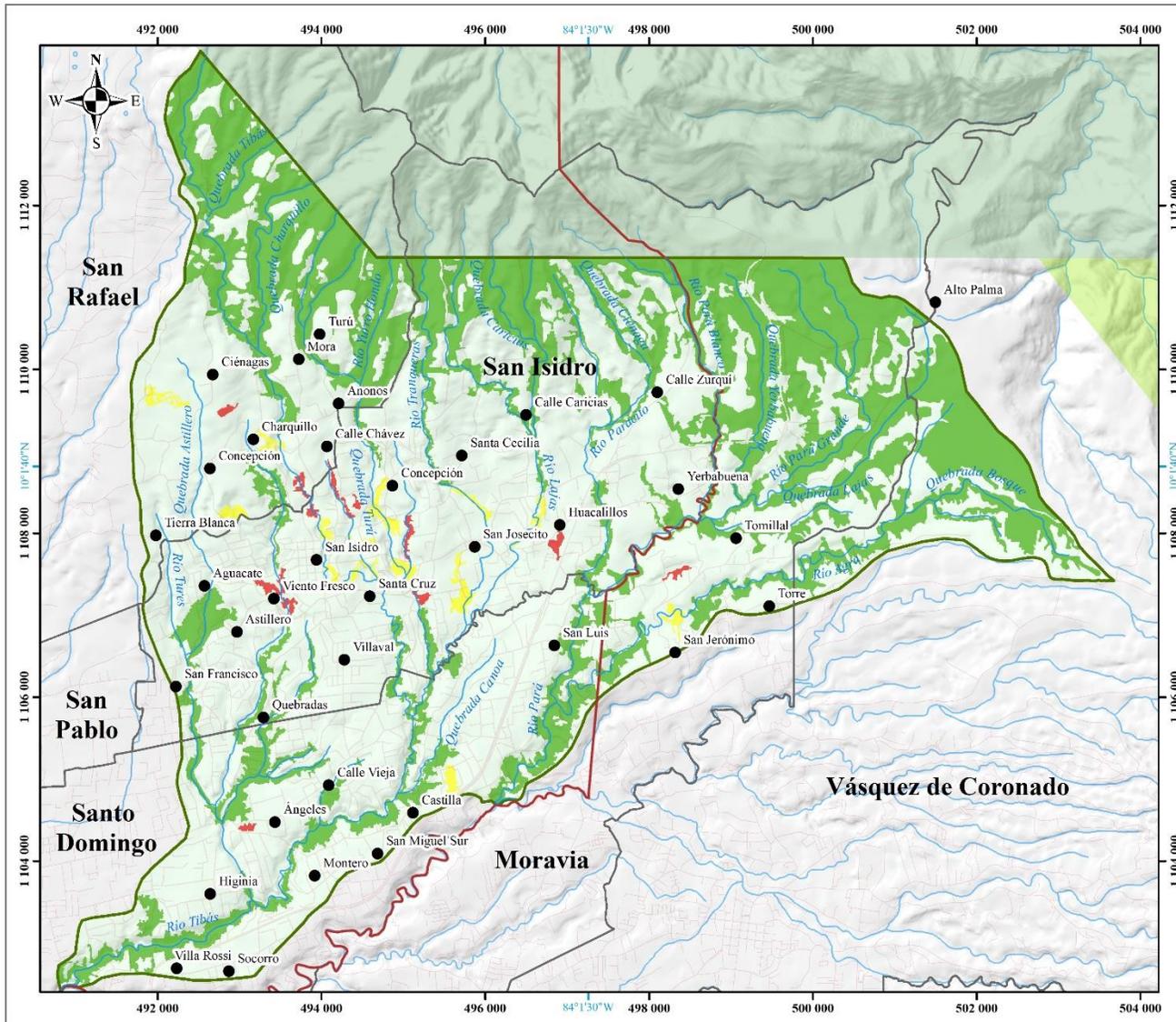
El tamaño de parche de bosque muestra la clasificación de los polígonos asociados a una unidad forestal según su extensión de área. Esta información fue extraída de la capa de uso de la tierra donde se seleccionaron los polígonos mayores a 1 hectárea (ha) catalogados como bosque secundario y bosque ripario. Los polígonos fueron integrados como una unidad forestal y mediante métricas SIG se calcularon las áreas. La clasificación se realizó por el método de cuantiles a 3 categorías como se muestra en la *Tabla N°8*.

**Tabla N° 8:**  
Métricas de paisaje sobre el tamaño de parche de bosque del  
Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Clasificación	Rango del cuantil (ha)	Tamaño promedio (ha)	Número de parches	Extensión en corredor (ha)
Parche grande	8.71 - 971.36	82.20	25	2054.95
Parche mediano	3.17 - 8.71	4.10	17	69.78
Parche pequeño	1.00 - 3.17	2.27	13	29.47

Fuente: elaborado con información editada de CATIE, 2020

El *Mapa N°16* expresa los resultados de la clasificación. Existen 25 parches categorizados como parches grandes, 17 como parches medianos y 13 como parches pequeños. Los parches grandes están conformados por las áreas forestales cercanas al Parque Nacional Braulio Carrillo, así como algunos bosques riparios. Por su parte, los parches medios y pequeños se localizan mayoritariamente en la parte media del corredor.



Mapa N°16: Tamaño de parche de bosque del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

#### 7.1.14. Índice de Fragmentación

El Índice de Fragmentación (Indfrag) muestra la razón entre el área total de una cobertura respecto a su borde. Entre mayor sea la razón del área sobre el borde menor será su grado de fragmentación. Esta analogía se expresa en Larrea, Sáenz, Cervantes y Chiriboga (s.f.) como método de cálculo de la fragmentación por unidad de cobertura. El cálculo del Indfrag se realiza mediante la ecuación (e.3) que posteriormente se transforma a una escala de 0 a 1 (Indfrag<sub>0-1</sub>) tomando el resultado Indfrag más alto como medida de comparación (e.4).

$$\text{Indfrag} = \frac{\text{Área total de la cobertura (km}^2\text{)}}{\text{Perímetro total de la cobertura (km)}} \quad (\text{e.3})$$

$$\text{Indfrag}_{0-1} = \frac{\text{Indfrag}}{\text{Indfrag max}} \quad (\text{e.4})$$

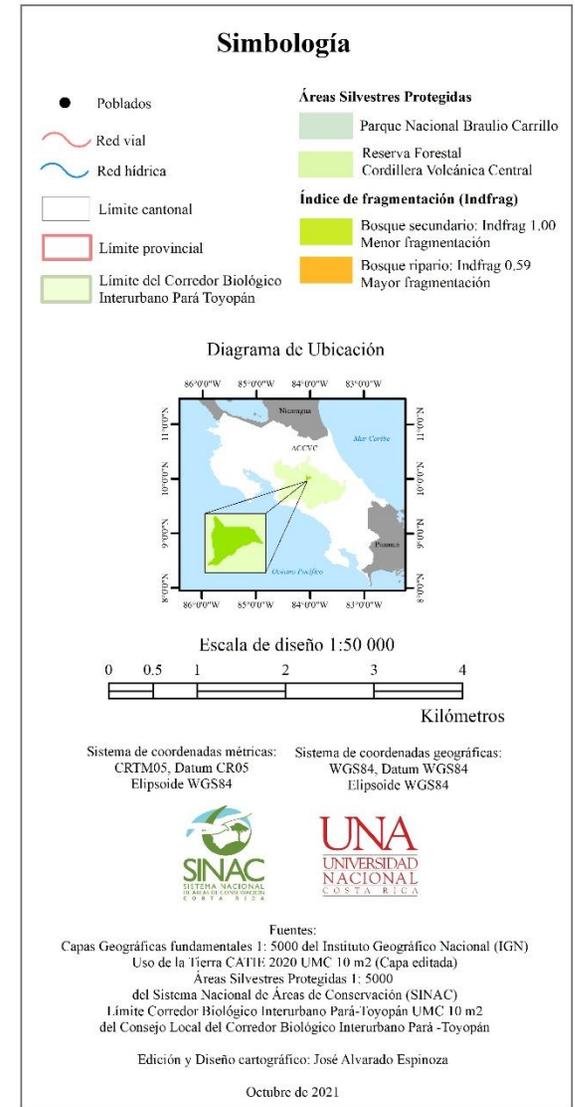
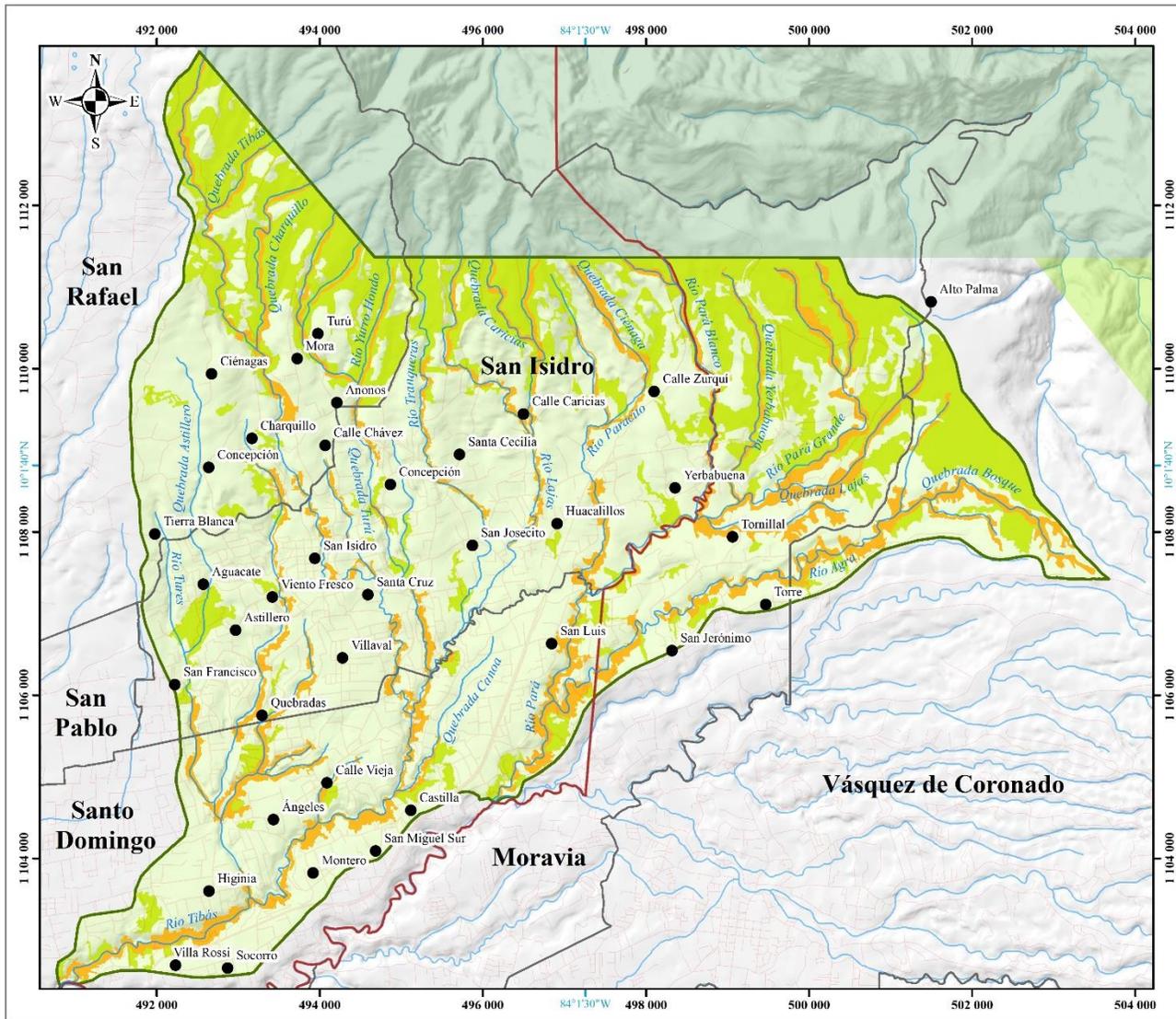
El resultado de la transformación del Indfrag<sub>0-1</sub> es comparativo y expresa la relación de la fragmentación de una cobertura respecto al valor Indfrag que presenta menor grado de fragmentación por lo que los valores dependen de las coberturas de análisis. Como se evidencia en el *Mapa N°17* las coberturas consideradas para calcular el índice de fragmentación fueron el bosque secundario y el bosque ripario tomadas de la capa de uso de la tierra. El Indfrag asociado al bosque secundario se utilizó como comparador para generar los datos de la *Tabla N°9*.

**Tabla N° 9:**  
Índice de fragmentación por cobertura de bosque del  
Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Cobertura de bosque	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Indfrag	Indfrag (0-1)
Bosque secundario	14 131 800	354 580	39.86	1.00
Bosque ripario	7 255 400	309 720	23.43	0.59

Fuente: elaborado con información editada de CATIE, 2020

Los resultados muestran que, al compararse el área total de las coberturas con su borde, el bosque ripario presenta una mayor fragmentación que el bosque secundario. En el *Mapa N°17* se evidencia que en comparación a los parches de bosque secundario, el bosque ripario tiende a una discontinuidad y elongación de las estructuras lo que incide en una mayor fragmentación.



Mapa N°17: Índice de Fragmentación por cobertura de bosque del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopan

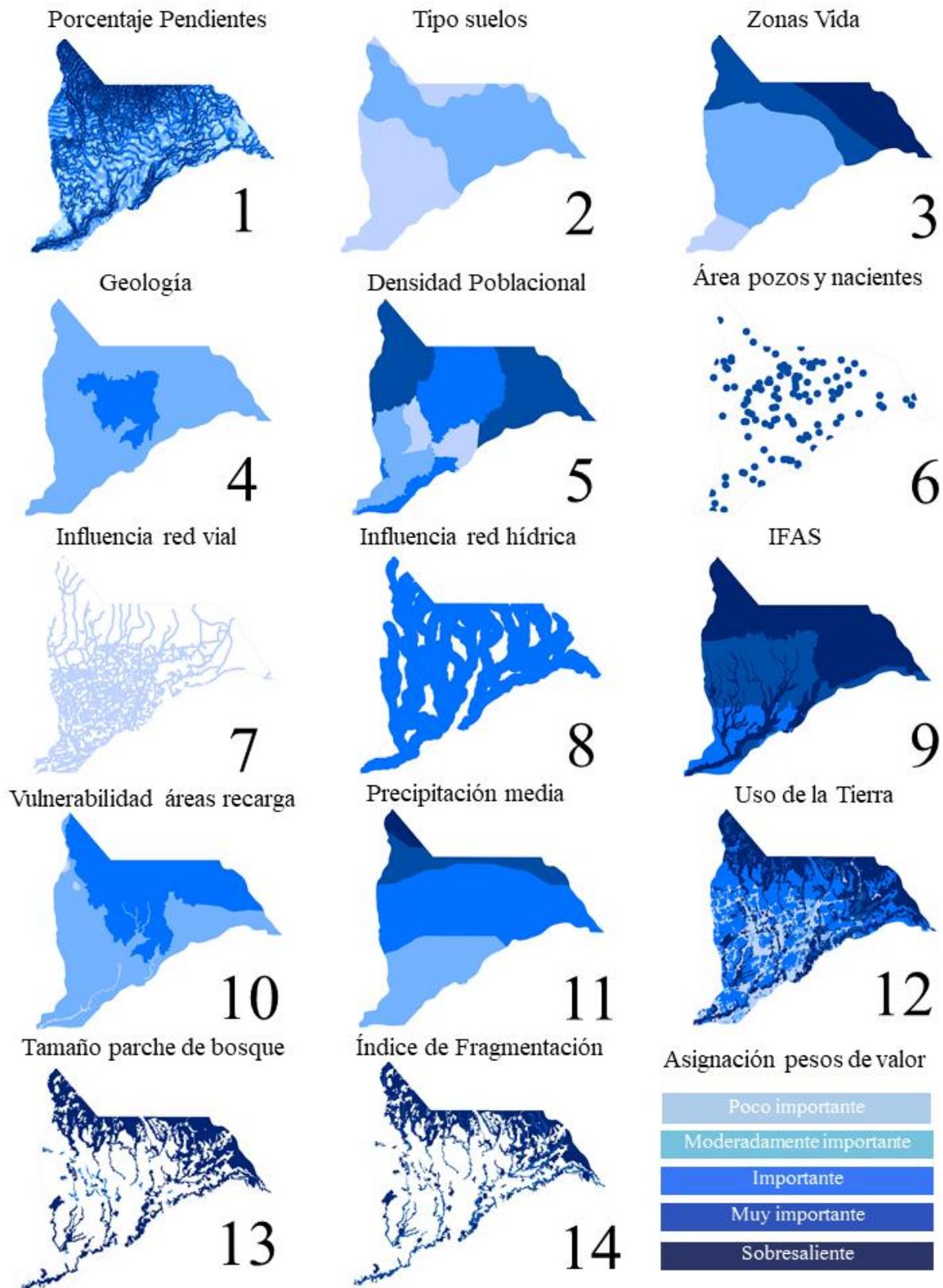
## 7.2. Fase II: Actualización del mapa de conectividad ecológica estructural

Los resultados que se muestran en la segunda fase del estudio se conforman de visualizaciones gráficas y tabulares que se diseñaron como parte del proceso de actualización del mapa de conectividad ecológica estructural. Para este proceso la información referente a la jerarquización de atributos y variables se tomó del Alvarado (2020). Por su parte, los datos de salida del mapa de conectividad ecológica estructural y sus respectivas tabulaciones se generaron a partir de la zonificación creada por álgebra de mapas mediante la aplicación de métricas SIG.

### 7. 2.1. Jerarquización de atributos y variables

La jerarquización de los atributos para cada una de las variables se realizó mediante la asignación de pesos de valor de 1 a 5 según el grado de importancia para la zonificación. El *Anexo N°6* y la *Figura N°5* identifican las valoraciones asignadas para cada atributo de variable consideradas según el criterio de experto desarrollado en Alvarado (2020). Las capas de uso de la tierra y precipitación fueron revaloradas debido al cambio de atributos empleados en el estudio de Alvarado (2020) de modo que, para la capa de uso de la tierra, a la categoría de zonas urbanizadas continuas se le asignó un valor de (1), zonas urbanizadas discontinuas (1), bosque ripario (5), pastos limpios (3), pastos arbolados (4), mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (3) y mosaico de pastos y espacios naturales (4). En el caso de la precipitación media anual, la categoría de 1500-2000mm obtuvo un valor de (2), 2000-3000mm (3), 3000-4000mm (4) y 4000-5000mm(5).

Posterior de la jerarquización de atributos para las variables se realizó el proceso de jerarquización general de variables. Para este proceso se utilizaron los resultados del análisis multicriterio de Saaty de Alvarado (2020) tomándose como referente los pesos obtenidos de álgebra de matrices de Saaty (*Anexos N°7, N°8 y N°9*). La *Tabla N°10* contiene los datos empleados de los cuales se obtuvo una secuencia jerárquica para la zonificación definida en orden por: (1) Uso de la tierra, (2) Área de protección de pozos y nacientes, (3) Porcentaje de pendientes, (4) Tamaño de parche de bosque, (5) Influencia de la red vial, (6) Índice de fragmentación, (7) Precipitación media anual, (8) Densidad poblacional, (9) Zonas de Vida, (10) IFAS, (11) Influencia de la red hídrica, (12) Vulnerabilidad en áreas de recarga acuífera, (13) Tipos de suelos y (12) Geología.



**Figura N°5:** Asignación de los pesos de valor para los atributos de las variables

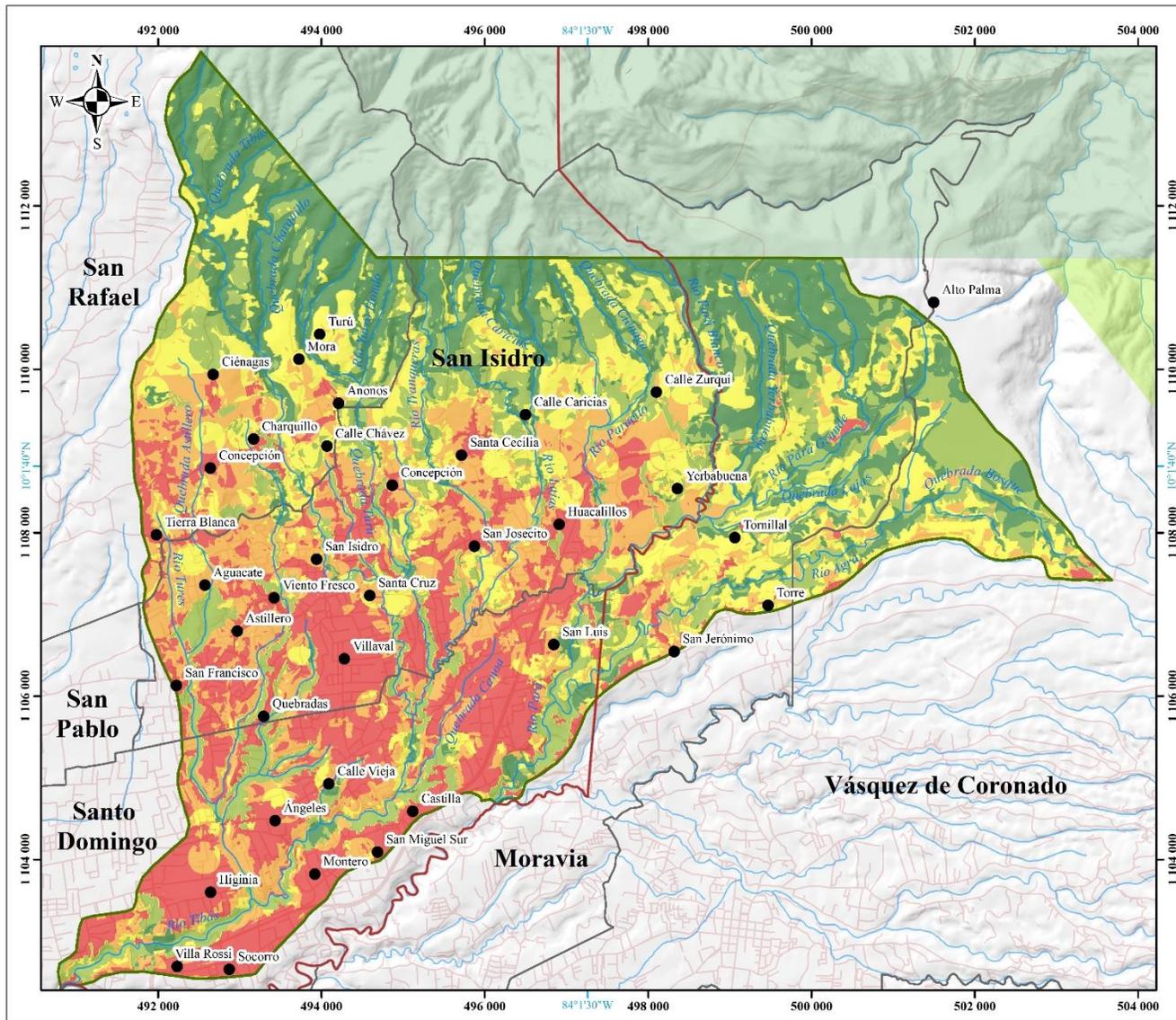
**Tabla N°10**  
Pesos estadísticos utilizados en la jerarquía de variables

Orden de importancia para la zonificación	Variables	Peso estadístico	Expresión porcentual
1	Uso de la tierra	0.186	18.57%
2	Área protección pozos y nacientes	0.111	11.05%
3	Porcentaje pendientes	0.091	9.07%
4	Tamaño de parche	0.091	9.06%
5	Influencia red vial	0.089	8.89%
6	Índice de Fragmentación	0.084	8.39%
7	Precipitación media	0.063	6.31%
8	Densidad poblacional	0.057	5.68%
9	Zonas de Vida	0.052	5.16%
10	IFAS	0.047	4.74%
11	Influencia red hídrica	0.046	4.59%
12	Vulnerabilidad recarga acuífera	0.030	2.96%
13	Tipo de suelos	0.028	2.81%
14	Geología	0.027	2.71%
<b>Total</b>		1.000	100.00%

Fuente: Alvarado, 2020.

Una vez realizada la jerarquización de atributos y variables se multiplicaron los pesos de valor y pesos estadísticos entre sí obteniéndose los valores finales para la creación de la zonificación del *Mapa N°18*. La unificación de los valores globales de las 14 variables se realizó por sumatoria de álgebra de mapas en formato *ráster*. Posteriormente, fue reclasificada por el método de quintiles para definir las áreas críticas de conectividad ecológica estructural del mapa. El resultado de la variable integrada de conectividad ecológica estructural muestra la evaluación sobre el paisaje y su condición para facilitar los desplazamientos de la biodiversidad a través del CBIPT.

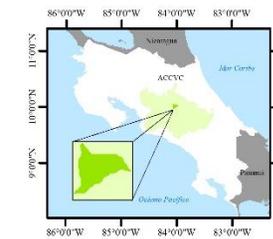
Como se muestra en el *Gráfico N°7* el resultado de la zonificación por el método de análisis multicriterio de Saaty muestra una distribución equitativa entre las categorías de conectividad ecológica estructural. Esta distribución permite definir un balance dentro de la zonificación con el fin de que la planificación dentro del territorio pueda asociar diversas estrategias de manejo según las características de cada zona.



### Simbología

- Poblados
  - Red vial
  - Red hídrica
  - Limite cantonal
  - Limite provincial
  - Limite del Corredor Biológico Interurbano Parí-Toyopán
  - Reserva Forestal
  - Cordillera Volcánica Central
- Rango Conectividad ecológica estructural**
- Muy alta conectividad
  - Alta conectividad
  - Moderada conectividad
  - Baja conectividad
  - Muy baja conectividad
- Áreas Silvestres Protegidas**
- Parque Nacional Braulio Carrillo

### Diagrama de Ubicación



Escala de diseño 1:50 000



Kilómetros

Sistema de coordenadas métricas: CRIM05, Datum CR05, Elipsoide WGS84  
 Sistema de coordenadas geográficas: WGS84, Datum WGS84, Elipsoide WGS84



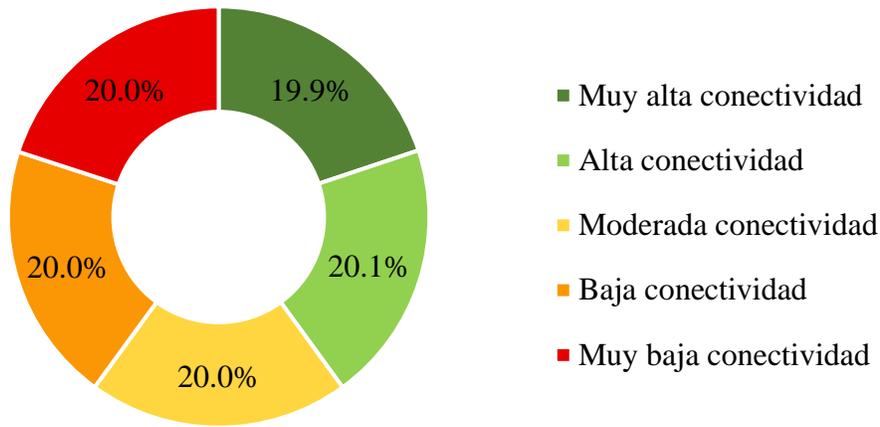
Fuentes:  
 Capas Geográficas fundamentales 1: 5000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
 Áreas Silvestres Protegidas 1: 5000 del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)  
 Límite y Zonificación de Conectividad Ecológica Estructural para el Corredor Biológico Interurbano Parí-Toyopán UMC 10 m2 del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Parí -Toyopán

Elaboración cartográfica: José Alvarado Espinoza

Noviembre de 2021

Mapa N°18: Áreas críticas de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Parí – Toyopán, 2020

**Gráfico N°7:** Porcentaje de extensión territorial de las áreas críticas de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán



Fuente: elaboración propia

La descripción de cada una de las zonas se puede identificar en el *Cuadro N°1*. La información de cada una de las categorías se procesó mediante la intersección de las variables en formato *shapefile* donde, por selección de atributos, se seleccionaron las características más repetitivas o representativas por cada una de las áreas críticas de conectividad.

**Cuadro N°1:**  
Caracterización de las categorías de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Categoría	Caracterización según las variables integradas
Muy baja conectividad ecológica estructural	a) Zonas de vida asociadas: bosque húmedo premontano y bosque muy húmedo montano bajo. b) Poca cantidad de áreas de protección de pozos y nacientes. c) Precipitación media: de los 1500mm a los 3000mm. d) Vulnerabilidad por contaminación de recarga acuífera: de moderada a alta. e) Principales usos de la tierra: dominancia de zonas urbanizadas discontinuas; zonas urbanizadas continuas; terrenos desnudos o degradados; algunas zonas de pastos, cultivos permanentes, cultivos a anuales y bosques riparios y secundarios. f) Fragilidad ambiental: de moderada a alta.

<p>Baja conectividad ecológica estructural</p>	<p>a) Zonas de vida asociadas: mayoritariamente bosque muy húmedo premontano con algunas áreas en bosque húmedo premontano y bosque muy húmedo montano bajo.</p> <p>b) Poca cantidad de áreas de protección de pozos y nacientes.</p> <p>c) Precipitación media: de los 1500mm a los 3000mm.</p> <p>d) Vulnerabilidad por contaminación de aguas subterráneas: de moderada a muy alta.</p> <p>e) Principales usos de la tierra: dominancia de cultivos permanentes, pastos tanto limpios como arbolados, zonas urbanizadas discontinuas; terrenos desnudos o degradados; cultivos anuales y algunas zonas en mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales.</p> <p>f) Fragilidad ambiental: de moderada a muy alta.</p>
<p>Moderada conectividad ecológica estructural</p>	<p>a) Zonas de vida asociadas: bosque húmedo premontano, bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montano bajo y algunas áreas con bosque pluvial montano bajo.</p> <p>b) Importante cantidad de áreas de protección de pozos y nacientes.</p> <p>c) Precipitación media: de los 1500mm a los 5000mm.</p> <p>d) Vulnerabilidad por contaminación de áreas de recarga acuífera: de moderada a muy alta.</p> <p>e) Principales usos de la tierra: pastos limpios y arbolados, cultivos permanentes, cultivos anuales, zonas urbanizadas discontinuas, terrenos desnudos o degradados y algunas zonas de bosques riparios y secundarios.</p> <p>f) Fragilidad ambiental: de moderada a muy alta.</p>
<p>Alta conectividad ecológica estructural</p>	<p>a) Zonas de vida asociadas: bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montano bajo y bosque pluvial montano bajo.</p> <p>b) Importante cantidad de áreas de protección de pozos y nacientes.</p> <p>c) Precipitación media anual: de los 1500mm a los 5000mm.</p> <p>d) Vulnerabilidad por contaminación de recarga acuífera: de moderada a muy alta.</p> <p>e) Principales usos de la tierra: bosques secundario; bosque ripario; mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales; mosaicos de pastos y espacios naturales; pastos limpios y arbolados y algunas zonas urbanizadas discontinuas.</p> <p>f) Fragilidad ambiental: de moderada a muy alta.</p>
<p>Muy alta conectividad ecológica estructural</p>	<p>a) Zonas de vida asociadas: bosque muy húmedo montano bajo y bosque pluvial montano bajo.</p> <p>b) Importante cantidad de áreas de protección de pozos y nacientes.</p> <p>c) Precipitación media anual: de los 2000mm a los 5000mm.</p> <p>d) Vulnerabilidad por contaminación de recarga acuífera: de moderada a alta.</p> <p>e) Principales usos de la tierra: dominan los bosques secundario y ripario; existen pastos; tanto limpios como arbolados; mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales y mosaicos de pastos y espacios naturales.</p> <p>f) Fragilidad ambiental: de alta a muy alta.</p>

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la zonificación permiten identificar una concentración de las áreas de muy baja conectividad ecológica estructural y baja conectividad ecológica estructural hacia la zona baja del CBIPT donde se encuentra la mayor influencia de área urbanizada y zonas cultivadas. La categoría de moderada conectividad ecológica estructural se distribuye mayoritariamente en la parte media y alta del corredor en asocio con zonas dedicadas a pastizales, mosaicos, cultivos y algunas zonas urbanizadas discontinuas. Para la categoría de alta conectividad ecológica estructural hay una distribución espacial asociada con zonas de bosques riparios, no obstante la composición en relación con el uso de la tierra es muy variada donde se localizan áreas de pastos, cultivos, mosaicos y zonas urbanizadas discontinuas. En último caso, la categoría de muy alta conectividad ecológica estructural se concentra en la sección alta del corredor donde abundan las zonas asociadas a bosques secundarios y riparios con presencia de pastizales y mosaicos.

En relación con la distribución territorial de la variable por unidad político-administrativa, la *Tabla N°11* ilustra los datos obtenidos por área distrital del CBIPT. Según su porcentaje de representación:

- a) Para las categorías menores de conectividad: en la categoría de muy baja conectividad ecológica destacan los distritos de San José de San Isidro con un 15.01%, San Miguel de Santo Domingo con 13.75% y Tures de Santo Domingo con 13.67%. Por su parte, dentro de la baja conectividad ecológica las mayores proporciones se localizan en los distritos de San José de San Isidro con 23.07%, Concepción de San Rafael con 17.03% y San Francisco de San Isidro con 13.68%.
- b) Para la categoría media de conectividad: destacan los distritos de San Jerónimo de Moravia con 23.18%, Concepción de San Rafael con 21.82% y San José de San Isidro con 21.51%.
- c) Para las categorías altas de conectividad: los mayores porcentajes de la alta conectividad ecológica se distribuyen en los distritos de San Jerónimo de Moravia con 19.36%, San José de San Isidro con 15.43% y Concepción de San Rafael con 14.59%. En la categoría de muy alta conectividad ecológica, los mayores porcentajes se encuentran en los distritos de Concepción de San Rafael con 35.84%, San Jerónimo de Moravia con 31.91% y Concepción de San Isidro con un 13.63%.

**Tabla N°11:**

Distribución del grado de conectividad ecológica estructural por distrito del Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán

Cantón	Distrito	Muy baja conectividad		Baja conectividad		Moderada conectividad		Alta conectividad		Muy alta conectividad	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Vásquez de Coronado	Dulce Nombre de Jesús Cascajal	3.40	0.27%	42.04	3.29%	120.26	9.39%	166.14	12.92%	92.08	7.25%
		3.68	0.29%	3.01	0.24%	1.04	0.08%	1.64	0.13%	0.93	0.07%
Moravia	San Jerónimo	35.12	2.75%	92.00	7.20%	296.97	23.18%	248.97	19.36%	405.20	31.91%
Santo Domingo	San Vicente	7.45	0.58%	10.99	0.86%	4.70	0.37%	3.99	0.31%	0.39	0.03%
	San Miguel	175.60	13.75%	54.93	4.30%	23.98	1.87%	68.60	5.34%	13.29	1.05%
	Paracito	12.04	0.94%	5.56	0.44%	14.17	1.11%	40.28	3.13%	13.43	1.06%
	Santo Tomás	104.98	8.22%	38.18	2.99%	12.09	0.94%	27.80	2.16%	3.57	0.28%
	Tures Pará	174.57 157.81	13.67% 12.36%	115.07 69.16	9.00% 5.41%	30.30 19.23	2.37% 1.50%	62.52 31.07	4.86% 2.42%	5.50 10.05	0.43% 0.79%
San Rafael	Concepción	92.86	7.27%	217.58	17.03%	279.59	21.82%	187.64	14.59%	455.19	35.84%
San Isidro	San Isidro	154.13	12.07%	67.15	5.25%	19.00	1.48%	22.75	1.77%	3.67	0.29%
	San José	191.66	15.01%	294.83	23.07%	275.56	21.51%	198.33	15.43%	90.76	7.15%
	Concepción	32.34	2.53%	92.51	7.24%	148.45	11.59%	165.51	12.87%	173.14	13.63%
	San Francisco	131.26	10.28%	174.84	13.68%	35.76	2.79%	60.51	4.71%	2.69	0.21%
<b>Total</b>		1276.90	100.00%	1277.85	100.00%	1281.10	100.00%	1285.75	100.00%	1269.89	100.00%

Fuente: Elaboración propia a partir de métricas SIG

### 7.3. Fase III: Cambios en el uso de la tierra y conectividad ecológica estructural

Los resultados de la tercer fase del proceso muestran las variaciones ocurridas en el período 2016-2020 para el uso de la tierra y la conectividad ecológica estructural. La información de las fases I y II definió indicadores sobre conectividad y uso/coberturas según el límite de la propuesta de ampliación del CBIPT por lo que en la fase III se desarrolla el panorama de cambio de acuerdo con el límite actual del CBIPT que está comprendido por la sección de la microcuenca del río Pará y es el territorio oficializado dentro del PNCB.

#### 7.3.1. Comparación de cambios en el uso de la tierra

La comparación y medición de los cambios del uso de la tierra se realizó con la zonificación de usos de la CNFL para 2016 (imágenes QuickBird 10 m<sup>2</sup> de resolución) y la información editada del CATIE para 2020 (rediseño a partir de imágenes GeoEye 10m<sup>2</sup> de resolución). Se empleó la herramienta *Intersect* del ArcGIS 10.8.1 para unificar la información y determinar la condición de cambio entre las categorías. Debido a la diferencia de leyendas de ambas zonificaciones se agruparon las categorías por usos de la tierra generalizados en (1) Bosque secundario, (2) Cultivos, (3) Pastos, (4) Uso mixto y (5) Urbano como se muestra en el Cuadro N°2.

**Cuadro N°2:**

Agrupación de categorías de uso de la tierra para el diseño de mapa de cambios de uso 2016-2020

<b>Categorías uso de la tierra 2016</b>	<b>Categoría por agrupación</b>	<b>Categorías uso de la tierra 2020</b>	<b>Categoría por agrupación</b>
1 Bosque primario	Bosque secundario	1 Bosque ripario	Bosque secundario
2 Bosques fragmentados	Bosque secundario	2 Bosque secundario	Bosque secundario
3 Bosques secundarios	Bosque secundario	3 Mosaico de pastos y espacios naturales	Bosque secundario
4 Charrales	Bosque secundario	4 Cultivos anuales	Cultivos
5 Plantaciones forestales	Cultivos	5 Cultivos permanentes	Cultivos
6 Cultivos anuales	Cultivos	6 Pastos arbolados	Pastos
7 Cultivos permanentes	Cultivos	7 Pastos limpios	Pastos
8 Finca de café	Cultivos	8 Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Uso mixto
9 Pastos	Pastos	9 Terrenos desnudos o degradados	Urbano
10 Pastos arbolados	Pastos	10 Zonas urbanizadas discontinuas	Urbano
11 Uso mixto	Uso mixto	11 Zonas urbanizadas continuas	Urbano
12 Zona Urbana	Urbano		
13 Zonas verdes urbanas	Urbano		
14 Industria	Urbano		
15 Invernaderos	Urbano		

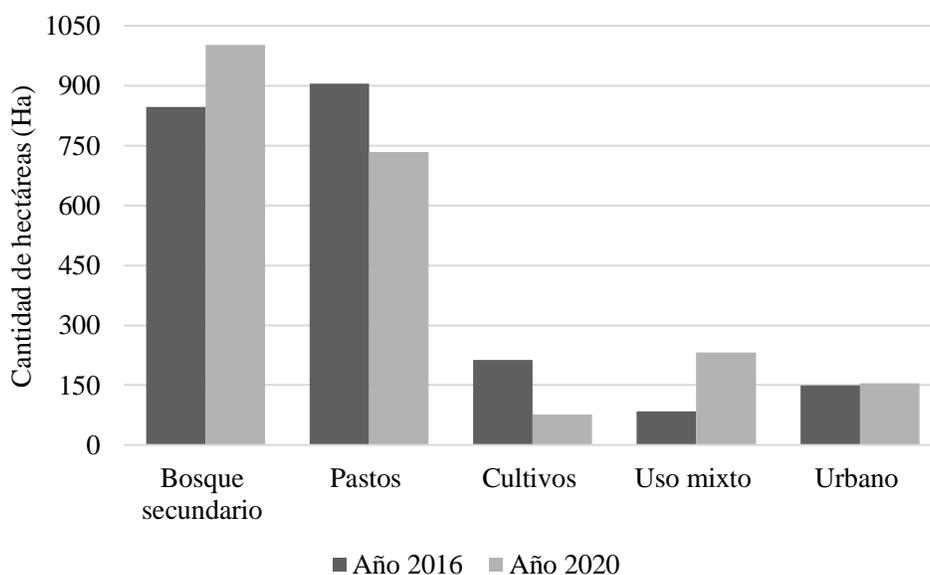
Fuente: elaboración propia

La agrupación se basó en la asociación de cada una de las categorías específicas de las zonificaciones con una categoría general agrupada. Para las categorías de bosques primarios, fragmentados, secundarios y ripario se asignó la categoría general de **bosque secundario** debido a la unidad forestal general que comprenden la cual se encuentra intervenida y a la que se la han aplicado procesos de recuperación. Los charrales y los mosaicos de pastos y espacios naturales se incluyeron en esta categoría debido a que su interpretación como zonas degradadas del bosque secundario.

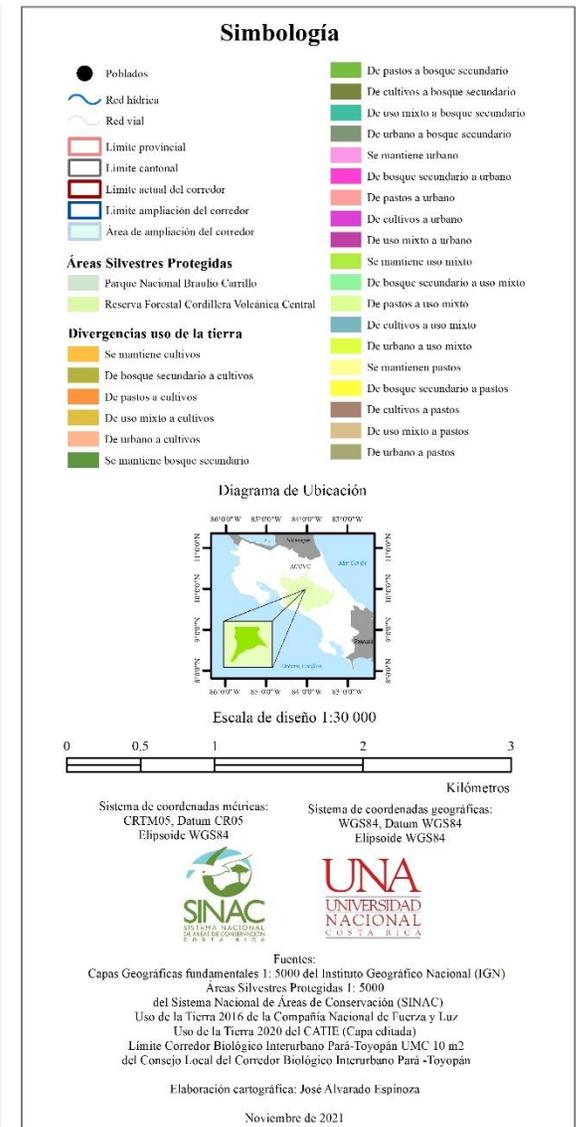
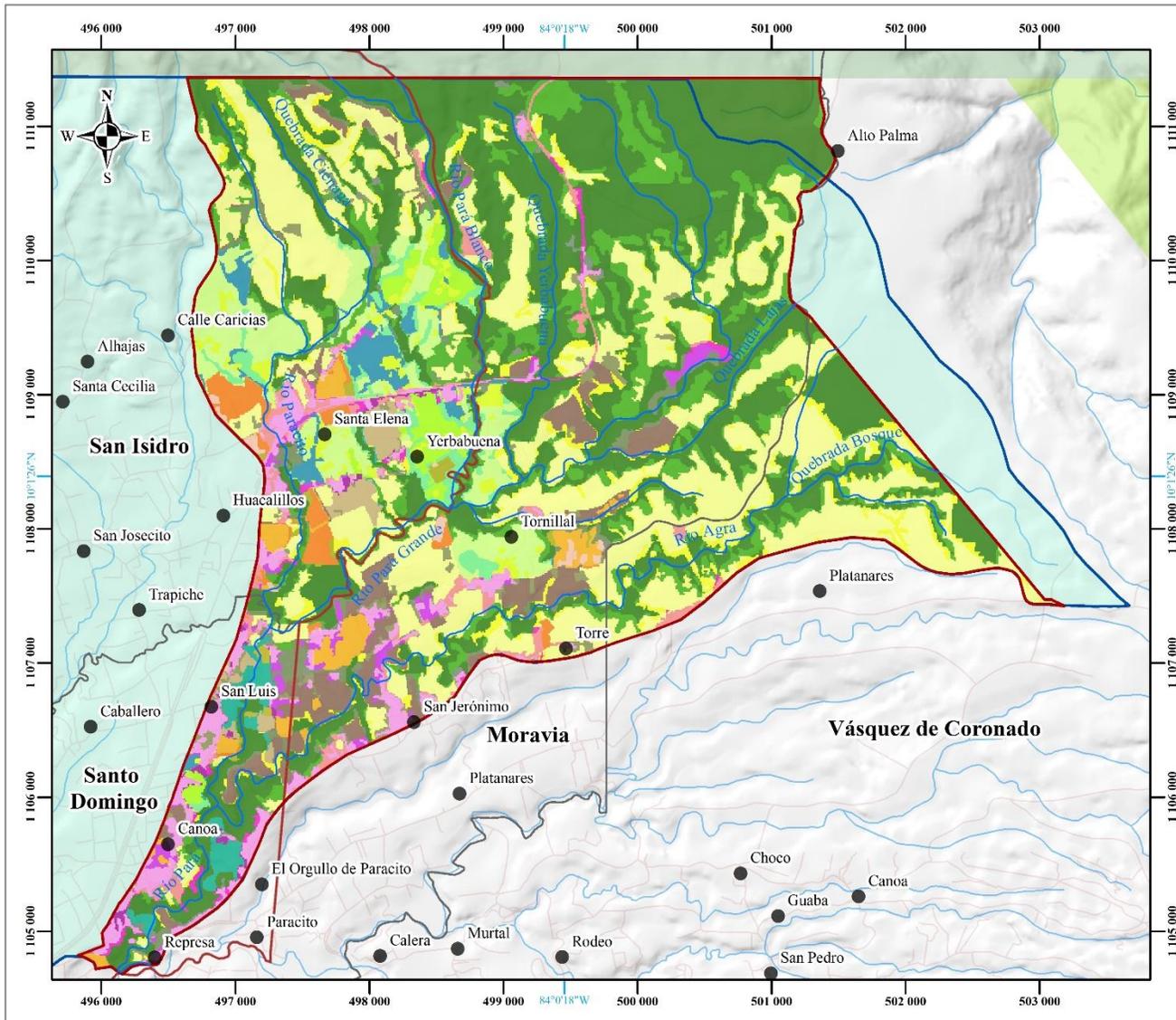
Las categorías de cultivos anuales, permanentes y fincas de café se agruparon como categoría de **cultivos** debido a su factor agrícola. Las plantaciones forestales se incluyeron en esta categoría debido a que a diferencia de los bosques estas pueden ser removidas para uso productivo. En el caso de los **pastos** se siguió la misma analogía donde tanto pastos limpios como arbolados conforman una única unidad de uso/cobertura.

En último caso, la categoría general de **urbano** comprende las áreas asociadas a infraestructura o con importante grado de intervención. Las categorías agrupadas son las zonas urbanas, zonas verdes urbanas, industria, invernaderos, terrenos desnudos o degradados, zonas urbanizadas continuas y zonas urbanizadas discontinuas.

**Gráfico N°8:** Comparación de la extensión de usos/coberturas del Corredor Biológico Interurbano Pará- Toyopán, 2016-2020



Fuente: Elaborado a partir de CNFL, 2016 y CATIE, 2020



Mapa N°19: Cambios en el uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano Pará -Toyopán, 2016-2020

Los resultados obtenidos de la comparación cartográfica se muestran en el *Mapa N°19* en el que se ilustran las zonas con comportamiento inalterado o variado en el período de 2016-2020. En el *Gráfico N°8* se identifica que la tendencia general de los cambios ocurridos en el uso de la tierra están ligados a un aumento en las áreas de bosque secundario y usos mixtos asociados a una disminución general de las zonas dedicadas a cultivos y pastos donde además se observa un desarrollo leve de las áreas urbanas. Porcentualmente, en 2016 los bosques secundarios representaban un 39% del CBIPT pasando al 46% para 2020, el uso mixto pasó del 4% al 11%, los pastos del 41% al 33%, las áreas dedicadas a cultivos del 10% al 3% y las áreas urbanas se mantuvieron en un 7%.

De acuerdo con la información del *Anexo N°10*, los principales cambios obtenidos de la comparación, asociados con la tendencia general del *Gráfico N°8*, se deben a la transformación de las áreas dedicadas a pastos. Dentro de las categorías que pasaron a ser bosques secundarios para 2020, el cambio de áreas de pastos a bosque secundario fue la más sobresaliente representado un 10,11% del área total del corredor. Al igual que los bosques secundarios, el aumento de las áreas dedicadas al uso mixto está mayormente relacionado con la transformación de áreas de pastizales a zonas de uso mixto; categoría que representa un 4.78% del territorio. Para las categorías que disminuyeron su porcentaje de extensión en 2020, las mayores pérdidas de áreas de pastos corresponden con las dos categorías anteriores siendo el cambio de pastos a bosques secundarios y usos mixtos los mayores porcentajes. En el caso de los cultivos, el cambio de cultivos a pastos fue el más significativo representando un porcentaje del 4.11% del territorio y en menor medida el cambio de cultivos a bosque secundario con 1.73% y uso mixto 1.38%. En último aspecto, para las categorías que pasaron a ser urbanas en 2020, el cambio de pastos a zonas urbanas fue el valor más importante con un 1.81% de extensión en el territorio.

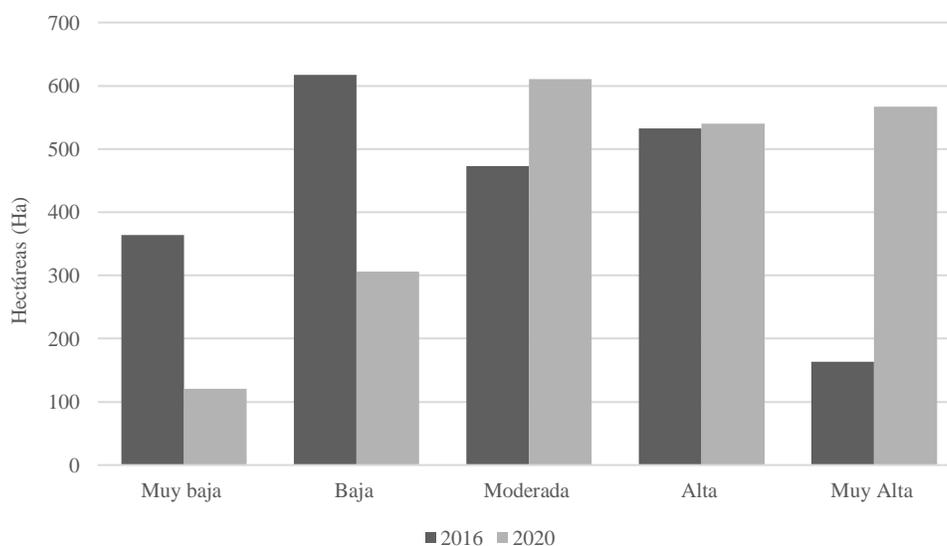
Territorialmente, se identifica que en el caso específico de las áreas dedicadas a bosques, las categorías asociadas a cambios que han generado la recuperación de la cobertura se localizan en la sección norte que limita con el Parque Nacional Braulio Carrillo y en áreas cercanas a los cauces de los ríos y quebradas destacando principalmente las áreas boscosas contiguas a la quebrada Bosque y el río Agra. En el panorama del urbanismo, se identifica que las zonas que cambiaron a un uso urbano para 2020 se concentran hacia el área de influencia de la ruta 32 y bordeando áreas que en 2016 ya se encontraban urbanizadas localizadas mayoritariamente en la sección baja del corredor.

El comportamiento descrito anteriormente sugiere que desde la creación del CBIPT han ocurrido avances notorios en la recuperación de las áreas forestales naturales lo que es un indicador del avance en el manejo ambiental del territorio. Dicho lo anterior, es importante destacar que el método de intersección de información cartográfica muestra los resultados derivados del cruce de zonificaciones por lo que, al ser información elaborada por distintas fuentes, puede haber ligeros cambios no asociados a la variación actual del territorio sino a errores de escala ligados a la delimitación de los usos-coberturas y/o criterios de clasificación.

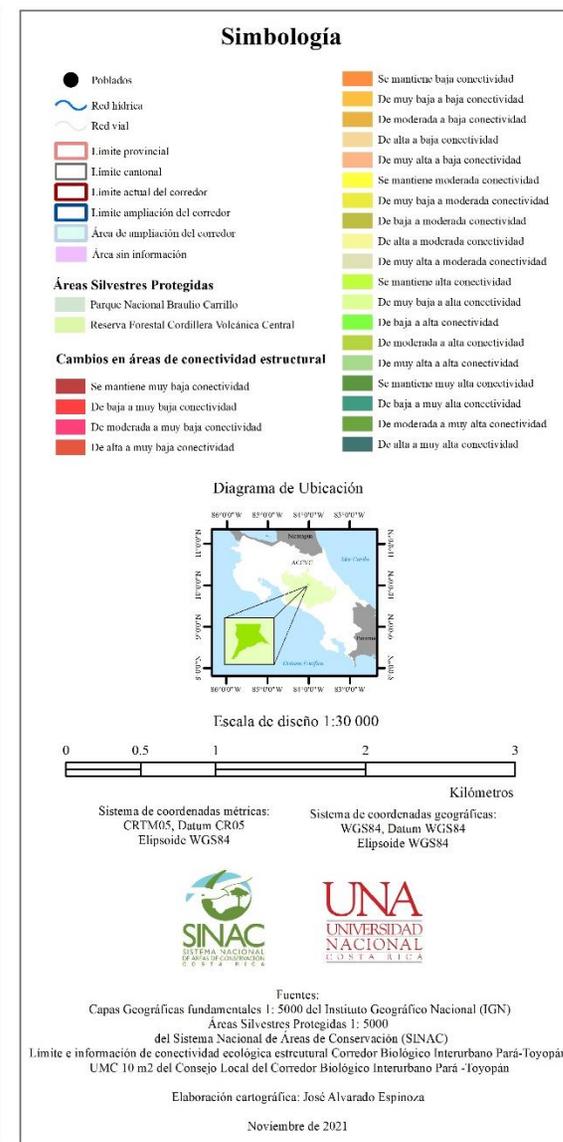
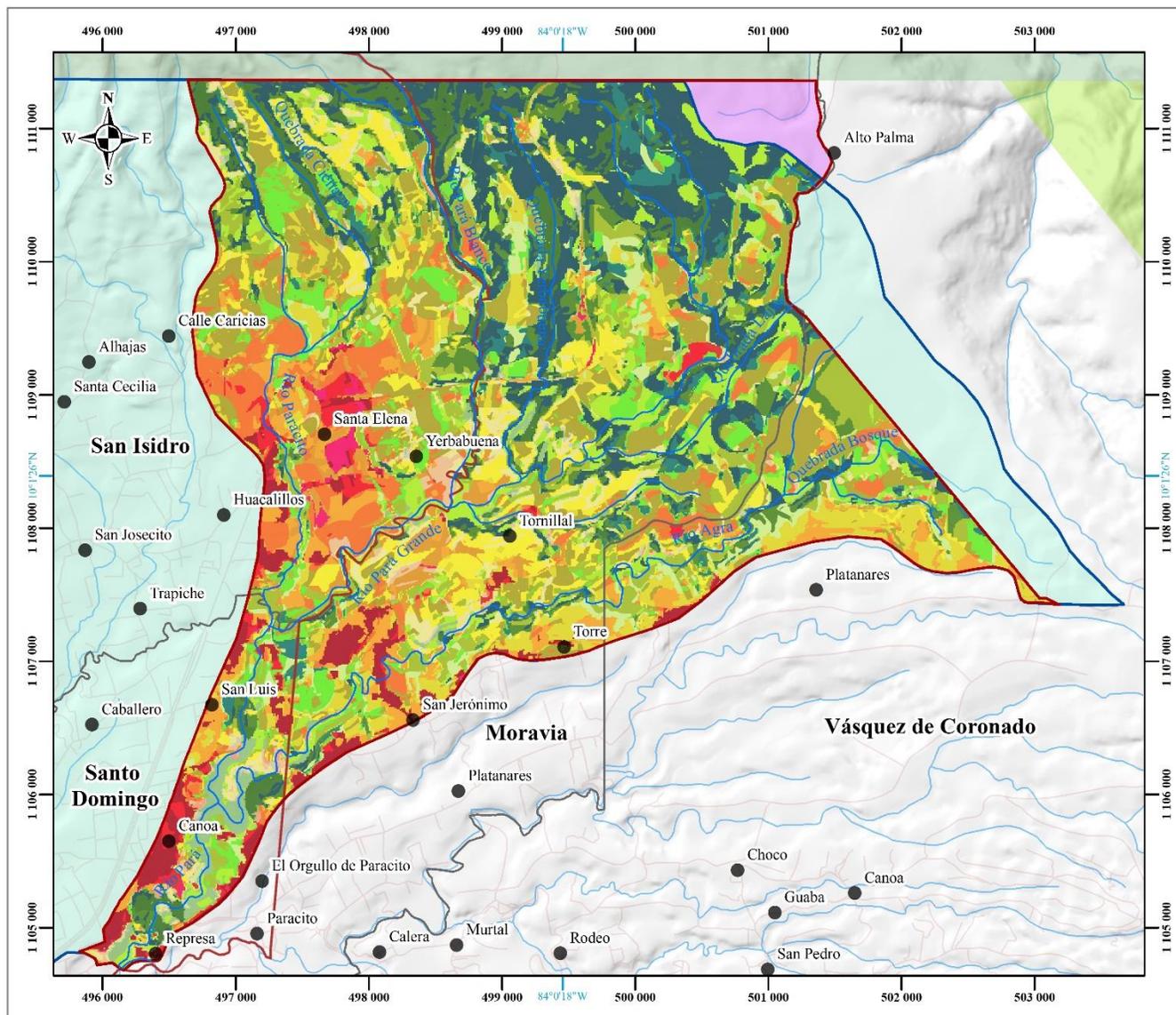
### 7.3.2. Comparación de cambios en la conectividad ecológica estructural

Para la comparación de los cambios en la conectividad ecológica estructural se siguió el mismo proceso metodológico que en la evaluación de cambios en el uso de la tierra. A diferencia del análisis anterior, no se comparó completamente el área oficial del CBIPT dado que la zonificación en conectividad ecológica estructural elaborada para 2020 en la fase II del estudio se realizó según la propuesta de ampliación y por lo tanto la sección del territorio perteneciente a la cuenca del río Chirripó no se muestra en los resultados obtenidos.

**Gráfico N°9:** Comparación de las áreas de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Pará- Toyopán, 2016-2020



Fuente: Elaborado con información del CLCBIPT, 2016 y zonificación propia, 2020.



Mapa N°20: Cambios en las áreas de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Para-Toyopan , 2016-2020

De acuerdo con el *Gráfico N°9* la tendencia general en el cambio de las áreas críticas de conectividad ecológica estructural entre 2016 y 2020 muestra una importante disminución en las categorías de muy baja y baja conectividad donde las categorías de moderada y muy alta conectividad se incrementan notoriamente mientras que la alta conectividad se tiende a mantener ligeramente durante el período. Porcentualmente, la categoría de muy baja conectividad ecológica estructural representaba un 17% del área total del CBIPT en 2016 y en 2020 significó un 6%, la baja conectividad pasó de un 29% a un 14%, la moderada conectividad de un 22% a un 28%, la alta conectividad se mantuvo en un 25% y la muy alta conectividad pasó de un 8% a un 26%.

Según los datos del *Anexo N°11*, las categorías de cambio más significativas por su extensión territorial se concentraron en las categorías medias (baja, moderada y alta conectividad) mostrándose cambios muy variados en cada una de ellas. En este caso se destaca que entre las categorías altas (muy baja y muy alta conectividad) no se obtuvieron cambios entre ellas por lo que no hay transformaciones desde la muy baja conectividad a la muy alta conectividad ni viceversa. Dentro de las categorías que cambiaron a la **muy alta** conectividad ecológica para 2020, la transformación de zonas de alta a muy alta conectividad fue el valor más significativo con una 12.48% de extensión territorial. Para las categorías que cambiaron a la **alta** y **moderada** conectividad, los valores más importantes fueron la variación de zonas de moderada a alta conectividad con un 7.51% y de baja a moderada conectividad con un 11.99% lo que indica una tendencia creciente en conectividad ligada a una disminución de las categorías más bajas. Propiamente para estas categorías, (zonas que cambiaron a **muy baja** y **baja** conectividad en 2020), se obtuvieron los menores porcentajes de extensión territorial donde los cambios más significativos se registraron en zonas que pasaron de muy baja a baja conectividad con 4.73% y de baja a muy baja conectividad con 1.50%.

En su identificación territorial, según la distribución del *Mapa N°20*, la transformación o aumento en las categorías con mayor grado de conectividad se ubicó hacia las zonas de bosques que limitan con el Parque Nacional Braulio Carrillo así como de áreas cercanas a los cauces de los ríos y quebradas. Las áreas que variaron a la categoría de moderada conectividad se localizaron cerca de áreas que ya en 2016 se catalogaban en esta agrupación mostrando una tendencia general de transición entre las áreas con mayor/menor grado de conectividad. En último caso, las categorías con menor grado de conectividad se localizaron hacia las áreas que

según el cambio de uso de la tierra se mantuvieron como áreas urbanas o de cultivos como también de en zonas que pasaron a registrarse como urbanas, de cultivos y en algunos casos de uso mixto.

Al igual que el análisis anterior de cambios, se identifica que entre 2016 y 2020 la creación del CBIPT ha influenciado una mejora en las áreas de conectividad ecológica estructural percibida en la disminución de las categorías con menor grado de conectividad y el aumento en la categoría de muy alta conectividad. Señalado este comportamiento, se hace mención de que, en caso semejante al proceso anterior del uso de la tierra, la aplicación del método de intersección puede mostrar algunos cambios no realmente asociados variaciones actuales debido a la naturaleza de las zonificaciones por lo que puede haber errores ligados a variaciones en el manejo de escala y asignación de valores en los criterios de experto de las zonificaciones.

## 8. Conclusiones

A partir de la cartografía temática elaborada en este estudio se pudo realizar una descripción general de las variables que componen el perfil técnico del Corredor Biológico Interurbano Pará Toyopán en su propuesta de ampliación. La generación de mapas, información geoespacial, tablas y gráficos fueron recursos esenciales para visualizar e identificar la distribución geográfica y caracterización de los atributos que componen las variables lo que permitió determinar relaciones de área y proporción según el grado de representatividad dentro del territorio.

En el caso específico de las variables asociadas al uso de la tierra se determinó que para el año 2020 el CBIPT mostró una mayor proporción de áreas destinadas a bosques secundarios; cultivos permanentes; áreas urbanizadas discontinuas; bosques riparios; mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales y zonas de pastizales. En el caso de las coberturas forestales se identifica una mayor medida de parches de bosque clasificados en tamaño grande localizados en áreas cercanas al Parque Nacional Braulio Carrillo y zonas cercanas a los cauces de ríos y quebradas. Además, en el panorama de la fragmentación, se evidenció un mayor grado de irregularidad en las zonas de bosque ripario que en las áreas catalogadas como bosque secundario.

En el marco de la actualización del mapa de áreas críticas de conectividad ecológica estructural se obtuvo una zonificación con proporción equitativa entre las áreas lo que permitirá la implementación de diversas estrategias de manejo dentro del corredor. Los mayores grados de conectividad en el paisaje se ligaron a áreas con importante cobertura forestal, pastos y mosaicos; áreas de protección de abastecimiento de agua; considerable régimen de precipitación y rango de fragilidad ambiental de moderado a muy alto. Por su parte, los menores grados se asociaron a áreas con áreas urbanas continuas y discontinuas, zonas de cultivos y algunos mosaicos; menores rangos de precipitación media anual y una menor cantidad de áreas de protección de fuentes de abastecimiento de agua para la población.

Dentro del análisis comparativo del estado del corredor para el período 2016-2020 se obtuvieron indicadores que reflejan en un grado general un aumento en las áreas de bosque secundario y uso mixto con una disminución de zonas de pasturas y cultivos y poco crecimiento de áreas urbanas. En el panorama de la conectividad ecológica estructural se identificó una disminución de las categorías de muy baja y baja conectividad con aumento en la moderada y muy alta conectividad ecológica y pocos cambios en la alta conectividad. A partir de ello, se obtiene que desde la creación del CBIPT han existido acciones que han permitido el reverdecimiento del territorio actual del corredor y han mejorado, según la información obtenida, el estado de los procesos de conectividad estructural.

En cuanto al tratamiento de la información se debe destacar que los datos utilizados, tanto para la actualización del mapa de conectividad ecológica estructural como para el análisis comparativo de cambios en usos/coberturas durante 2016 y 2020, pertenecían a zonificaciones y criterios de manejo diferenciados por lo que se aplicaron procesos de depuración, rediseño y agrupación de categorías con el fin de mantener la consistencia y significancia de los resultados mostrados en el estudio. Este aspecto, sugiere que dentro de los procesos evaluativos de paisaje, el manejo de información procedentes de fuentes de creación variadas puede ser manejado a partir de procesos de reclasificación, agrupación y uso de categorías generales con el fin de disminuir o evitar resultados inexactos asociados a la implementación de los métodos cartográficos.

## 9. Consideraciones técnicas finales

(C.1). Este estudio también se realizó como proceso participativo con el Programa Paisaje y Territorio de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional en el contexto del *Programa Extensionista Joven* conformando parte de una iniciativa de extensión con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y el Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano – Pará Toyopán, así como de las poblaciones comprendidas dentro del territorio.

(C.2). El límite territorial utilizado en la cartografía sobre la propuesta de ampliación fue diseñado con base en las divisorias de aguas de las microcuencas Pará y Tibás por lo que responde a límites naturales establecidos a partir de la información de curvas de nivel 1: 50 000 del IGN (*Véase Anexo N°12*).

(C.3). En el estudio de Alvarado (2020) la unidad mínima cartografiada (UMC) trabajada fue de 5m<sup>2</sup>. Debido a que la información del CATIE sobre uso de la tierra se encontraba a una unidad de 10m<sup>2</sup>, la cartografía generada se presenta a esta resolución de píxel por lo que los procesos futuros que se trabajen con esta información se recomienda ser tratados con la misma resolución.

(C.4). La variable Precipitación Media Anual no se trabajó en el estudio de Alvarado (2020) sino información referente a Índice Climático. Debido a la falta de información espacial sobre el Índice Climático para este estudio se decidió sustituirla por Precipitación Media Anual debido a que el Índice Climático está asociado a valores de humedad y la Precipitación Media Anual corresponde con el parámetro más indicado para su reemplazo.

(C.5). El manejo de *software* en Sistemas de Información Geográfica (SIG) en ocasiones genera vacíos de datos durante los procesos de conversión de información y métodos como el

álgebra de mapas por lo que, a la salida de algunas capas, se aplicaron normas topológicas para corregir la información. A pesar de ello, errores en el dibujo capas como IFAS, no pudieron ser corregidos por normas topológicas y no se pudieron tratar en este estudio (Véase Anexo N°12).

(C.6). Se seleccionó la Leyenda *Corine Land Cover* versión Costa Rica V1.0 para establecer las categorías de uso de la tierra debido a la escala de trabajo del CBIPT ya que zonas de uso mixto como los mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales y mosaicos de pastos y espacios naturales resultó conveniente trabajarlas bajo estas categorías dada su particularidad de textura compleja. Además de ello, el uso de la categoría de bosques riparios facilitó el manejo de la información para determinar tanto la condición de fragmentación de la cobertura como de los análisis posteriores de clasificación de datos.

## 10. Referencias Bibliográficas

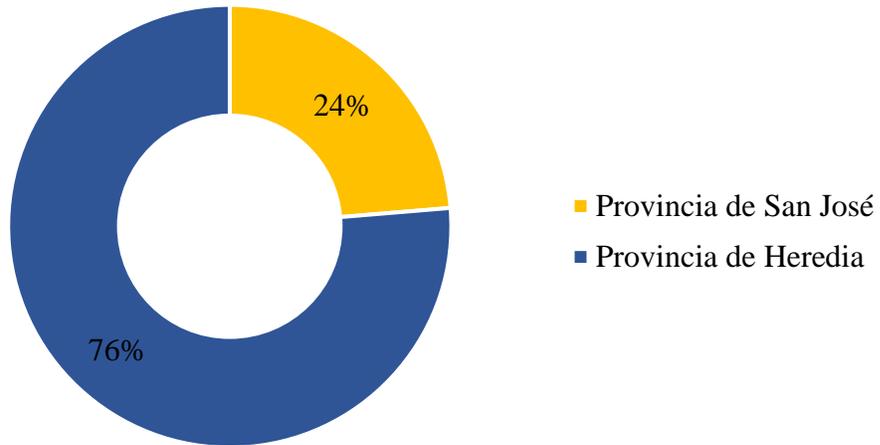
- Alvarado-Espinoza, J. (2020). *Conectividad ecológica estructural en la microcuenca del río Tibás para la Ampliación del Corredor Biológico Interurbano Pará- Toyopán*. [Práctica profesional supervisada de Bachillerato, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Castrillo-Montiel, S; Feoli-Borashi, S; Mora-Vargas, R & Villalobos-Rodríguez, K. (2017). *Perfil Técnico del Corredor Biológico Interurbano del río Pará*. Comisión Local.
- Castro-Álvarez, M. (2019). Área de Conservación Central: promoviendo conectividad estructural y funcional a través de corredores biológicos interurbanos en Costa Rica. *Ambientico*, 272 (1), 19-27.
- Cordero-Vega, C. (octubre-diciembre, 2019). Corredores biológicos interurbanos y el concepto de ciudad verde en el modelo de desarrollo nacional. *Ambientico* 272 (1), 67-75.
- Decreto Ejecutivo N°40043 - MINAE. Diario Oficial la Gaceta, San José, Costa Rica, 27 de enero de 2017. <http://www.pgrweb.go.cr/scij>
- Dent, B; Torguson, J & Hodler, T. (2009). *Cartography: thematic map design*. 6 ed. Boston Higher Education.

- Donato-Calderón, F. (2011). Biodiversidad. *Biocenosis*, 24 (1-2), 1-8.
- Feoli-Borashi, S. (abril-mayo, 2013). Corredor Biológico Interurbano del río Torres en el cantón de San José. *Ambientico*, 232-233 (1), 51-55.
- Herrera-Campos, M. (2008). *Calidad biótica en los principales ríos de la microcuenca del río Tibás y recomendaciones para el manejo de la red hídrica*. [Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en recursos naturales, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Herrera, W & Hernández, G. (I semestre, 1993). Análisis de los recursos hídricos en la cuenca del río Tibás. *Revista Geográfica de América Central*, n° 27, 33-52.
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Isaacs, P; Trujillo, L & Jaime, V. (2017). Zonificación de alternativas de conectividad ecológica, restauración y conservación en las microcuencas Curubital, Mugroso, Chisacá y Regadera, cuenca del río Tanjuelo (Distrito Capital de Bogotá), Colombia: *Biota Colombiana* 18 (1), 70 – 87.
- Leandro, H; Coto, J & Salgado, V. (2010). Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del río Virilla. *Uniciencia*, n° 24, 69-74.
- Ley N° 7788. Diario Oficial la Gaceta, San José, Costa Rica, 27 de mayo de 1988.  
<http://www.pgrweb.go.cr/scij>
- Márquez, L & Baltierra, E. (2017). El proceso analítico jerárquico como metodología para seleccionar revistas científicas en el área de biotecnología. En: *e-Ciencias de la Información*, 2 (7), 1-20.
- MINAE – CONAGEBIO – SINAC. (2016). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 Costa Rica*. FMAM, PNUD, Fundación Nacionales-Asociación Costa Rica por Siempre. San José.
- MINAE – SINAC – CONAGEBIO – FONAFIFO (2018). *Resumen del Sexto Informe Nacional de Costa Rica ante el Convenio de Diversidad Biológica. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo*. San José.
- MINAE - SINAC. (2017). *Sistematización del proceso de creación y desarrollo del SINAC: una práctica de innovación social cargada de lecciones*. San José.

- Morales, P & Gutiérrez, S. (2019). *Estudios de evaluación y clasificación de cuerpos de agua superficiales en San Isidro de Heredia*. Estudio de macroinvertebrados. Contratación Municipalidad de San Isidro de Heredia.
- Morera-Beita, C & Sandoval-Murillo, L. (2017). Aplicabilidad de indicadores de estructura de paisaje para evaluar transformaciones en escenarios tropicales. En Morera. C y Reyes. O (Eds). *Geografía ambiental: métodos y técnicas desde América Latina*. Heredia: EUNA.
- Morera, C; Pintó, J & Romero, M. (2008). Procesos de Fragmentación Corredores Biológicos: una introducción. *Journal of Latin American Geography*, 2 (7), 163-166.
- Perea-Álvarez, R & Mayor-Salazar, J. (enero-diciembre, 2014). La cartografía como instrumento de comunicación en la planificación del espacio geográfico. *Entorno Geográfico*, 10, p. 180-193.
- Programa Estado de la Nación. (2018). *Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2018*. San José.
- Rodríguez, A & Vega, H. (2015). *Definición de un corredor biológico urbano en la microcuenca del río Macho como contribución al ordenamiento territorial de las zonas adyacentes a la Reserva Forestal Volcánica Central* [Tesis de licenciatura Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica].
- Salinas-Chávez, E; Mateo-Rodríguez, J; Costa de Souza-Cavalcanti, L & Moreira-Braz, A. (2019). Cartografía de los paisajes: teoría y aplicación. *Physys Terrae*, 1 (1), 7-29.
- SINAC – Grúas II. (2007). Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica Vol I. Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. San José: Asociación Conservación de la Naturaleza.
- SINAC. (2012). *Memoria anual institucional SINAC-2011*.  
<http://www.sinac.go.cr/ES/docu/Planificacion/Memoria%20Anual%20Institucional%20SINAC%202011.pdf>
- SINAC. (2014). *V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica Costa Rica*. GEF-PNUD, San José.
- SINAC. (2018). *Plan Estratégico 2018-2025 Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica (Informe Final)*. Programa Nacional de Corredores Biológicos. San José.

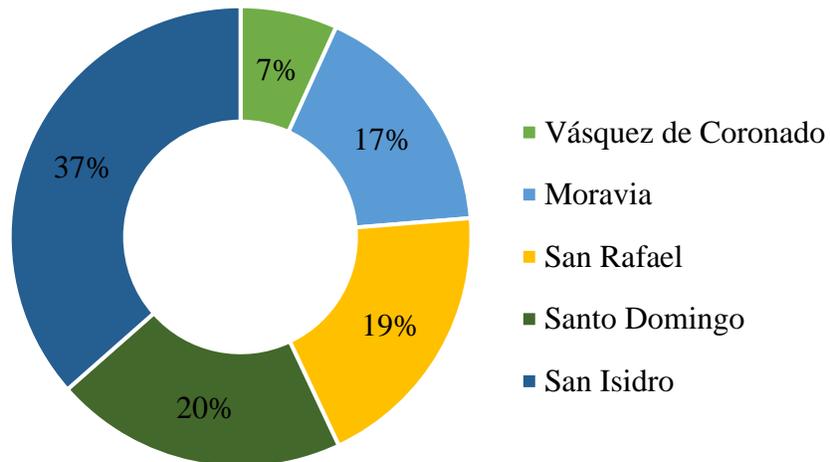
## 11. Anexos

**Anexo N°1:** Porcentaje de extensión provincial dentro del Corredor Biológico Interurbano  
Pará - Toyopán, 2021



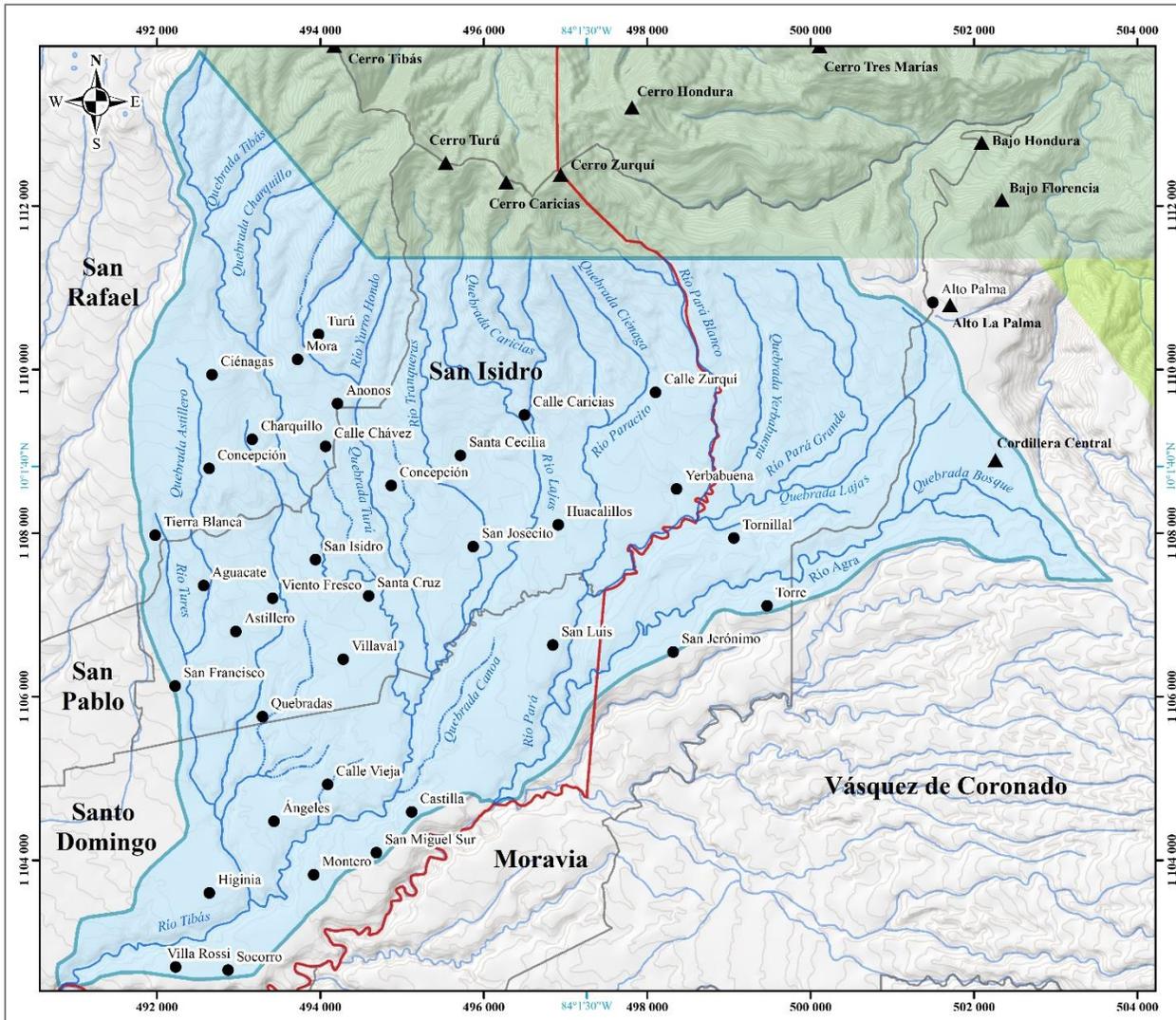
Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

**Anexo N°2:** Porcentaje de extensión cantonal dentro del Corredor Biológico Interurbano  
Pará - Toyopán, 2021



Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

### Anexo N°3: Mapa Hidrográfico del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán



#### Simbología

- Poblados
- ▲ Oronimia
- Curvas de nivel cada 20 m
- ~ Intermitente
- ~ Permanente

#### Divisiones

- Limite cantonal
- Limite provincial
- Limite Corredor Biológico Interurbano Pará- Toyopán

#### Categoría de cuerpo de agua

#### Área Silvestres Protegidas

- Parque Nacional Braulio Carrillo
- Reserva Forestal
- Cordillera Volcanica Central

#### Diagrama de Ubicación

Escala de diseño 1:50 000

0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros

Sistema de coordenadas métricas: CRTM05, Datum CR05, Elipsoide WGS84

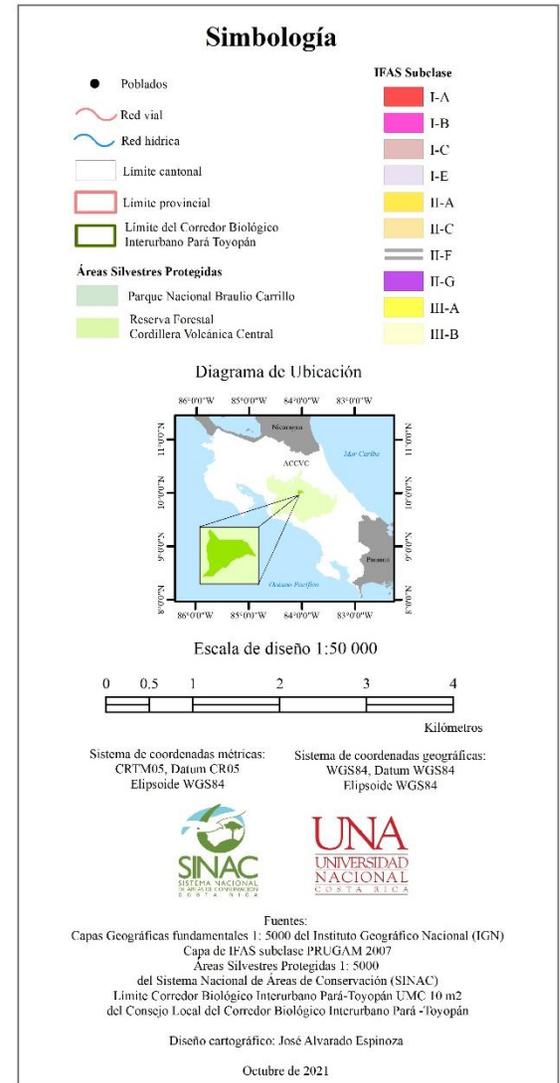
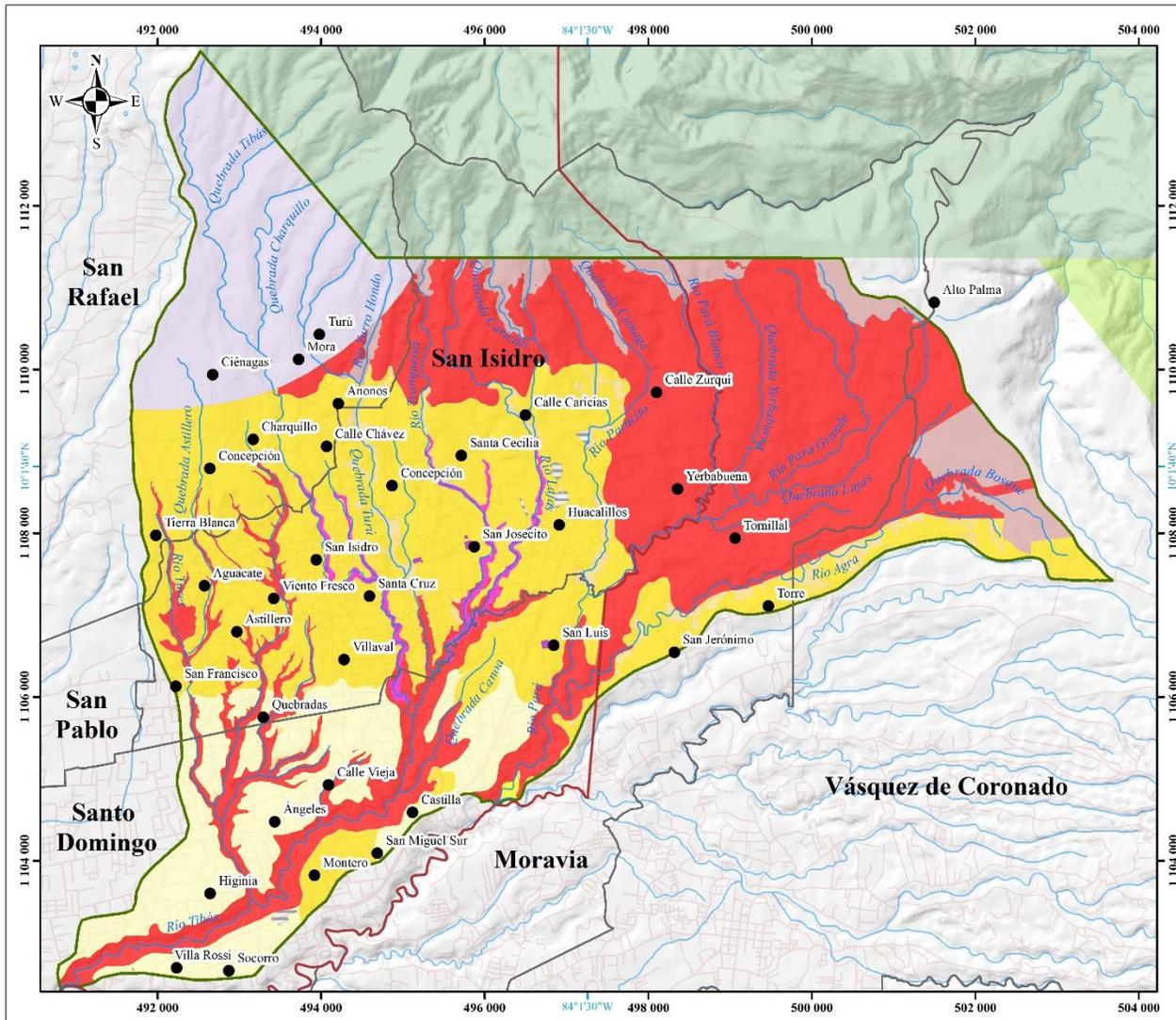
Sistema de coordenadas geográficas: WGS84, Datum WGS84, Elipsoide WGS84

Fuentes:  
 Capas Geográficas fundamentales 1:5000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)  
 Curvas de nivel cada 20 m 1:50 000  
 Capa hidrografía 1:5000 Programa de Regularización de Catastro y Registro 2008 del Centro Nacional de Información Geosubstancial (CENIGIA)  
 Áreas Silvestres Protegidas 1:5000 del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)  
 Limite Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán UMC 10 m2 del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano Pará -Toyopán

Disño cartográfico: José Alvarado Espinoza

Octubre de 2021

Anexo N°4: Mapa IFAS Subclase del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán



**Anexo N°5:** Descripción de los IFAS subclase presentes en el área

<b>Fragilidad</b>	<b>Subclase</b>	<b>Descripción</b>
Muy alta fragilidad ambiental	I-A	Relieves altos y muy pronunciados. Estabilidad de laderas reducida y zona de recarga acuífera. Desarrollar cobertura boscosa y proyectos de reforestación. ocupación humana baja densidad > 10% y edificaciones > 2 pisos altura. Área de protección de manantiales a 500m.
	I-B	Moderada-alta vulnerabilidad a procesos erosión/sedimentación, inundación, lahares/avalanchas y contaminación de aguas subterráneas. Potencial de uso agropecuario (agricultura orgánica). Desarrollar obras de contención/protección y corredores verdes en cauces.
	I-C	Alta vulnerabilidad a procesos erosión/sedimentación, deslizamientos/avalanchas. Importante conservar cobertura boscosa bajo un régimen de protección. Zonas de recarga acuífera de valor estratégico. Actividad humana en usos de investigación, educación y ecoturismo.
	I-E	Alto peligro por erupciones volcánicas y flujos de gravedad. Limitaciones para ocupación humana, dirigir las con fines de investigación, educación y ecoturismo. Zona de recarga acuífera de valor estratégico. Cobertura boscosa debe ser protegida al máximo.
Alta Fragilidad Ambiental	II-A	Relieve moderado, procesos de erosión/denudación. Limitaciones para ocupación humana permanente. Infraestructura de baja densidad > 20% y > 4 pisos altura. Instalar tanques sépticos modificados para no contaminar el suelo y aguas subterráneas.
	II-C	Alta vulnerabilidad a procesos erosión/sedimentación, deslizamientos/avalanchas. Importante conservar cobertura boscosa bajo un régimen de protección y extenderlas con proyectos de reforestación. Zonas de recarga acuífera de valor intermedio.
	II-F	Reglamentar prácticas de manejo para las diferentes actividades con alto impacto o riesgo ambiental. Establecer un sistema de control y seguimiento a estas actividades, que pueda ser fiscalizado. Considerar certificaciones ambientales por CIA no-gubernamental.
	II-G	Implementar áreas verdes dentro de zonas urbanizadas. Establecer planes de mantenimiento permanente con el fin de salvar estas zonas a largo plazo de forma atractiva para los ciudadanos y las partes residuales de la flora y fauna silvestre.

Moderada Fragilidad Ambiental	III-A	Posible el desarrollo urbanístico de diverso tipo. Alta densidad de ocupación humana >50% y desarrollo vertical, con plantas de tratamiento de aguas. Limitantes para infraestructura industrial y comercial de alto impacto ambiental. Establecer agricultura orgánica.
	III-B	Posible el desarrollo urbanístico de diverso tipo. Alta densidad de ocupación humana hasta 60% y 70% y desarrollo vertical, con plantas de tratamiento de aguas. Limitantes para infraestructura industrial y comercial no significativa. Establecer agricultura orgánica.

Fuente: PRUGAM, 2007.

**Anexo N°6:** Criterio de experto en la asignación de pesos de valor para jerarquía de atributos

Variable	Categoría	Peso de valor	Importancia para la conectividad
1. Porcentaje de pendientes	Plano a casi plano 0-3%	1	Poco importante
	Ligeramente ondulado 3-8%	2	Moderadamente Importante
	Moderadamente ondulado 8-15%	3	Importante
	Ondulado 15-30%	4	Muy importante
	Fuertemente ondulado 30-60%	5	Sobresaliente
	Escarpado 60-75%	5	Sobresaliente
	Fuertemente escarpado +75%	5	Sobresaliente
2. Tipo de suelos	Inceptisol - Dystrandept	1	Poco importante
	Inceptisol - Hydrandept	2	Moderadamente Importante
3. Uso de la tierra	Zonas urbanizadas continuas	1	Poco importante
	Zonas urbanizadas discontinuas	1	Poco importante
	Bosque secundario	5	Sobresaliente
	Bosque ripario	5	Sobresaliente
	Cultivos permanentes	3	Importante
	Cultivos anuales	2	Moderadamente Importante
	Terrenos desnudos o degradados	1	Poco importante
	Pastos limpios	3	Importante
	Pastos arbolados	4	Muy importante
	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	3	Importante
	Mosaico de pastos y espacios naturales	4	Muy importante
5. Geología	Volcánico	2	Moderadamente importante

	Avalanchas	3	Importante
6. Densidad de población proporcionada	Grupo N°1: Concepción San Rafael, San Jerónimo, Dulce Nombre de Jesús, Cascajal	4	Muy importante
	Grupo N°2: Concepción San Isidro, San José, San Vicente y San Miguel	3	Importante
	Grupo N°3: San Francisco, Tures y Santo Tomás	2	Moderadamente Importante
	Grupo N°4: San Isidro, Pará y Paracito	1	Poco importante
7. Precipitación media anual	4000-5000 mm	5	Sobresaliente
	3000-4000mm	4	Muy importante
	2000-3000mm	3	Importante
	1500-2000mm	2	Moderadamente Importante
8. Pozos y nacientes	Buffer	4	Muy importante
	Residuo	0	Nulo
9. Zonas de vida	Bosque muy húmedo premontano	2	Moderadamente Importante
	Bosque pluvial montano bajo	5	Sobresaliente
	Bosque muy húmedo montano bajo	4	Muy importante
	Bosque húmedo premontano	1	Poco importante
10. IFAS integrado	Muy alta fragilidad	5	Sobresaliente
	Alta fragilidad	4	Muy importante
	Moderada fragilidad	3	Importante
11. Influencia de caminos	Buffer	1	Poco importante
	Residuo	0	Nulo
12. Influencia de ríos	Buffer	3	Importante
	Residuo	0	Nulo
13. Áreas de recarga	Muy alta vulnerabilidad	1	Poco importante
	Alta vulnerabilidad	2	Moderadamente Importante
	Moderada vulnerabilidad	3	Importante
14. Tamaño de parche	Pequeño	2	Moderadamente Importante
	Mediano	4	Muy importante
	Grande	5	Sobresaliente
15. Fragmentación	Bosque secundario	5	Sobresaliente
	Bosque ripario	4	Muy importante

Fuente: Alvarado, 2020.

**Anexo N°7: Matriz A de Saaty de Alvarado (2020)**

Matriz A

Criterios	1. Pendientes	Tipo suelos	3. Uso tierra	4. Geología	5. Densidad pob.	6. Precipitación media	7. Pozos nacientes	8. Zonas de vida	9. IFAS	10. Caminos	11. Ríos	12. Áreas recarga	13. Tamaño parche	14. Fragmentación
1. Porcentaje pendientes	1	4	2/5	4	3 1/3	2 1/2	1/2	2 1/2	3 1/3	1/2	2	4	1/2	1/2
2. Tipo suelos	1/4	1	2/7	1	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	4/9	1	1/3	1/3
3. Uso de la tierra	2 1/2	3 1/2	1	6 2/3	4	4	3 1/3	4	4	3 1/3	4	6 2/3	2 2/9	1/3
4. Geología	1/4	1	1/7	1	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	4/9	1	1/3	1/2
5. Densidad poblacional	2/7	2	1/4	2	1	1 2/3	1/2	1 2/3	2	1/2	1 1/3	4	4/9	1/2
6. Precipitación media	2/5	2	1/4	2	3/5	1	1/2	1	2 1/2	1/2	1 2/3	5	1/2	1 2/3
7. Pozos y nacientes	2	3	2/7	3	2	2	1	3 1/3	4	2	2 1/2	5	1 3/7	1/2
8. Zonas de vida	2/5	2	1/4	2	3/5	1	2/7	1	2 1/2	1/2	1 2/3	3 1/3	1/2	1/2
9. IFAS	2/7	2	1/4	2	1/2	2/5	1/4	2/5	1	1/2	1 1/3	2 1/2	4/9	1 2/3
10. Influencia red vial	2	3	2/7	3	2	2	1/2	2	2	1	2 1/2	4	1 1/3	1/2
11. Influencia red hídrica	1/2	2 1/4	1/4	2 1/4	3/4	3/5	2/5	3/5	3/4	2/5	1	5	1/2	1/3
12. Áreas de recarga	1/4	1	1/7	1	1/4	1/5	1/5	2/7	2/5	1/4	1/5	1	1/3	1 2/3
13. Tamaño de parche	2	3	4/9	3	2 1/4	2	2/3	2	2 1/4	3/4	2	3	1	1
14. Fragmentación bosque	2	3	2/5	3	2	2	3/5	2	2	3/5	2	3	3/5	1

**Anexo N°8: Cálculo de Eigenvector de Alvarado (2020)**

Matriz A

Criterios	1. Pendientes	Tipo suelos	3. Uso tierra	4. Geología	5. Densidad pob.	6. Precipitación media	7. Pozos nacientes	8. Zonas de vida	9. IFAS	10. Caminos	11. Ríos	12. Áreas recarga	13. Tamaño parche	14. Fragmentación
1. Porcentaje pendientes	1.000	4.000	0.400	4.000	3.333	2.500	0.500	2.500	3.333	0.500	2.000	4.000	0.500	0.500
2. Tipo suelos	0.250	1.000	0.286	1.000	0.500	0.500	0.333	0.500	0.500	0.333	0.444	1.000	0.333	0.333
3. Uso de la tierra	2.500	3.500	1.000	6.667	4.000	4.000	3.333	4.000	4.000	3.333	4.000	6.667	2.222	0.333
4. Geología	0.250	1.000	0.150	1.000	0.500	0.500	0.333	0.500	0.500	0.333	0.444	1.000	0.333	0.500
5. Densidad poblacional	0.300	2.000	0.250	2.000	1.000	1.667	0.500	1.667	2.000	0.500	1.333	4.000	0.444	0.500
6. Precipitación media	0.400	2.000	0.250	2.000	0.600	1.000	0.500	1.000	2.500	0.500	1.667	5.000	0.500	1.667
7. Pozos y nacientes	2.000	3.000	0.300	3.000	2.000	2.000	1.000	3.333	4.000	2.000	2.500	5.000	1.429	0.500
8. Zonas de vida	0.400	2.000	0.600	2.000	0.600	1.000	0.300	1.000	2.500	0.500	1.667	3.333	0.500	0.500
9. IFAS	0.300	2.000	0.250	2.000	0.500	0.400	0.250	0.400	1.000	0.500	1.333	2.500	0.444	1.667
10. Influencia red vial	2.000	3.000	0.300	3.000	2.000	2.000	0.500	2.000	2.000	1.000	2.500	4.000	1.333	0.500
11. Influencia red hídrica	0.500	2.250	0.250	2.250	0.750	0.600	0.400	0.600	0.750	0.400	1.000	5.000	0.500	0.333
12. Áreas de recarga	0.250	1.000	0.150	1.000	0.250	0.200	0.200	0.300	0.400	0.250	0.200	1.000	0.333	1.667
13. Tamaño de parche	2.000	3.000	0.450	3.000	2.250	2.000	0.700	2.000	2.250	0.750	2.000	3.000	1.000	1.000
14. Fragmentación bosque	2.000	3.000	0.400	3.000	2.000	2.000	0.600	2.000	2.000	0.600	2.000	3.000	0.600	1.000
<b>Eigenvector</b>	<b>14.15</b>	<b>32.75</b>	<b>4.685714286</b>	<b>35.91666667</b>	<b>20.28333333</b>	<b>20.36666667</b>	<b>9.45</b>	<b>21.8</b>	<b>27.73333</b>	<b>11.5</b>	<b>23.08889</b>	<b>48.5</b>	<b>10.47301587</b>	<b>11</b>

**Anexo N°9: Matriz A1 de Saaty de Alvarado (2020)**

Matriz A1

Criterios	1. Pendientes	Tipo suelos	3. Uso tierra	4. Geología	5. Densidad pob.	6. Precipitación media	7. Pozos nacientes	8. Zonas de vida	9. IFAS	10. Caminos	11. Ríos	12. Áreas recarga	13. Tamaño parche	14. Fragmentación
1. Porcentaje pendientes	0.071	0.122	0.085	0.111	0.164	0.123	0.053	0.115	0.120	0.043	0.087	0.082	0.048	0.045
2. Tipo suelos	0.018	0.031	0.061	0.028	0.025	0.025	0.035	0.023	0.018	0.029	0.019	0.021	0.032	0.030
3. Uso de la tierra	0.177	0.107	0.213	0.186	0.197	0.196	0.353	0.183	0.144	0.290	0.173	0.137	0.212	0.030
4. Geología	0.018	0.031	0.032	0.028	0.025	0.025	0.035	0.023	0.018	0.029	0.019	0.021	0.032	0.045
5. Densidad poblacional	0.021	0.061	0.053	0.049	0.056	0.049	0.053	0.076	0.072	0.043	0.058	0.082	0.042	0.045
6. Precipitación media	0.028	0.061	0.053	0.056	0.030	0.049	0.053	0.046	0.090	0.043	0.072	0.103	0.048	0.152
7. Pozos y nacientes	0.141	0.092	0.064	0.084	0.099	0.098	0.106	0.153	0.144	0.174	0.108	0.103	0.136	0.045
8. Zonas de vida	0.028	0.061	0.053	0.056	0.030	0.049	0.032	0.046	0.090	0.043	0.072	0.069	0.048	0.045
9. IFAS	0.021	0.061	0.053	0.056	0.025	0.020	0.026	0.018	0.036	0.043	0.058	0.052	0.042	0.152
10. Influencia red vial	0.141	0.092	0.064	0.084	0.099	0.098	0.053	0.092	0.072	0.087	0.108	0.082	0.127	0.045
11. Influencia red hídrica	0.035	0.069	0.053	0.063	0.037	0.029	0.042	0.028	0.027	0.035	0.043	0.103	0.048	0.030
12. Áreas de recarga	0.018	0.031	0.032	0.028	0.012	0.010	0.021	0.014	0.014	0.022	0.009	0.021	0.032	0.152
13. Tamaño de parche	0.141	0.092	0.096	0.084	0.111	0.098	0.074	0.092	0.081	0.065	0.087	0.062	0.095	0.091
14. Fragmentación bosque	0.141	0.092	0.085	0.084	0.099	0.098	0.063	0.092	0.072	0.052	0.087	0.062	0.057	0.091

**Anexo N°10:** Extensión territorial absoluta y relativa de las categorías de cambio sobre el uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán, 2016-2020

Categoría de cambio	Cambios del uso de la tierra	Hectáreas (Ha)	Porcentaje según límite actual
Usos y coberturas que no cambiaron	Se mantiene bosque secundario	706.213	32.18%
	Se mantiene pastos	509.895	23.24%
	Se mantiene cultivos	32.5952	1.49%
	Se mantiene uso mixto	32.5125	1.48%
	Se mantiene urbano	75.1434	3.42%
Usos y coberturas que cambiaron a bosques secundarios	De pastos a bosque secundario	221.941	10.11%
	De cultivos a bosque secundario	38.0625	1.73%
	De uso mixto a bosque secundario	22.096	1.01%
	De urbano a bosque secundario	12.2521	0.56%
Usos y coberturas que cambiaron a pastos	De bosque secundario a pastos	85.6165	3.90%
	De cultivos a pastos	90.179	4.11%
	De uso mixto a pastos	21.3345	0.97%
	De urbano a pastos	25.4453	1.16%
Usos y coberturas que cambiaron a cultivos	De bosque secundario a cultivos	6.92057	0.32%
	De pastos a cultivos	26.4243	1.20%
	De uso mixto a cultivos	1.79138	0.08%
	De urbano a cultivos	7.86272	0.36%
Usos y coberturas que cambiaron a uso mixto	De bosque secundario a uso mixto	35.1643	1.60%
	De pastos a uso mixto	104.974	4.78%
	De cultivos a uso mixto	30.2334	1.38%
	De urbano a uso mixto	28.2523	1.29%
Usos y coberturas que cambiaron a urbano	De bosque secundario a urbano	12.2772	0.56%
	De pastos a urbano	39.6972	1.81%
	De cultivos a urbano	21.5623	0.98%
	De uso mixto a urbano	5.91944	0.27%
Total		2194.36511	100.00%

Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

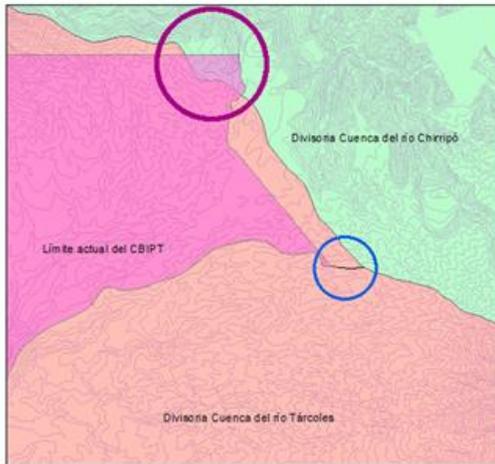
**Anexo N°II:** Extensión territorial absoluta y relativa de las categorías de conectividad ecológica estructural del Corredor Biológico Interurbano Pará – Toyopán, 2016-2020

Categorías de cambio	Cambios en conectividad	Hectáreas (Ha)	Porcentaje según límite actual
Categorías que no cambiaron	Se mantiene muy baja conectividad	70.1429	3.27%
	Se mantiene baja conectividad	125.156	5.84%
	Se mantiene moderada conectividad	145.467	6.79%
	Se mantiene alta conectividad	156.211	7.29%
	Se mantiene muy alta conectividad	104.795	4.89%
Categorías que cambiaron a muy alta conectividad	De baja a muy alta conectividad	72.085	3.36%
	De moderada a muy alta conectividad	96.4487	4.50%
	De alta a muy alta conectividad	274.921	12.82%
Categorías que cambiaron a alta conectividad	De muy baja a alta conectividad	70.2814	3.28%
	De baja a alta conectividad	129.39	6.04%
	De moderada a alta conectividad	161.031	7.51%
	De muy alta a alta conectividad	43.6251	2.03%
Categorías que cambiaron a moderada conectividad	De muy baja a moderada conectividad	120.26	5.61%
	De baja a moderada conectividad	257.068	11.99%
	De alta a moderada conectividad	77.0261	3.59%
	De muy alta a moderada conectividad	10.4116	0.49%
Categorías que cambiaron a baja conectividad	De muy baja a baja conectividad	101.395	4.73%
	De moderada a baja conectividad	56.4134	2.63%
	De alta a baja conectividad	19.9797	0.93%
	De muy alta a baja conectividad	2.80842	0.13%
Categorías que cambiaron a muy baja conectividad	De baja a muy baja conectividad	32.1303	1.50%
	De moderada a muy baja conectividad	12.9378	0.60%
	De alta a muy baja conectividad	3.83313	0.18%
Total		2143.81755	100%

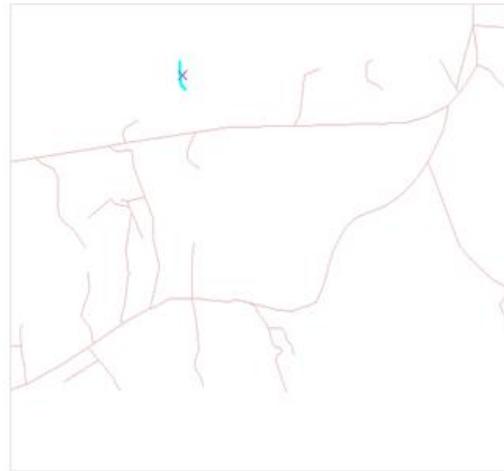
Fuente: elaborado a partir de métricas SIG

**Anexo N°12:** Procesos técnicos de depuración, rediseño y topología empleados en la cartografía

Redibujo de límite según divisoria de aguas



Corrección de líneas



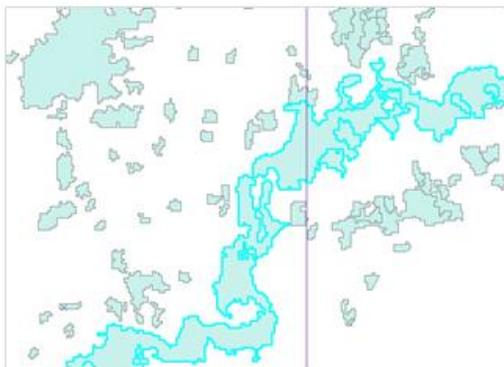
Uso de la Tierra antes de la depuración



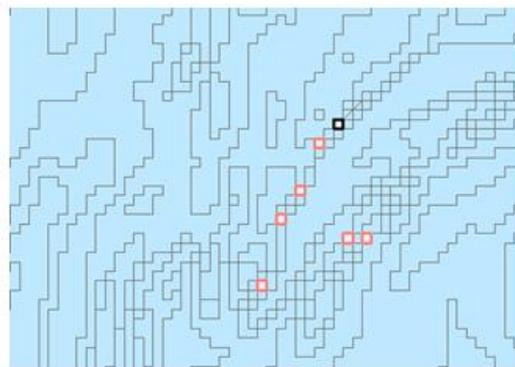
Uso de la Tierra después de la depuración



Corrección de polígonos de bosque



Aplicación de topología para corrección de vacíos



Fuente: elaboración propia