



Estado de la
**biodiversidad y
los servicios de
los ecosistemas**
en el cantón de **Curridabat**



Curridabat
CIUDAD DULCE



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Créditos

MUNICIPALIDAD DE CURRIDABAT

Planteamiento Estratégico

Alicia Borja- Alcaldesa 2018-2020

Edgar Mora- Alcalde 2016-2018

Irene García- Gerente de Despacho de Alcaldía

Consejo Municipal 2016-2018

Hernán Masis- Presidente

Carlos Mena- Vicepresidente

Elaboración técnica:

Emily Fung

Lenin Corrales

Christian Brenes

Unidad de Modelado Ecosistémico

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Revisión técnica:

Irene García

Alejandro Muñoz

José Manuel Retana

Municipalidad de Curridabat

Fotografías:

Lenin Corrales

Citar como:

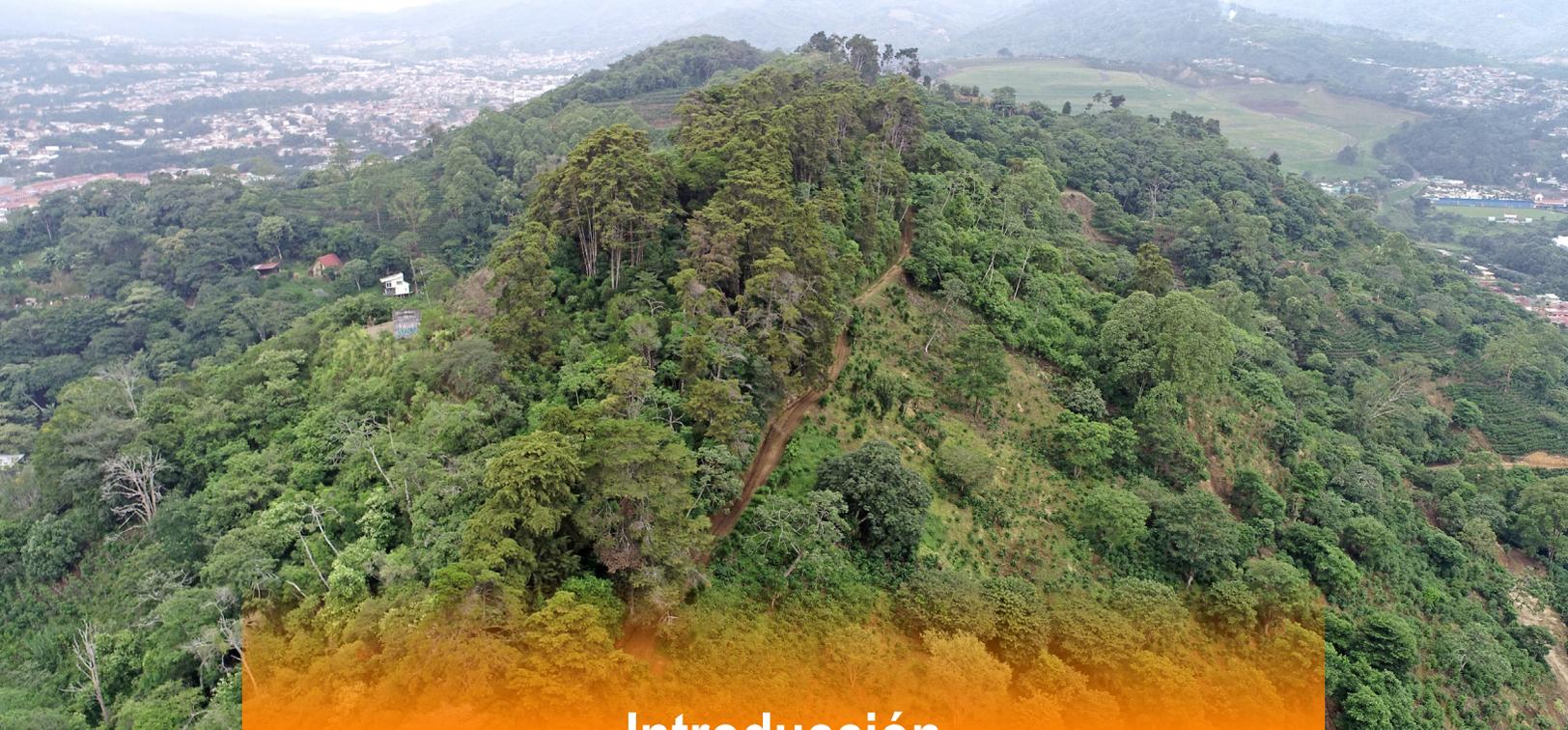
Municipalidad de Curridabat .2019. Estado de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en el cantón de Curridabat. Curridabat-Costa Rica

Esta investigación fue desarrollada por la Unidad de Modelado Ecosistémico del Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático del CATIE en conjunto con el Centro de Inteligencia Territorial de la Municipalidad de Curridabat a través de la Gerencia de Despacho. La Unidad de Modelado está enfocada en la investigación y la asistencia técnica sobre el efecto del cambio global en los ecosistemas, servicios ecosistémicos e implicaciones para la sociedad latinoamericana, mediante el desarrollo y la aplicación de herramientas de modelado biofísico y socioeconómico dirigidas a apoyar la planificación de toma de decisiones y la gestión de proyectos para mitigación y adaptación a la variabilidad y el cambio climático.



Contenido

Introducción	4
Indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos	7
Servicios ecosistémicos de provisión	7
Servicios ecosistémicos de regulación	9
Consumo de Energía Eléctrica por Habitante	9
Proporción de Cobertura de Vegetación	10
Índice Biótico del Suelo (IBS)	12
Índice de Calidad del Agua de los Ríos y Quebradas del Cantón	15
Cambio en la Abundancia y Riqueza de Angiospermas (Flora Dulce)	17
Cambio en la Abundancia y Riqueza de Polinizadores (abejas, mariposas, murciélagos y colibríes)	22
Servicios ecosistémicos culturales	29
Superficie Verde por Habitante (SVHab)	29
Servicios ecosistémicos de soporte	32
Cambio en la Riqueza y Abundancia de Especies de Peces	32
Proporción de Áreas Naturales o Semi-Naturales en la Ciudad	35
Proporción del Área Cubierta por Vegetación Ribereña	36
Proporción de Áreas Verdes en las Escuelas, Colegios y Universidades	38
Cambio en la Densidad Arbórea	39
Cambio en la Riqueza de Aves	40
Cambio en el Número de Especies Nativas de Flora	41
Observaciones y limitaciones de los datos de línea base existentes	43
Recomendaciones	45
Referencias	46
Anexos	46



Introducción

A inicios del 2015, la Municipalidad de Curridabat creó la visión denominada Ciudad Dulce, la cual busca mejorar el bienestar de los ciudadanos a través del incremento del contacto con la naturaleza e integrar el crecimiento de la ciudad con un enfoque de desarrollo sostenible.

Como muestra de este proceso, durante los últimos años se han implementado una serie de esfuerzos para conocer e identificar la biodiversidad existente en el cantón y los servicios ecosistémicos, con el objetivo de poder conservarlos y promover espacios adecuados para su continuidad.

El siguiente informe presenta el estado de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas del cantón de Curridabat. A través del muestreo, es posible hacer un seguimiento sistemático de diferentes componentes importantes para la biodiversidad del cantón, así como de algunos problemas que lo afectan.

El reporte se elaboró con base en información recolectada durante los últimos años en el cantón y muestra los resultados de diversos inventarios, recolectas y muestreos realizados en las zonas verdes, bosques (incluidos los ribereños), parques, zonas de protección, ríos, cafetales arbolados, entre otros, los cuales fueron elaborados por distintos profesionales. Se presenta la información que se encuentra disponible actualmente, motivo por el cual mostramos los valores de únicamente 15 indicadores de los descritos en la publicación: Municipalidad de Curridabat. 2019. *Sistema de monitoreo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en el cantón de Curridabat*. Curridabat-Costa Rica.

A continuación, se presenta un cuadro con la información resumida del estado de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos basado en los datos de línea base de los indicadores propuestos.

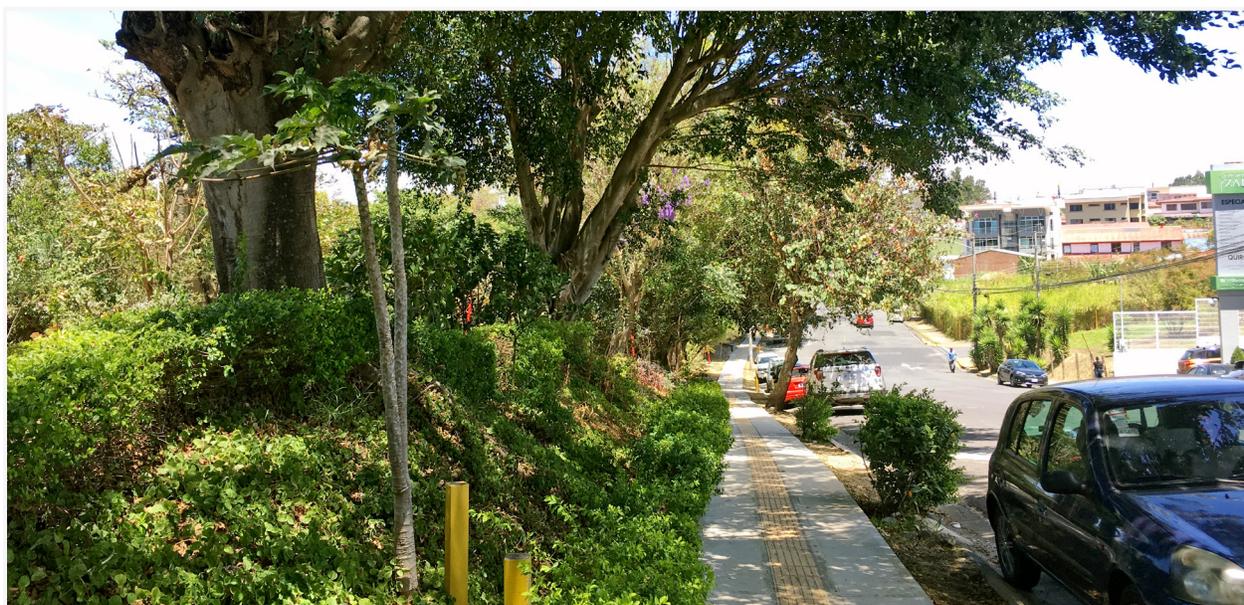
Cuadro 1.

Resumen de los resultados de los indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos medidos durante el periodo 2018 y 2019 en el cantón de Curridabat.

Servicios ecosistémicos	Indicador	Resultado	Valor deseable
PROVISIÓN	Índice biológico de la calidad del agua (BMWP-CR)	43% de los sitios analizados – BMWP 16-35 30% de los sitios muestreados – BMWP 36-60 27% de los puntos muestreados – BMWP <15	BMWP' > 120 – Aguas de calidad excelente 101-120 – Aguas de calidad buena 61-100 – Aguas de calidad regular 36-60 – Aguas de calidad mala, contaminadas 16-35 – Aguas de calidad mala, muy contaminadas <15 – Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas
REGULACIÓN	Consumo de energía eléctrica por habitante	Año 2017 – 938 kWh/hab Año 2018 – 2179 kWh/hab	NA
	Proporción de cobertura de vegetación	47% del área total del cantón (756.7 ha cubiertas por vegetación)	NA
	Índice biótico del suelo (IBS)	42% del área del cantón cuenta con superficies permeables	≥20% requerimiento mínimo
	Índice de calidad del agua de los ríos y quebradas del cantón	37% de los sitios analizados – Contaminación incipiente 30% de los sitios muestreados – Contaminación moderada 20% de los puntos estudiados – Contaminación severa 10% de los puntos muestreados – Contaminación muy severa 3% de los puntos analizados – Sin contaminación	Índice Holandés del análisis físico-químico Clase 1 – Sin contaminación Clase 2 – Contaminación incipiente Clase 3 – Contaminación moderada Clase 4 – Contaminación severa Clase 5 – Contaminación muy severa
	Cambio en la abundancia y riqueza de angiospermas (Flora Dulce)	Riqueza y abundancia en Aceras 230 especies de plantas Especie más abundante - <i>Duranta erecta</i> (grano de oro) Riqueza y especies más abundantes por Parque El Prado – 259 spp/ <i>Duranta erecta</i> La Amistad – 243 spp/ <i>Yucca guatemalensis</i> Ayarco Norte – 208 spp/ <i>Duranta erecta</i> Ecológico – 190 spp/ <i>Duranta erecta</i> Pinares – 181 spp/ <i>Monstera deliciosa</i> El Colegio – 179 spp/ <i>Rivina humilis</i> La Mina – 156 spp/ <i>Chamaedorea costaricana</i> El Recuerdo – 125 spp/ <i>Duranta erecta</i>	NA
	Cambio en la abundancia y riqueza de polinizadores	Abejas: 14 especies/ <i>Trigona corvina</i> (Mariola) Colibríes: 4 especies/ <i>Amazilia tzacatl</i> (<i>Amazilia rabirrufa</i>) Mariposas: 69 especies/ <i>Dryas iulia</i> (Julia o heliconiana) Murciélagos: 8 especies/ <i>Artibeus jamaicensis</i> (murciélago frugívoro de Jamaica)	NA
CULTURALES	Superficie verde por habitante (SVHab)	Espacio verde total del cantón 95.8 m²/hab Espacio verde público 7.5 m²/hab	La Organización Mundial para la Salud recomienda 10 m ² /hab

SOPORTE	Cambio en la riqueza y abundancia de especies de peces	5 especies encontradas Especies más abundantes – <i>Poecilia reticulata</i> (Guppy) y <i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	NA
	Proporción de áreas naturales o semi-naturales en la ciudad	16.7% del área del cantón está cubierta por áreas naturales 30.6% del área se encuentra cubierto por áreas semi-naturales	NA
	Proporción del área cubierta por vegetación ribereña	10.6% del área del cantón cuenta con vegetación ribereña	NA
	Proporción de áreas verdes en las escuelas, colegios y universidades	En los colegios y universidades el 57% del área presenta áreas verdes. En las escuelas únicamente el 27% del área es cubierto por zonas verdes.	NA
	Cambio en la densidad arbórea	En los parques se encontró una densidad arbórea de 61 individuos por hectárea	NA
	Cambio en la riqueza de aves	87 especies en total (dentro de los 6 parques muestreados)	NA
	Cambio en el número de especies nativas de flora	415 especies nativas de flora registradas en 8 parques muestreados	NA

NA: No se encontraron valores de referencia con los que se puedan comparar los resultados obtenidos de éste análisis.





Indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos

Servicios ecosistémicos de provisión

Índice Biológico de la Calidad del Agua

Los resultados obtenidos del análisis de la calidad del agua realizados del 12 al 15 de noviembre del 2018 corresponden a los cálculos del índice BMWP-CR, donde se evaluaron 30 puntos ubicados en el cantón de Curridabat (Figura 1). Los puntos de muestreo se realizaron en su mayoría en el río María Aguilar y río Tiribí, así como en las quebradas Granadilla, Mina, Puruses, Zopilote y en los ríos Chaguite y Ocloro.

Los macro invertebrados acuáticos han sido ampliamente usados durante años como indicadores de calidad del agua, ya que constituyen una herramienta muy útil y relativamente de bajo costo. A través de los indicadores biológicos, es posible evaluar tendencias de la calidad del agua a través del tiempo, comparando condiciones pasadas y presentes, y detectar eventos puntuales de toxicidad, los cuales suelen ser difíciles de detectar utilizando únicamente mediciones fisicoquímicas. La metodología utilizada para la toma de las muestras fue el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica). Esta metodología consiste en coleccionar muestras de macroinvertebrados y asignarle una puntuación a cada taxón encontrado según su nivel de tolerancia a condiciones de contaminación.

Se observó que casi la mitad (43%) de los sitios estudiados presentan “Aguas de mala calidad, muy contaminadas”, con un valor del BMWP de entre 16 y 35 puntos. Seguidamente, el 30% de los puntos de muestreo están asociados a “Aguas de mala calidad, contaminadas”, con un valor del BMWP de entre 36 y 60 puntos, y el 27% de la zona analizada presenta “Agua de calidad muy mala, extremadamente contaminada”, con valores de BMWP menores a 15 puntos.

En el siguiente mapa se puede observar que la cuenca del río María Aguilar cuenta con un menor grado de contaminación (puntos amarillos, “Agua de calidad mala, contaminada”), mientras que la cuenca del río Tiribí presenta mayor cantidad de sitios con aguas muy contaminadas (puntos anaranjados). Ningún sitio muestreado presentó aguas de calidad regular, buena o excelente.

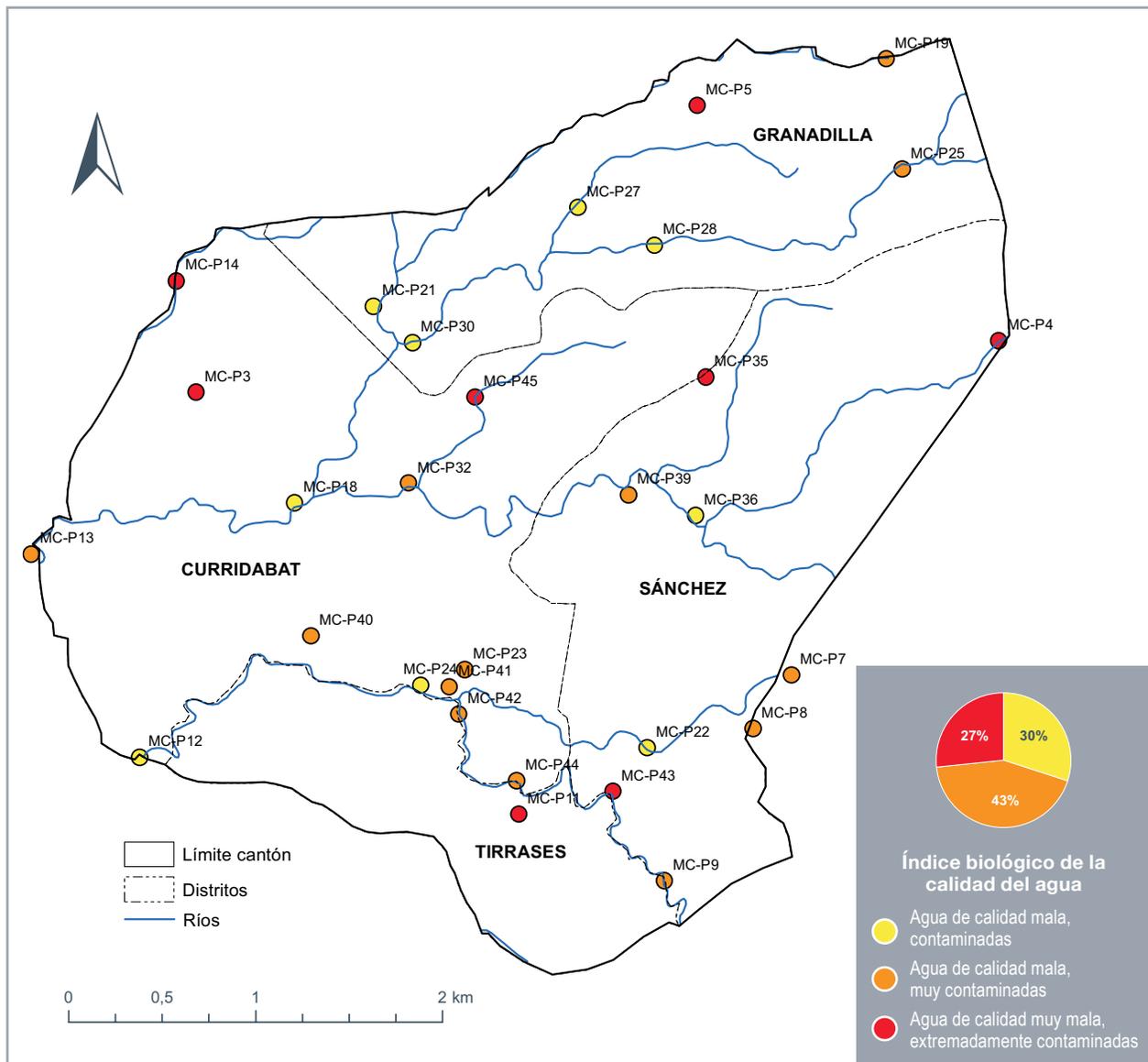


Figura 1. Sitios donde se realizaron los muestreos para determinar la calidad biológica del agua.



Servicios ecosistémicos de regulación

Consumo de Energía Eléctrica por Habitante

Los resultados obtenidos del Centro Nacional de Control de Energía de Costa Rica (CENCE), mostraron que el consumo total de energía para el año 2017, llegó a los 938 kWh por habitante. No obstante, para el periodo del 2018, se observó un aumento en el consumo de energía eléctrica, alcanzando más del doble del consumo por habitante (2179 kWh/habitante) en relación al año anterior.

La energía es esencial para el desarrollo económico y social, mejorando la calidad de vida de los habitantes, sin embargo, el consumo de energía tiene implicaciones sobre la disponibilidad de los recursos naturales. Un alto consumo de energía puede afectar negativamente la producción de servicios ecosistémicos, generar contaminación ambiental y contribuir a acentuar los efectos del cambio climático. Por tal motivo, es imprescindible hacer una gestión sostenible de la energía urbana, la cual fomente la reducción del consumo por habitante y el uso de fuentes de energía renovables.

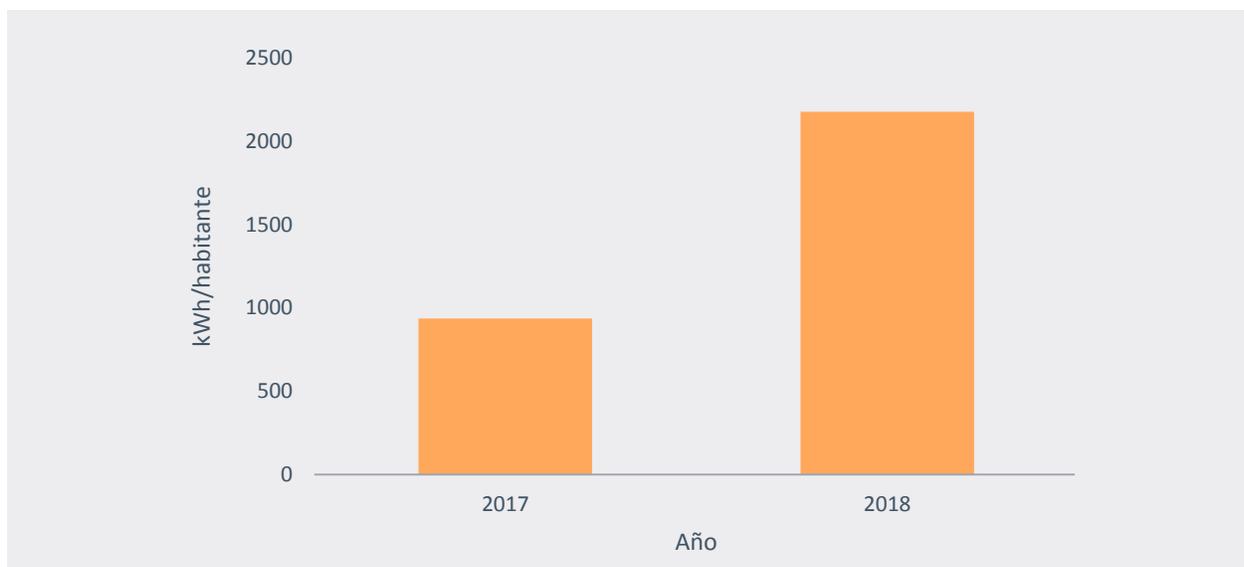


Figura 2. Consumo de energía por habitante para el periodo 2017 y 2018.

Proporción de Cobertura de Vegetación

En el mes de julio y agosto del 2019 se analizaron imágenes satelitales WorldView-3 de muy alta resolución (0.3 m), a través de las cuáles se logró identificar la cobertura de vegetación presente en el cantón de Curridabat. En total se encontraron 756.7 hectáreas cubiertas por vegetación, equivalentes al 47.1% del área total del cantón.

De ésta área de cobertura vegetal, el 35% consistió de zonas verdes (267.7 ha), distribuidas en todo el cantón, con una mayor proporción en Sánchez y en la parte sur de Tirrases, cerca de la localidad de La Colina. Seguidamente, el bosque ribereño representó un 22% (167.2 ha) del área cubierta por vegetación y se observó a lo largo de todos los cauces de agua exceptuando la quebrada Zopilote y una porción del río Ocloro. La categoría de “Árboles Fuera de Bosque” representó un 16% (119.2 ha) distribuidos en todo el cantón (Figura 3).

En menor proporción, la superficie cubierta por bosque representó un 13% (100.3 ha) del área y se encontró principalmente en el distrito de Tirrases, además de otros parches de bosque de menor tamaño en la parte central de Curridabat y en la zona sur este en el distrito de Sánchez. Los cafetales arbolados representaron un 12% del área (93 ha) ubicados en su mayoría en los distritos de Sánchez y Granadilla.

Durante muchos años se ha estudiado el efecto que tienen las áreas verdes y la vegetación sobre la temperatura del aire en zonas urbanas. Se ha demostrado que el clima local puede verse muy afectado por la estructura física de una ciudad y, por lo tanto, se han evaluado los beneficios que brindan la vegetación a las ciudades. Varios estudios demostraron que un solo árbol o un grupo de árboles pueden tener efectos positivos sobre la temperatura ambiental urbana.

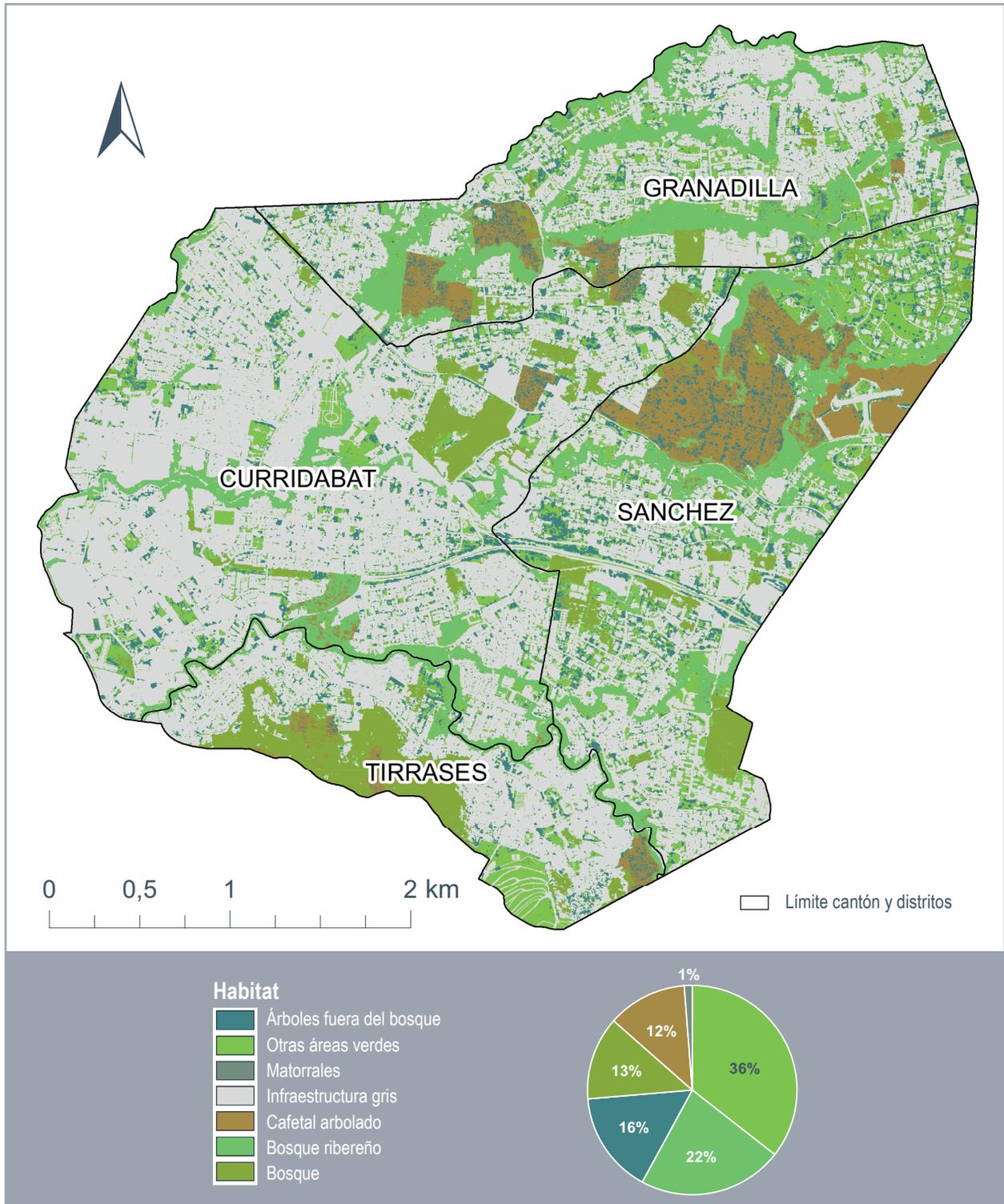


Figura 3. Cobertura de vegetación del cantón de Curridabat.

Índice Biótico del Suelo (IBS)

La urbanización de las ciudades afecta directamente la estructura y composición del suelo. Las construcciones de edificios y la pavimentación impermeabilizan en distintas maneras el suelo e impactan negativamente el desarrollo de ecosistemas, generando una disminución en la producción primaria. Los procesos de impermeabilización generan impacto sobre la estructura del suelo e impiden la infiltración, afectando el caudal ecológico y en algunas ocasiones generando inundaciones de gran impacto.

El índice biótico del suelo es un valor que indica la relación entre las superficies funcionalmente significativas en el ciclo natural y la superficie total de una zona de estudio. Existen 3 clases de tipos de superficies del suelo, dependiendo de su permeabilidad y naturaleza: suelos con superficies permeables, suelos con superficies semipermeables y suelos impermeables.

Para calcular el indicador, se le asigna un valor a cada tipo de suelo, el cual oscila entre 0 (suelos impermeables) y 1 (suelos totalmente permeables) de acuerdo al grado de permeabilidad y condición del suelo.

Una vez asignado el valor a cada tipo de superficie, el IBS se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{IBS} = \left[\sum (\text{factor de permeabilidad del suelo} \times \text{área}) \right] / \text{área total}$$

Dentro de los parámetros de evaluación del IBS, se recomienda que el valor mínimo del índice sea mayor o igual a 20% y el valor deseable mayor a 30%.

Actualmente en el cantón de Curridabat se encuentran tres tipos de suelos (Cuadro 2):

1. Superficies impermeables, correspondiente a la infraestructura gris.
2. Espacios verdes sin conexión con suelo natural, siendo los parques municipales, jardines, cementerios verdes, campos deportivos y recreativos, isletas de carreteras, entre otros.
3. Espacios verdes con conexión con suelo natural, correspondiente al bosque ribereño, árboles fuera del bosque, bosque, cafetales arbolados y matorrales.

Cuadro 2

Tipos de superficie del suelo presentes en el cantón de Curridabat.

Índice Biótico del Suelo del cantón de Curridabat			
Tipo de Superficie	Superficie (ha)	Factor de permeabilidad	IBS
Superficies impermeable	849,5	0	0%
Espacios verdes sin conexión con suelo natural	267,7	0,7	11,7%
Espacios verdes con conexión con suelo natural	489	1	30,4%
Total	1606,2	Total	42%

Cuadro 3.

Índice Biótico del Suelo de los distritos del cantón de Curridabat.

Distrito	Requerimientos mínimos IBS	Resultado alcanzado IBS
Curridabat	≥20%	27.7%
Granadilla	≥20%	48.8%
Sánchez	≥20%	56%
Tirrases	≥20%	45.1%

El cantón de Curridabat presentó un IBS por encima del nivel deseable (42%). Se observó que el distrito de Sánchez cuenta con el mayor valor del IBS con un 56%, seguido de Granadilla con un 48.8%, Tirrases con un 45.1% y por último Curridabat con un 27.7%. Las zonas impermeables se encuentran en todo el cantón, sin embargo, se observan en mayor proporción en el distrito de Curridabat. Por otro lado, los espacios verdes con y sin conexión con suelo natural se encuentran principalmente en el distrito de Sánchez (Figura 4).



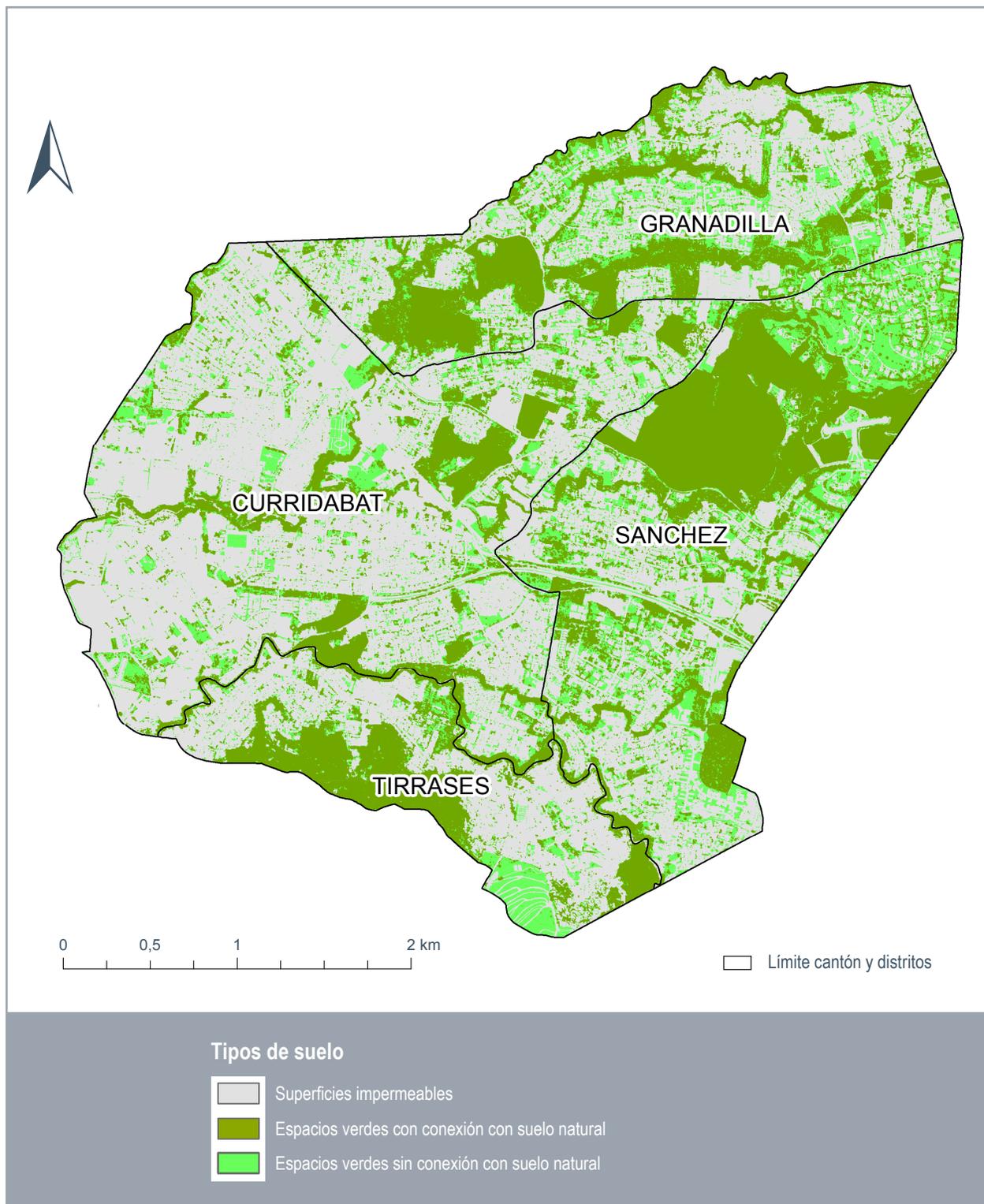


Figura 4. Tipos de suelo presente en el cantón de Curridabat.

Índice de Calidad del Agua de los Ríos y Quebradas del Cantón

El agua es vital para los seres vivos, no obstante, para que cumpla con esta función debe mantener un nivel de calidad adecuado. Para ello, es necesario monitorear y evaluar las características físicas, químicas y bacteriológicas propias de los ecosistemas acuáticos a través de índices de calidad de agua (ICA). Los índices combinan una serie de variables o parámetros, generando una escala numérica representativa del grado de contaminación del cuerpo de agua.

El indicador refleja la alteración potencial de la calidad de los sistemas hídricos superficiales en una zona hidrográfica dada. Además, permite conocer a través del tiempo los cambios que ocurren en la calidad del agua como consecuencia de modificaciones en el uso del suelo y la cobertura forestal.

En noviembre del 2018 se realizaron muestreos de distintos cursos de agua en el cantón de Curridabat. Se analizó la calidad del agua de los ríos María Aguilar y Tiribí, además de las quebradas Granadilla, Mina, Puruses, Zopilote y los ríos Chagüite y Ocloro, donde se colectaron 30 muestras de agua en total. De cada muestra se analizaron varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para calcular el Índice Holandés y determinar el nivel de contaminación presente en cada sección de río estudiado. Los parámetros fueron los siguientes:

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Nitrógeno amoniacal
- Porcentaje de oxígeno disuelto
- Coliformes totales
- Coliformes fecales (presencia de *Escherichia coli*)

Se observó que un 37% de los sitios analizados presentaron una contaminación incipiente, principalmente en la quebrada Granadilla, y en los ríos María Aguilar y Tiribí. Un 30% de los sitios muestreados contaron con una contaminación moderada y un 20% de ellos con una contaminación severa, puntos ubicados en su mayoría en el distrito de Curridabat. El mapa muestra los puntos con una contaminación muy severa, la cual representa un 10% de las secciones de río muestreados, y estos corresponden a los puntos MC-P45, MC-P5 y MC-P11 (Figura 5). A pesar que el punto MC-P5 se localiza en las partes altas de la cuenca en el distrito de Granadilla, presenta una contaminación muy severa, lo cual indica la posible presencia de descargas residuales cercanas al punto de muestreo. Únicamente un punto dentro del área de estudio se encontró sin contaminación (color azul, MC-P36), ubicado en la parte media alta del río María Aguilar.

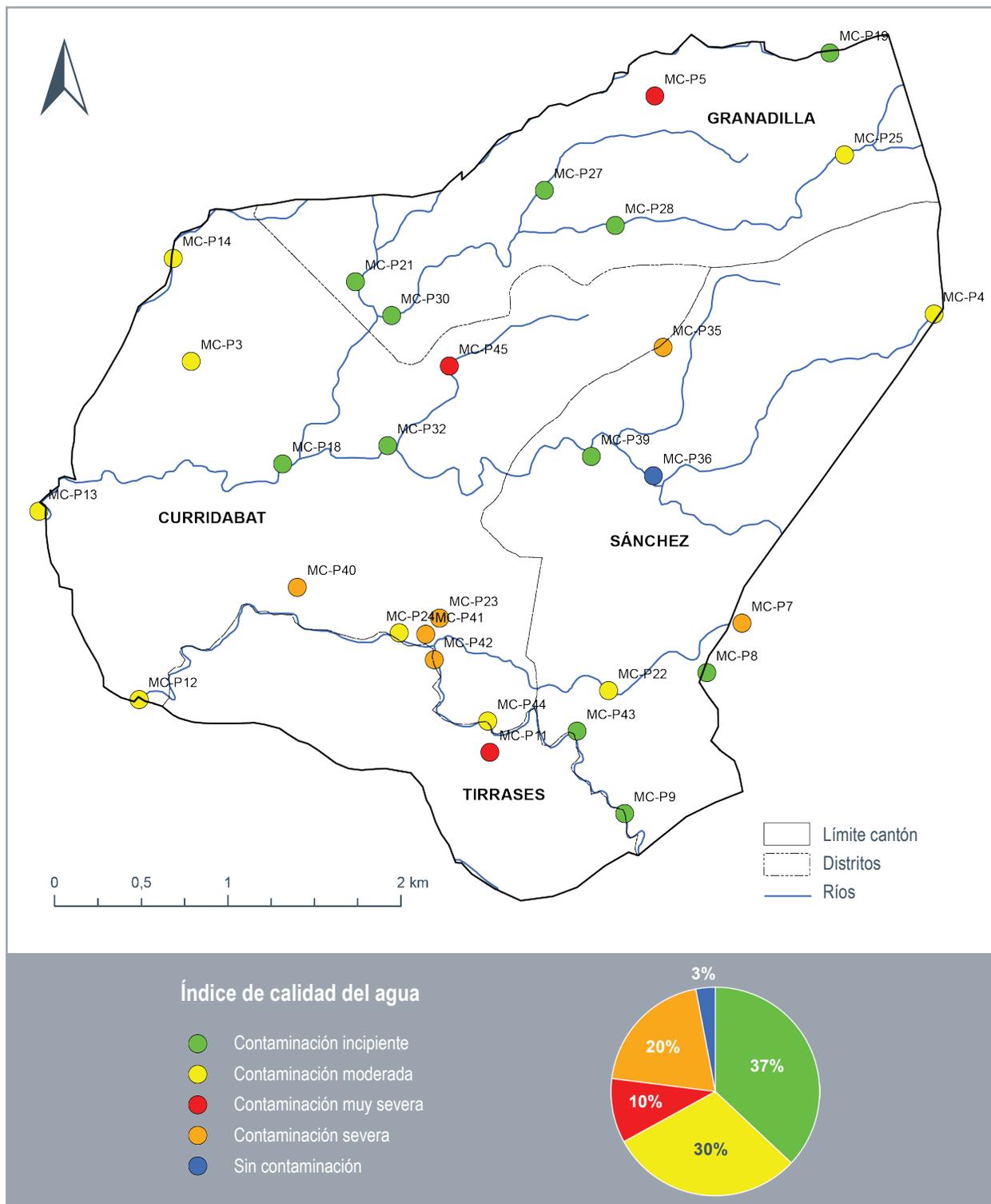


Figura 5. Sitios donde se realizaron los muestreos para identificar la calidad físico-química del agua.

Cambio en la Abundancia y Riqueza de Angiospermas (Flora Dulce)

La polinización es un servicio ecosistémico que brinda apoyo tanto a la flora silvestre como a los cultivos manipulados. Dentro del entorno urbano, el mantenimiento de las poblaciones de plantas con flores depende en cierta medida de especies polinizadoras (insectos, colibríes, murciélagos) que habitan las ciudades. En los últimos años, se ha observado una rápida disminución en la abundancia y riqueza de polinizadores principalmente en paisajes intensamente gestionados y transformados, lo que ha dado como resultado una limitación en la producción del polen y una reducción en el éxito reproductivo de las plantas. Así mismo, una baja diversidad de plantas puede mantener menos especies de polinizadores. Los entornos urbanos pueden proporcionar una gama de recursos para los polinizadores, incluidos sitios de anidación y recursos nutricionales, por ejemplo, en jardines, zonas verdes y a lo largo de carreteras.

Riqueza y Abundancia de Flora Dulce en las Aceras

A finales del 2018 y principios del 2019, se realizó un levantamiento de la flora presente en 42 km de aceras del cantón de Curridabat (en las Rutas Cantonales, de Travesía y Nacionales). Se registraron en total 230 especies de plantas, distribuidas en 74 familias y 177 géneros.

Dentro de los cuatro distritos que conforman el cantón, Curridabat presentó la mayor cantidad de especies (161), seguido por Granadilla (91), Tirrases (59) y por último Sánchez (45). Entre las tres familias más abundantes presentes en el distrito de Curridabat, se encontraron las plantas leguminosas (familia Fabaceae), y las que pertenecen a las familias Asparagaceae y Euphorbiaceae con aproximadamente 12 especies por familia. En Granadilla se encontraron las familias Arecaceae (palmeras), Asparagaceae y Verbenaceae con 7 especies en cada una. En Tirrases la familia más representativa correspondió a Asparagaceae con 10 especies y en Sánchez se encontraron las familias Fabaceae (leguminosas), Arecaceae (palmeras) y Asparagaceae con 5, 4 y 4 especies por familia respectivamente (Figura 6).

Las especies más abundantes presentes en las aceras del cantón, corresponden en primer lugar a *Duranta erecta* (grano de oro, familia Verbenaceae) con 1526 individuos, seguida por *Ruellia brittoniana* (azulillo, familia Acanthaceae) con 525 individuos, *Heliconia psittacorum* (avecilla, familia Heliconiaceae) con 298, *Dypsis lutescens* (palma múltiple, familia Arecaceae) con 185 individuos y *Ophiopogon jaburan* (pincel, familia Asparagaceae) con 160 individuos (Figura 7 y Cuadro 4). Estas cinco especies representan el 56% del total de individuos encontrados en el cantón, lo que indica que un poco más de la mitad de la abundancia total de la flora en aceras se distribuye dentro de éstas cinco especies exóticas.

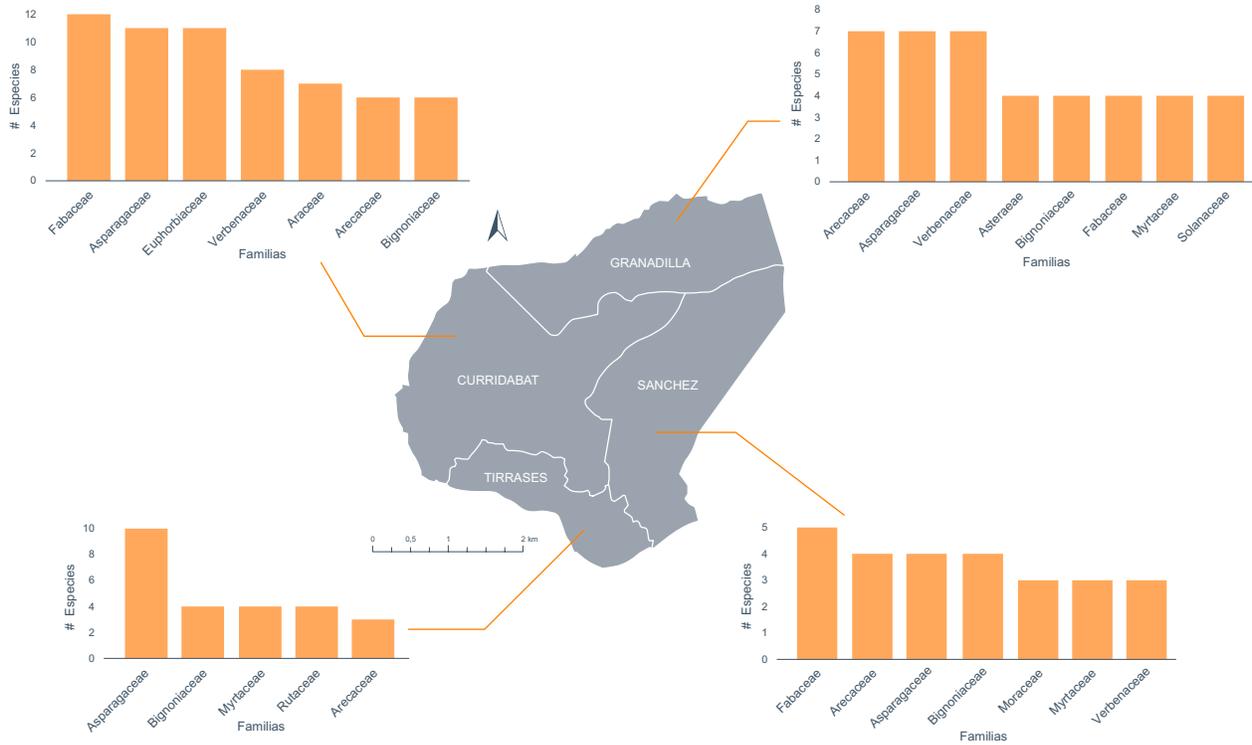


Figura 6. Familias de flora presentes en las aceras del cantón de Curridabat.

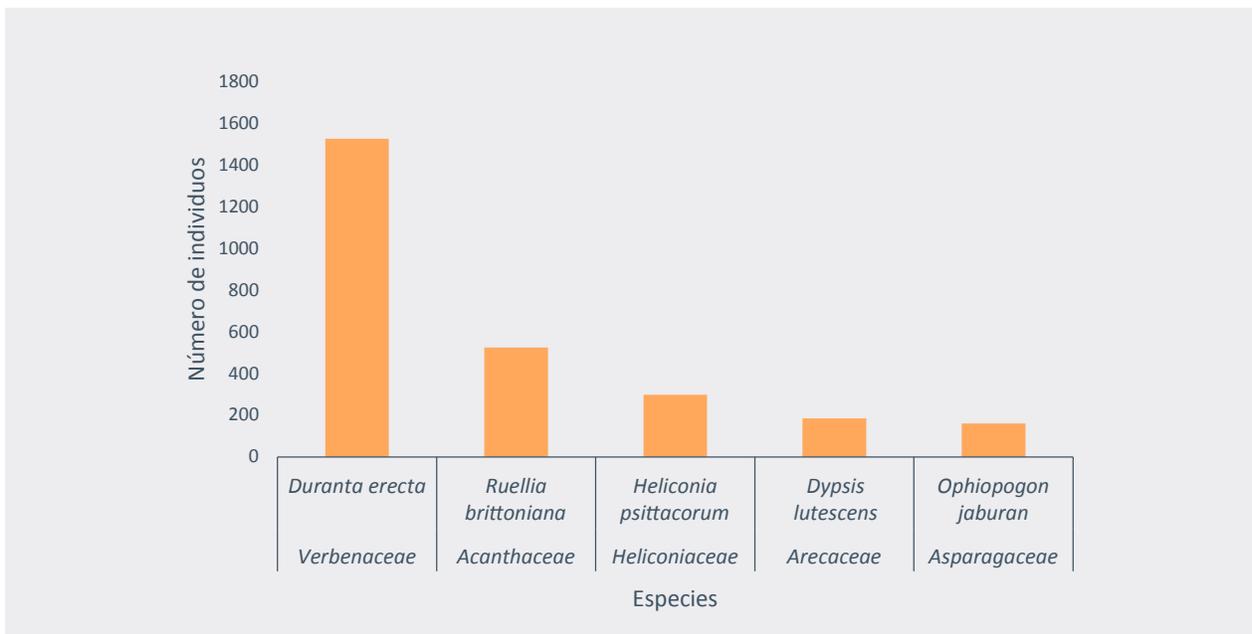


Figura 7. Número de individuos de las cinco especies más abundantes en las aceras del cantón de Curridabat.

Cuadro 4.

Identificación de las 5 especies más abundantes en las aceras del cantón de Curridabat.

Familia	Especie	Foto
Verbenaceae	<i>Duranta erecta</i>	
Acanthaceae	<i>Ruellia brittoniana</i>	
Heliconiaceae	<i>Heliconia psittacorum</i>	
Arecaceae	<i>Dypsis lutescens</i>	
Asparagaceae	<i>Ophiopogon jaburan</i>	

Riqueza y Abundancia de Flora Dulce en Parques

Durante enero, febrero y marzo del 2018, se realizó un inventario de las angiospermas presentes en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Prado, Área de Protección La Mina y El Recuerdo. Posteriormente, en diciembre del 2018 y enero del 2019 se realizaron muestreos en los parques La Amistad y La Reserva El Colegio.

La siguiente figura muestra en cada parque urbano, las tres familias que presentaron mayor diversidad de angiospermas. Se observó que las familias que contienen el mayor número de géneros y especies en todos los parques corresponden a Asteraceae (plantas compuestas) y Fabaceae (leguminosas), exceptuando al parque Ayarco Norte, en el cual las familias Asteraceae y Myrtaceae son las familias más diversas (Figura 8).



Figura 8. Número de géneros y especies de angiospermas encontrados en los 8 parques urbanos muestreados en el cantón de Curridabat en el 2018 y 2019.

Los parques con mayor diversidad de especies corresponden al parque El Prado con un total de 259 especies, distribuidas en 74 familias y 200 géneros, parque La Amistad con un total de 243 especies distribuidas en 70 familias y 96 géneros, seguidos por Ayarco Norte el cual presenta 208 especies y 166 géneros distribuidos en 71 familias (Figura 9).

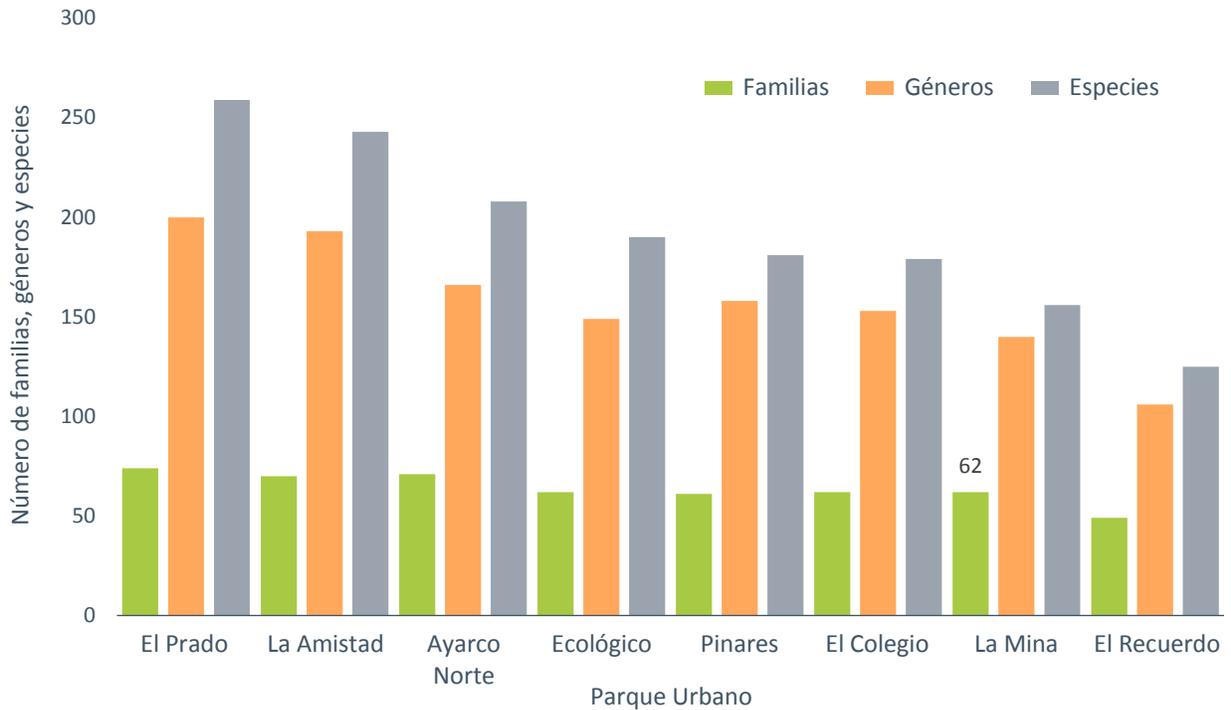


Figura 9. Riqueza de angiospermas observada en los parques urbanos del cantón de Curridabat muestreados en el 2018 y 2019.

En el parque Ayarco Norte, las especies con mayor abundancia corresponden a *Duranta erecta* (grano de oro, familia Verbenaceae) y *Fraxinus uhdei* (fresno mexicano, familia Oleaceae) las cuáles en conjunto, suman alrededor del 44% del total de individuos presentes en el parque. En el parque de Pinares, las especies más abundantes son *Monstera deliciosa* (mano de tigre, familia Araceae) y *Sansevieria trifasciata* (lengua de suegra, familia Asparagaceae), abarcando entre las dos el 27% de la abundancia total del sitio. En La Colina encontramos a *Montanoa hibiscifolia* (tora, familia Asteraceae), la cual representa un 18% del número total de individuos del parque. Por otro lado, en los parques El Prado y El Recuerdo únicamente dos especies, *Duranta erecta* (grano de oro, familia Verbenaceae) y *Stachytarpheta mutabilis* (rabo de zorro, familia Verbenaceae), representan el 40% y 38% respectivamente de los individuos encontrados (Figura 10).

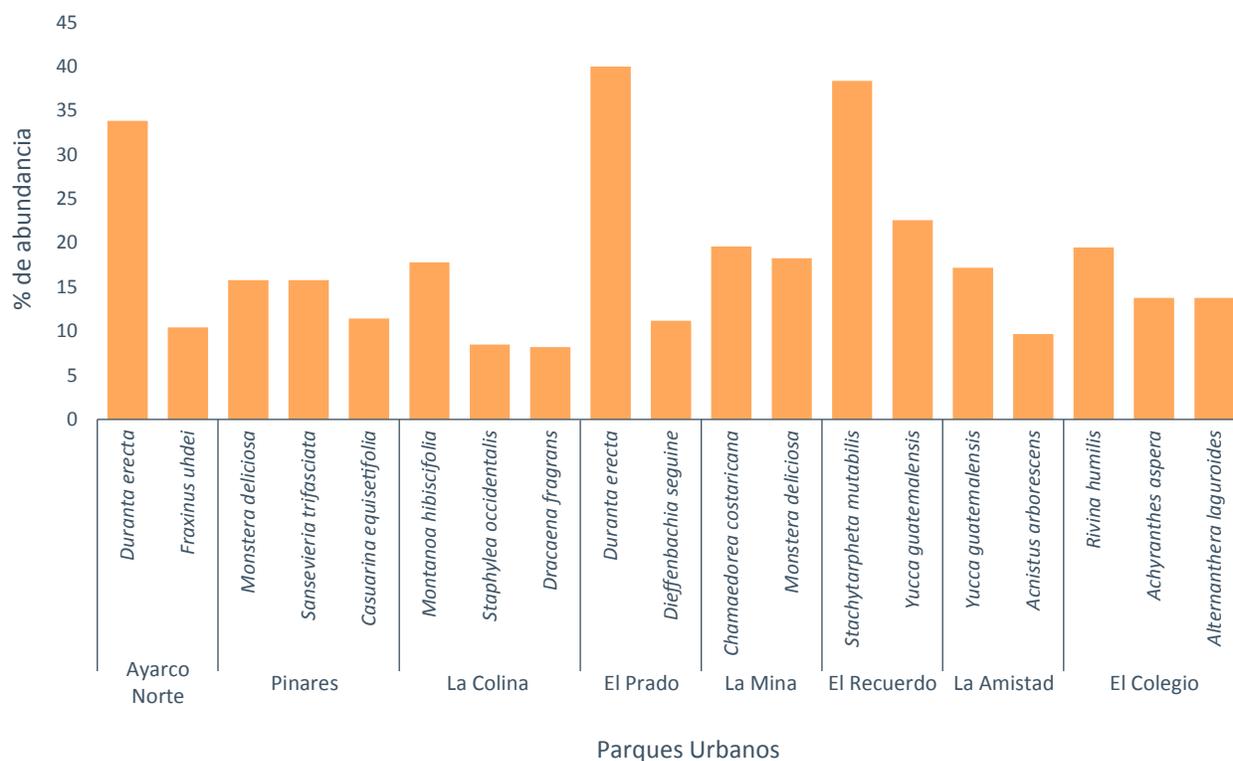


Figura 10. Especies más abundantes de angiospermas registradas en cada parque urbano durante el muestreo del 2018 y 2019.

Cambio en la Abundancia y Riqueza de Polinizadores (abejas, mariposas, murciélagos y colibríes)

La expansión urbana es una amenaza creciente para la biodiversidad, especialmente en sitios con alta riqueza de especies. Las abejas y otros polinizadores son especies amenazadas que brindan importantes servicios ecosistémicos. La abundancia y riqueza de polinizadores influyen en el rendimiento y la calidad de los cultivos y son esenciales para la productividad y adaptabilidad de las especies. No obstante, suelen ser muy sensibles a los cambios en el uso de la tierra.

Riqueza y Abundancia de Abejas

El muestreo de abejas se realizó en el año 2018 en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Prado, Área de Protección La Mina y El Recuerdo, los cuales abarcan un área total de 12 hectáreas y se encuentran en medio de las zonas de protección de los Cerros de La Carpintera, La Ventolera y Pico Blanco.

El inventario mostró un total de 14 especies de abejas, distribuidas en las familias Halictidae, Colletidae y Apidae. De los seis parques muestreados, el parque El Recuerdo contiene la mayor riqueza de especies con un 26%, seguido por Ayarco Norte con 21%, y El Prado y Pinares con 16% cada uno (Figura 11).

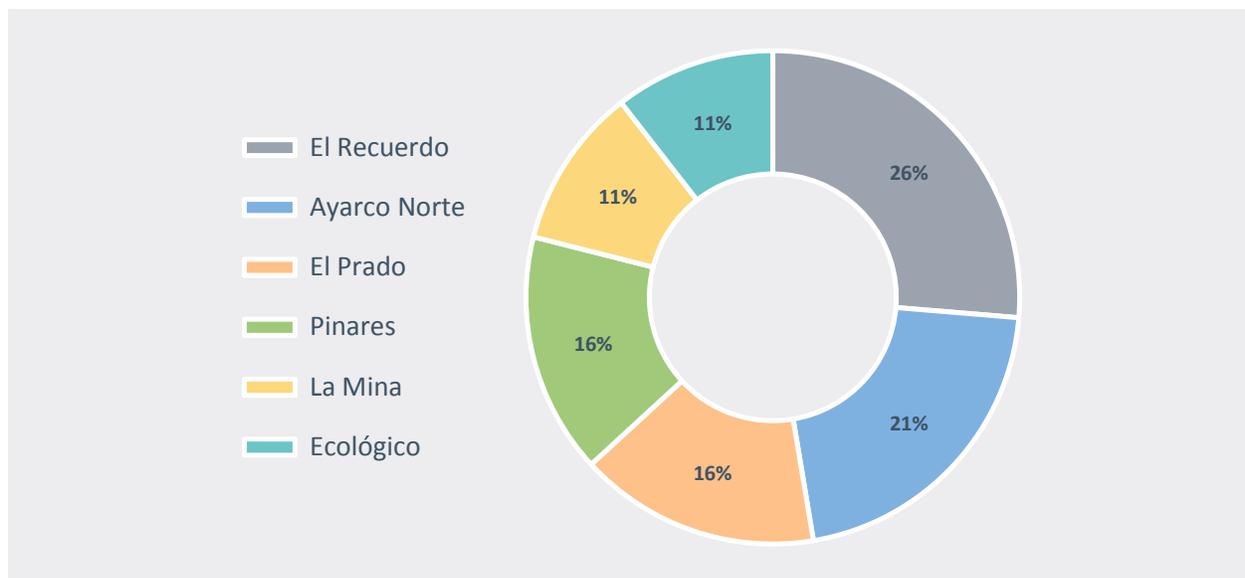


Figura 11. Riqueza (en porcentaje) de especies de abejas registradas en los parques urbanos muestreados durante el 2018 en el cantón de Curridabat.

La especie más abundante correspondió a la abeja mariola, *Trigona corvina* con 112 individuos en total encontrados en todos los parques, principalmente en el Área de Protección La Mina (46 individuos). La segunda especie más dominante fue la abeja mielera europea, *Apis mellifera*, con 51 individuos en total, observada también en todos los parques, principalmente en Ayarco Norte, representada por 24 individuos. Así mismo, *Tetragonisca angustula* y *Partamona orizabaensis* también presentaron una alta abundancia con 35 y 26 individuos en total respectivamente. El Área de Protección La Mina (*T. corvina*, 46 individuos) y el parque Ayarco Norte fueron los parques con mayor abundancia (*A. mellifera*, 26 y *T. corvina* 18 individuos, respectivamente) (Figura 12).

2.6.2 Riqueza y Abundancia de Colibríes

Durante enero, febrero y marzo del 2018 se realizaron observaciones de colibríes en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Recuerdo, El Prado y Área de Protección La Mina. El muestreo consistió en una búsqueda intensiva del área realizando recorridos a lo largo de los parques con el objetivo de abarcar 12 hectáreas en total.

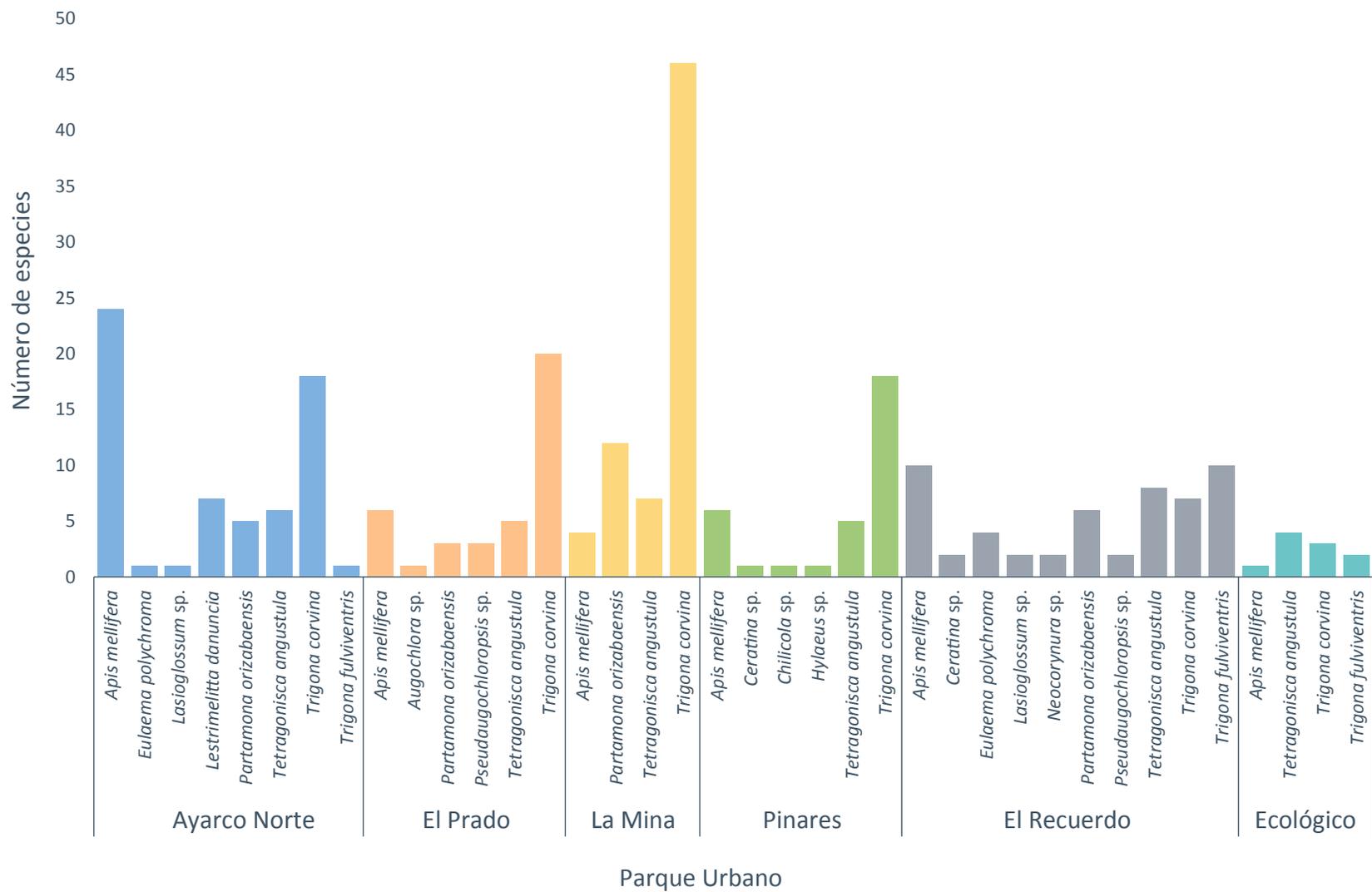


Figura 12. Abundancia de especies de abejas observadas en seis parques urbanos de Curridabat durante el 2018.

Dentro de los seis parques muestreados, se observaron 64 individuos en total distribuidos en 4 especies. La especie más abundante correspondió a la amazilia rabirrufa (*Amazilia tzacatl*) con 56 individuos en total y se encontró en los 6 sitios de estudio. Seguidamente, la amazilia culiazul (*Amazilia saucerottei*) fue la segunda especie más abundante con 5 individuos en total y se encontró únicamente en Ayarco Norte, el Parque Ecológico y Pinares. El parque de Pinares fue el único sitio donde se presentaron las 4 especies, mientras que en Ayarco Norte, El Recuerdo y el parque Ecológico se observaron solo 2 especies por parque (Figura 13).

Riqueza y Abundancia de Mariposas

El muestreo de mariposas se realizó en los meses de enero a marzo del 2018 en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Recuerdo, El Prado y Área de Protección La Mina. Durante las mañanas se colectaron individuos utilizando una red de golpe y se realizaron observaciones de interacciones polinizador-planta.

Se recolectaron 619 individuos en total pertenecientes a 69 especies (Figura 14), distribuidas en 6 familias. Las familias con mayor diversidad de especies correspondieron a Nymphalidae con 24 especies en total, Hesperiidae con 15 y Pieridae con 11 especies. Por otro lado, las familias más abundantes pertenecieron a Nymphalidae con 380 individuos en total, Pieridae con 176 y Lycaenidae con 26 especímenes.

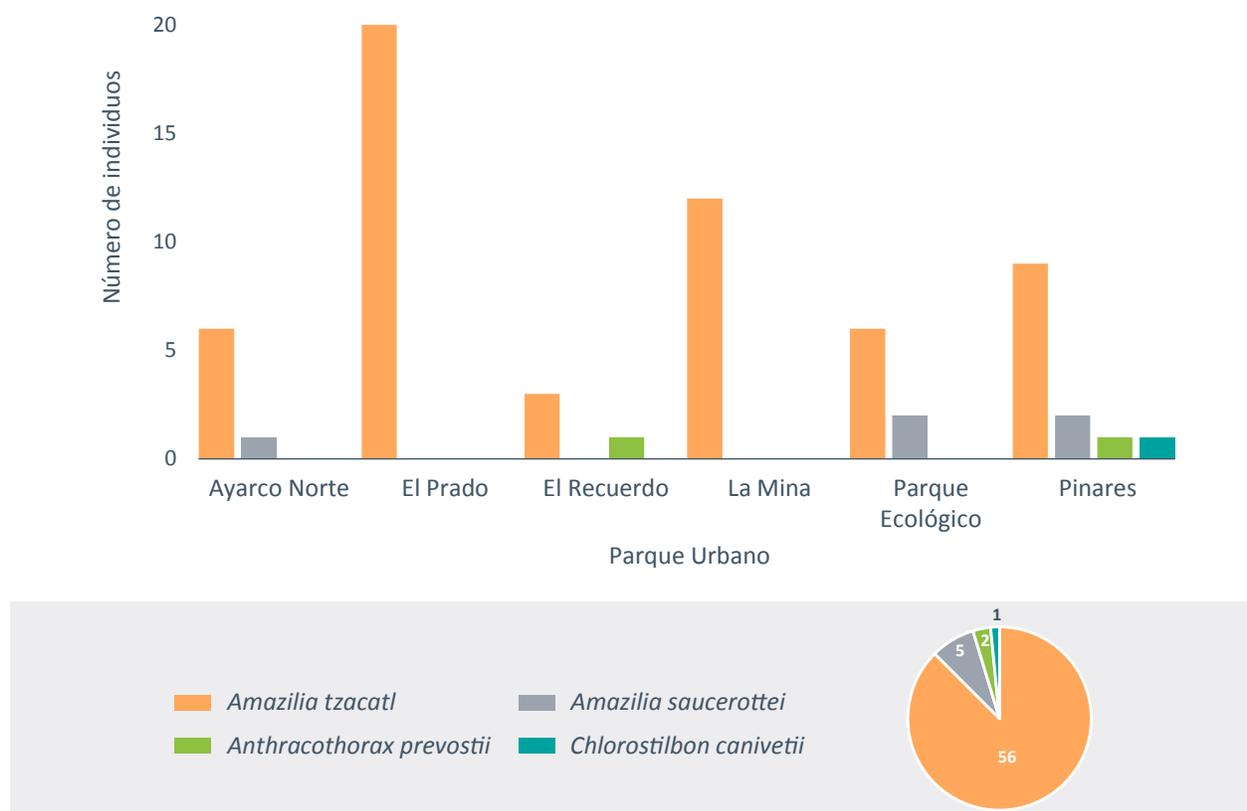


Figura 13. Riqueza y abundancia de colibríes registrados en seis parques urbanos de Curridabat durante los muestreos realizados a inicios del 2018.

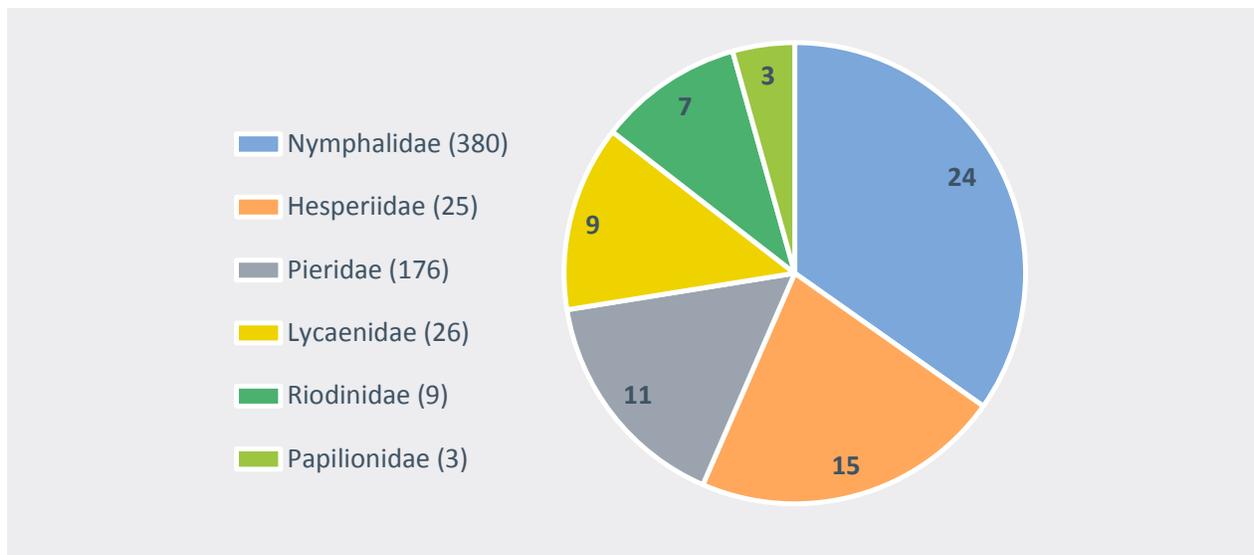


Figura 14. Familias y número de especies de mariposas colectadas durante los muestreos realizados en seis parques urbanos del cantón de Curridabat durante el 2018.

El Parque Ecológico correspondió al sitio con mayor riqueza de mariposas, seguido por El Prado y Ayarco Norte (29, 24 y 24 especies respectivamente). Así mismo, el parque Ecológico y El Prado tuvieron la mayor cantidad de individuos colectados, con 182 y 142 especímenes, seguido por el parque Ayarco Norte con 129 individuos (Figura 15).

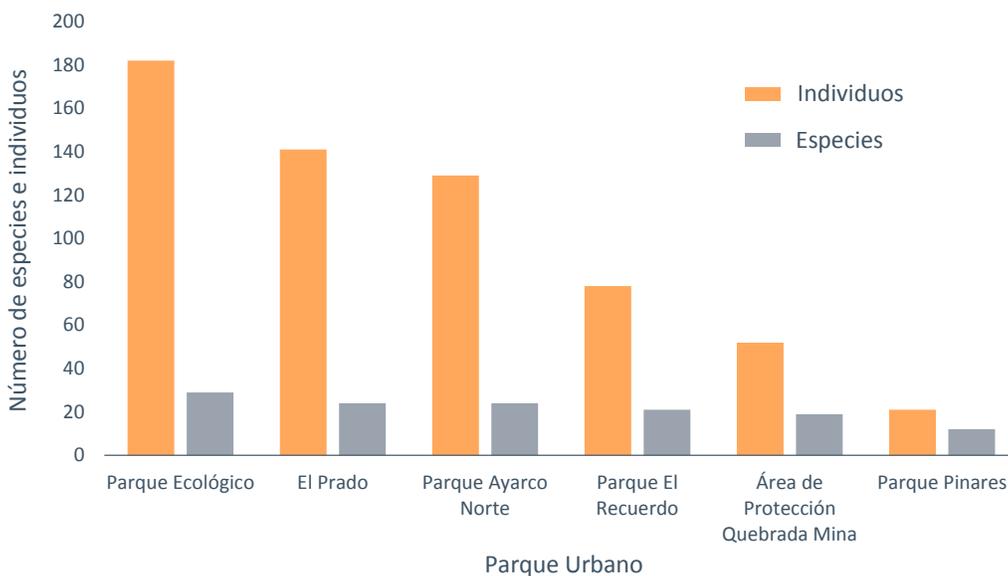


Figura 15. Riqueza y abundancia de mariposas registradas en seis parques urbanos del cantón de Curridabat durante el 2018.

Riqueza y Abundancia de Murciélagos

A finales del 2018 y principios del 2019, en horas de la tarde-noche se realizaron capturas de murciélagos en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Recuerdo, El Prado y Área de Protección La Mina. Cada parque fue muestreado dos veces en total y los individuos fueron capturados, identificados y liberados en el mismo sitio de estudio.

Dentro de los seis parques muestreados, se observaron 56 individuos en total (Figura 16) distribuidos en 8 especies, de los cuales 7 pertenecen a la familia Phyllostomidae con excepción de *Eptesicus fuscus* de la familia Vespertilionidae. La especie más abundante correspondió al murciélago frugívoro de Jamaica, *Artibeus jamaicensis* con 16 individuos en total, encontrada en cuatro de los seis parques censados y representa el 29% de la abundancia total. La segunda especie más abundante corresponde al murciélago musaraña, *Glossophaga soricina*, con 15 individuos en total, también observada en cuatro parques y representando el 27% de la abundancia encontrada. El Parque Ecológico correspondió al sitio con mayor riqueza y abundancia de murciélagos con 7 especies y 26 individuos, seguido por el Área de Protección La Mina con 5 especies y 13 individuos en total. Los parques La Amistad y El Prado presentan una riqueza similar, en ambos se encontraron únicamente 3 especies con 5 y 4 individuos en total, respectivamente (Figura 17).

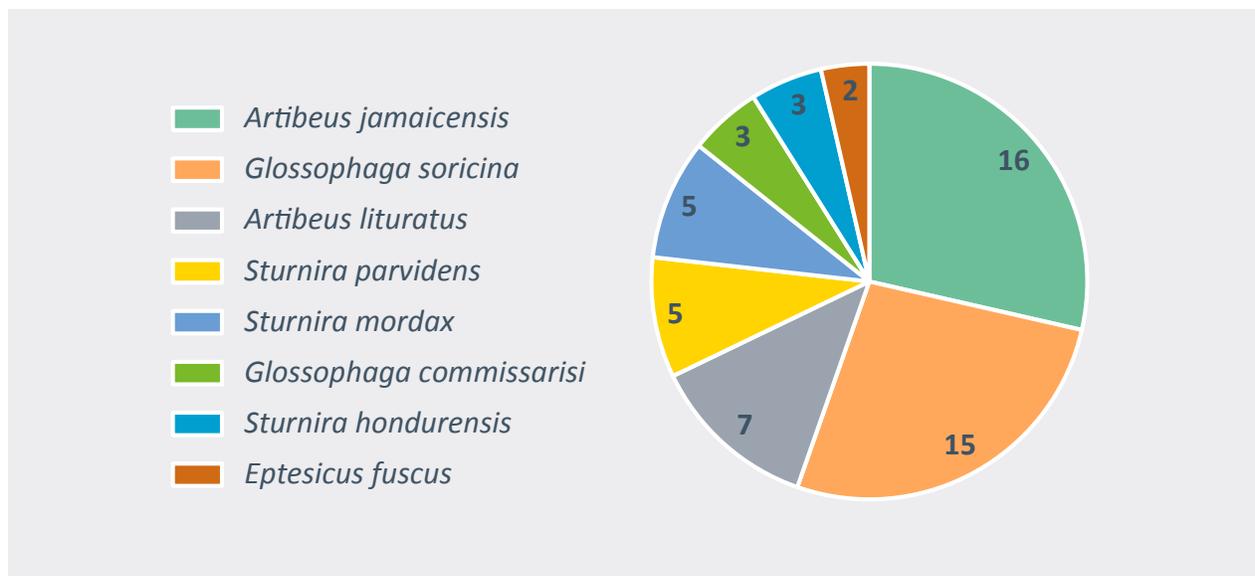


Figura 16. Riqueza y abundancia de murciélagos observados en seis parques urbanos del cantón de Curridabat durante el 2018 y 2019.

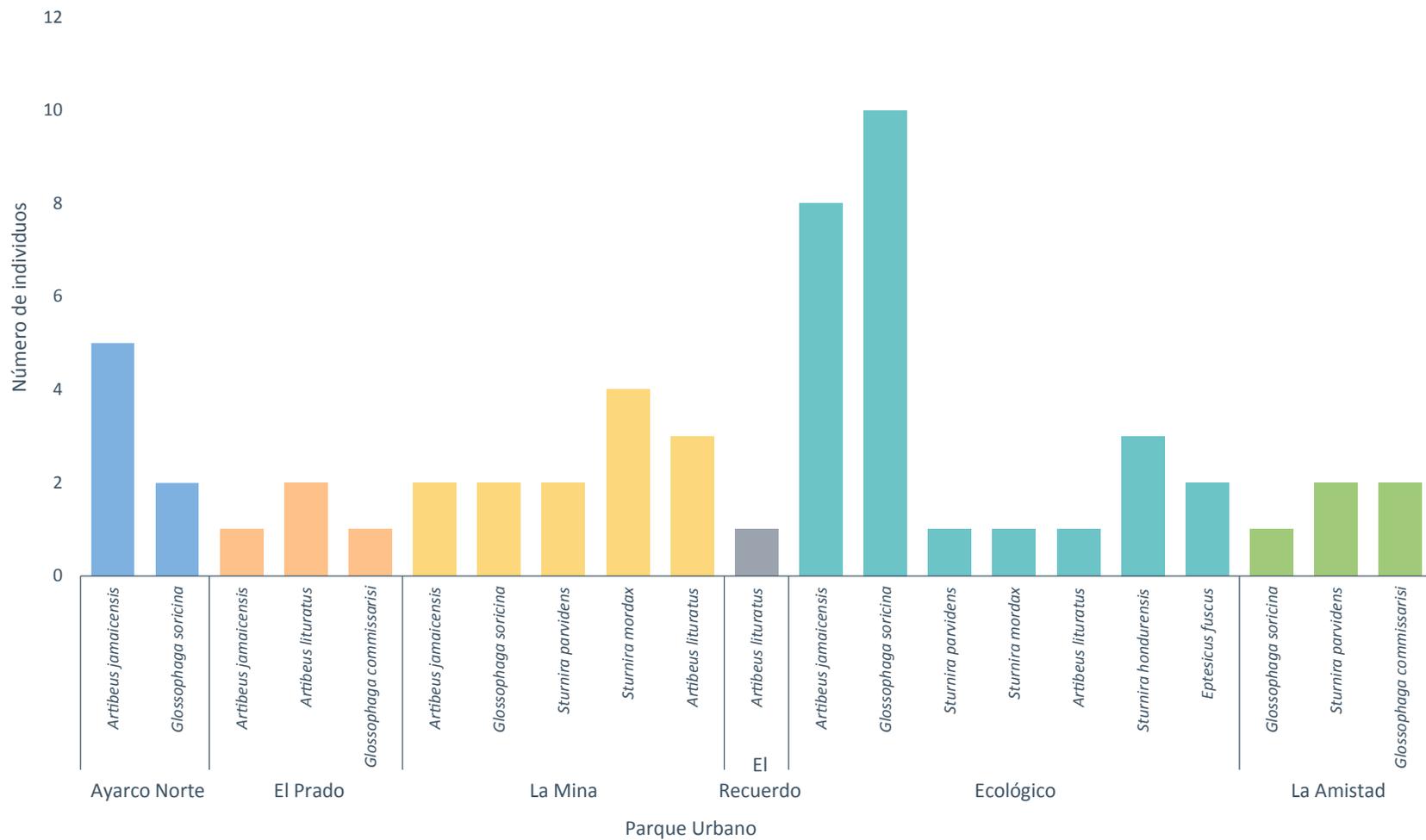


Figura 17. Abundancia de murciélagos observada durante los muestreos realizados en el 2018 y 2019 en seis parques urbanos del cantón de Curridabat.



Servicios ecosistémicos culturales

Superficie Verde por Habitante (SVHab)

La superficie verde por habitante es aquella superficie de jardines y/o parques públicos o privados que presentan vegetación (árboles y arbustos) con relación al número de habitantes. Las áreas verdes brindan espacios de recreación y sitios para realizar ejercicio, además de lugares donde la naturaleza y los ciudadanos entran en contacto, mejorando la calidad de vida de los habitantes, así como brindando hábitat para la biodiversidad.

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), los espacios verdes son considerados “imprescindibles” por los beneficios que aportan a los ciudadanos, tanto por el bienestar físico y emocional de las personas como por la contribución que aporta en la mitigación del deterioro urbanístico de las ciudades, creando un ambiente más habitable y saludable. La OMS recomienda para ciudades un mínimo de 10m² de superficie verde por habitante y preferiblemente 15 m² por habitante.

El indicador se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{SvHab (m}^2\text{/hab)} = \text{superficie verde total/número de habitantes}$$

Durante julio y agosto del 2019 se analizaron imágenes satelitales WorldView-3 de muy alta resolución (0.3 m), a través de las cuales fue posible identificar el área verde disponible por habitante. Se calcularon las siguientes variables:

1. **Espacio verde total del cantón por habitante**, el cual incluye los árboles fuera de bosque, zonas verdes, matorrales, cafetales arbolados, terrenos baldíos, parques municipales, cementerios, bosques ribereños y bosques.
2. **Espacio verde público por habitante**, conformado únicamente por los parques municipales.

Se observó que la superficie verde total del cantón tiene un valor de **95.8 m²/hab**. No obstante, dentro de éste cálculo se incluyen espacios verdes que no necesariamente son de uso público. El distrito de Sánchez presenta el valor más alto de espacio verde total por habitante, correspondiente a **422.3 m²**, seguido de Granadilla, Curridabat y por último Tirrases (Cuadro 5).

Por otro lado, si analizamos únicamente el espacio verde público disponible para los habitantes (conformado por parques municipales), se observa que para el cantón de Curridabat este valor se reduce a 7.5 m²//hab, casi 13 veces menos del espacio verde total por habitante (Figura 18). En todos los distritos se presenta una tendencia similar donde el espacio verde público disponible es menor de lo mínimo recomendado, con excepción del distrito de Sánchez que cuenta con 19 m² por habitante.

Cuadro 5. Espacio verde total y espacio verde público por habitante de los distritos y del cantón de Curridabat.

	Espacio verde total (m ² /hab)	Espacio verde público (m ² /hab)
Distrito Curridabat	59.9	6.6
Distrito Granadilla	100.8	8.5
Distrito Sánchez	422.3	19
Distrito Tirrases	43.7	4.3
Cantón Curridabat	95,8	7.5

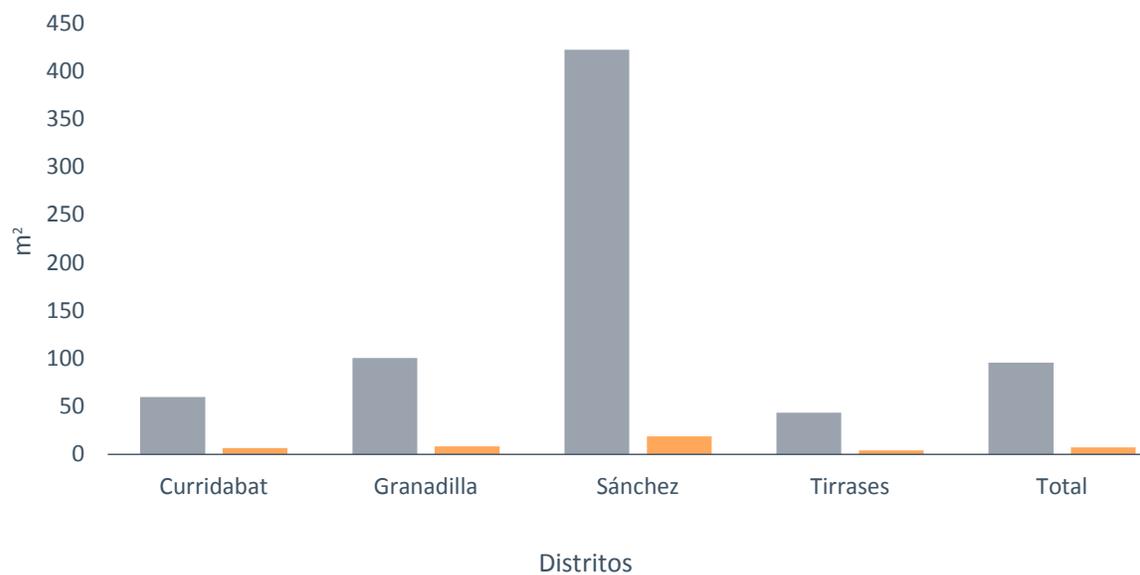


Figura 18. Espacio verde total por habitante y espacio verde público por habitante presente en los 4 distritos de Curridabat para el periodo 2019.



Servicios ecosistémicos de soporte

Cambio en la Riqueza y Abundancia de Especies de Peces

Los recursos acuáticos en las ciudades son constantemente afectados por el ser humano y por los procesos de urbanización. Se sabe que niveles relativamente bajos de urbanización en las cuencas (entre 10 a 20%) pueden ocasionar cambios significativos en la riqueza, densidad y biomasa de peces, así como también, en los cambios estructurales de las poblaciones. Los procesos de urbanización también generan una disminución en la integridad biótica de los cuerpos de agua, donde se observan aumentos de especies muy tolerantes y exóticas y una disminución o extinción de especies muy sensibles. Para poder proteger los sistemas fluviales, es necesario conocer la biodiversidad presente y el impacto que genera el cambio del uso del suelo.

En diciembre del 2018 y enero y febrero del 2019, se establecieron 13 sitios de muestreo en las quebradas Rusia, Norte, Granadilla, Cas, Pío y en los ríos Puruses, María Aguilar, Tiribí y Chagüite. En cada sitio se establecieron transeptos de 100 metros y con la ayuda de la red de mano y una atarraya, se registraron las especies de peces presentes. Los ríos María Aguilar y Tiribí fueron muestreados en varias secciones del cauce por su importancia dentro del cantón.

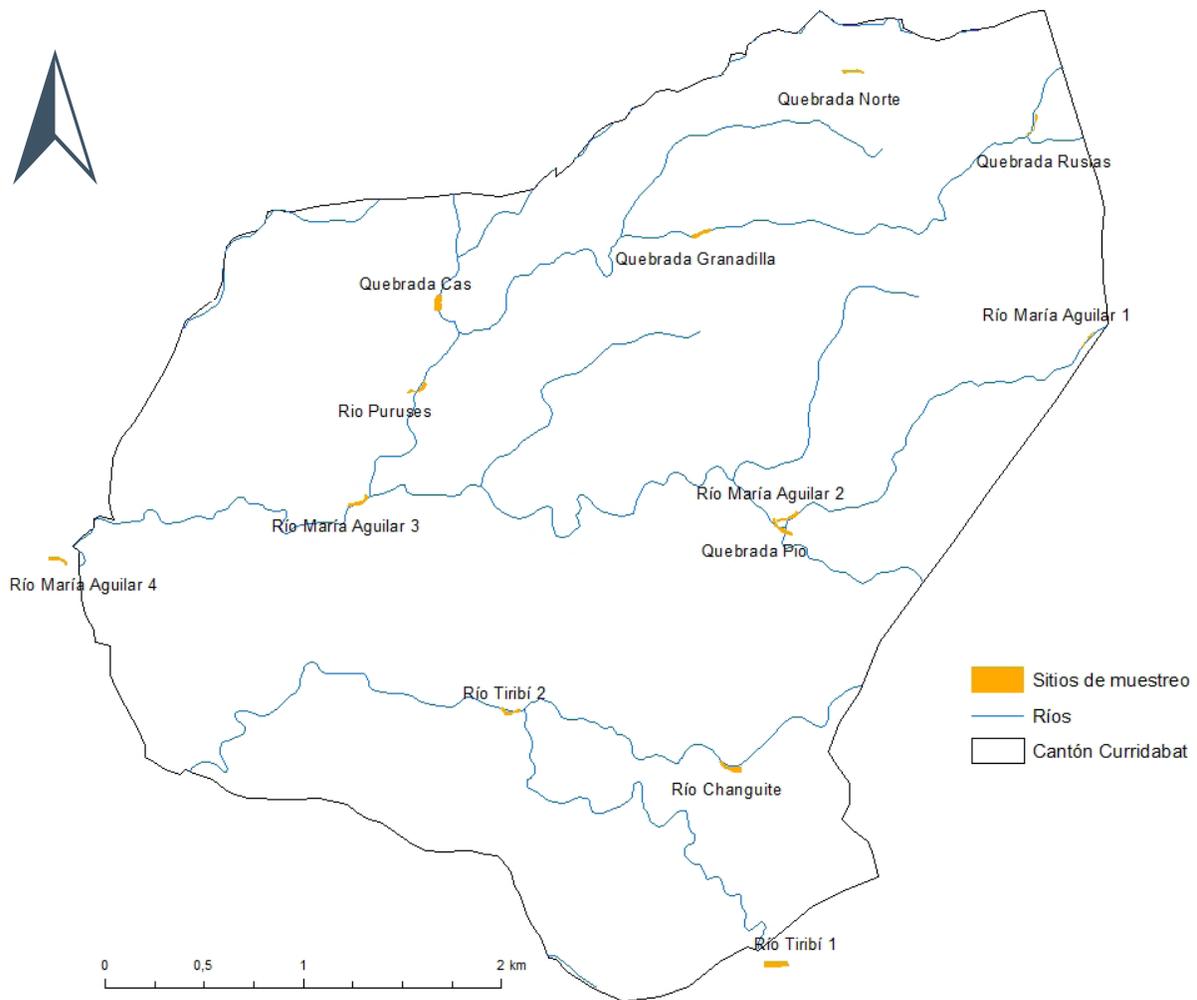


Figura 19. Quebradas del cantón de Curridabat donde se realizaron muestreos de peces durante el 2018 y 2019.

En total se registraron 3.359 individuos distribuidos en cinco especies y tres familias. La especie más abundante correspondió a *Poecilia reticula* con 1.418 individuos representando el 42% de la abundancia total, la cual fue observada en todos los sitios de muestreo con excepción de las quebradas María Aguilar 2 y 3. La segunda especie más abundante consistió en *Poecilia gillii* con 371 individuos (11%), encontrada en 10 de las quebradas estudiadas. El 45% de la abundancia total fue reportada por especímenes que no lograron ser identificados a nivel de especie, pertenecientes a la familia Poeciliidae. El restante 2% consistió en individuos de *Astyanax aeneus*, *Priapichthys annectens*, *Rhamdia laticauda* y *Rhamdia* sp (Figura 20).

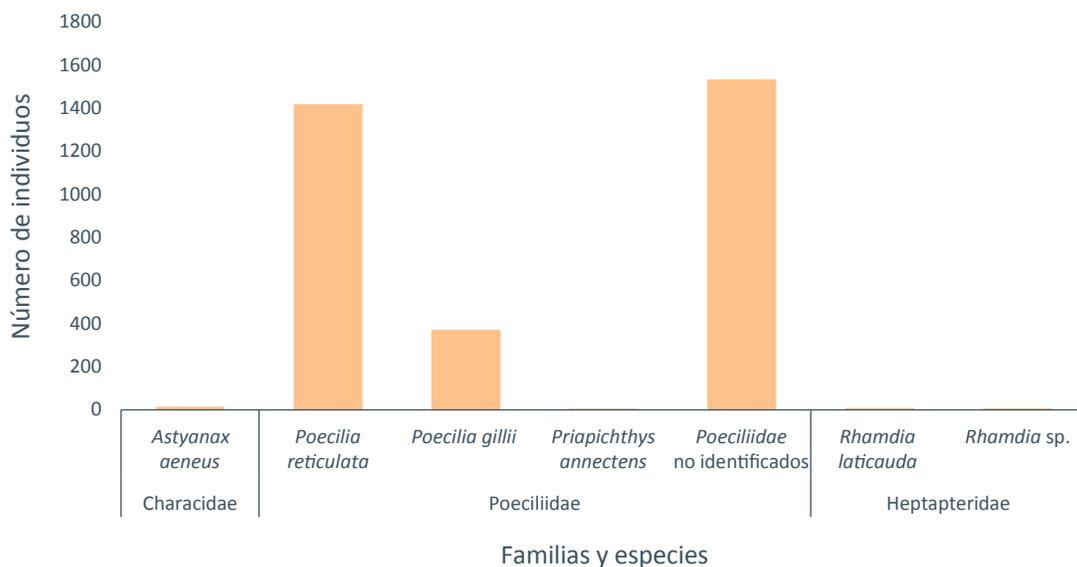


Figura 20. Riqueza y abundancia de peces registrados en 13 sitios de muestreo en distintas quebradas del cantón de Curridabat durante 2018 y 2019.

En la siguiente figura se muestra que la quebrada Las Rusias correspondió al sitio con mayor cantidad de individuos de distintas especies, seguida por quebrada María Aguilar 1 y quebrada Cas con 1.205, 873 y 353 individuos en total respectivamente.



Figura 21. Número de individuos de peces registrados en las distintas quebradas del cantón de Curridabat.

Proporción de Áreas Naturales o Semi-Naturales en la Ciudad

Las áreas naturales y semi-naturales se definen como aquellas áreas que no son altamente perturbadas o paisajes creados por el ser humano. Algunos ejemplos incluyen las áreas de bosque, manglares, cuerpos de agua naturales, sabanas, entre otros. Estos ecosistemas naturales o semi-naturales albergan una mayor diversidad de especies que en sitios perturbados o en paisajes artificiales. Por lo tanto, entre mayor es el porcentaje de áreas naturales y semi-naturales con relación al área total del cantón, se espera que exista una mayor riqueza de especies.

En julio y agosto del 2019 se analizaron imágenes satelitales WorldView-3 de muy alta resolución (0.3 m), en las cuales se logró identificar las áreas naturales y seminaturales del cantón de Curridabat.

Se encontró que un 16.7% del área está cubierto por áreas naturales, representada principalmente por bosque con un 10.6% y en menor cantidad por bosque ribereño con 6.1%. A lo largo de todos los distritos se encuentran parches de bosque, siendo el de mayor tamaño el parche encontrado en el distrito de Tirrasas cerca de La Colina, seguido por el fragmento de bosque ubicado en el distrito de Curridabat (Figura 22).

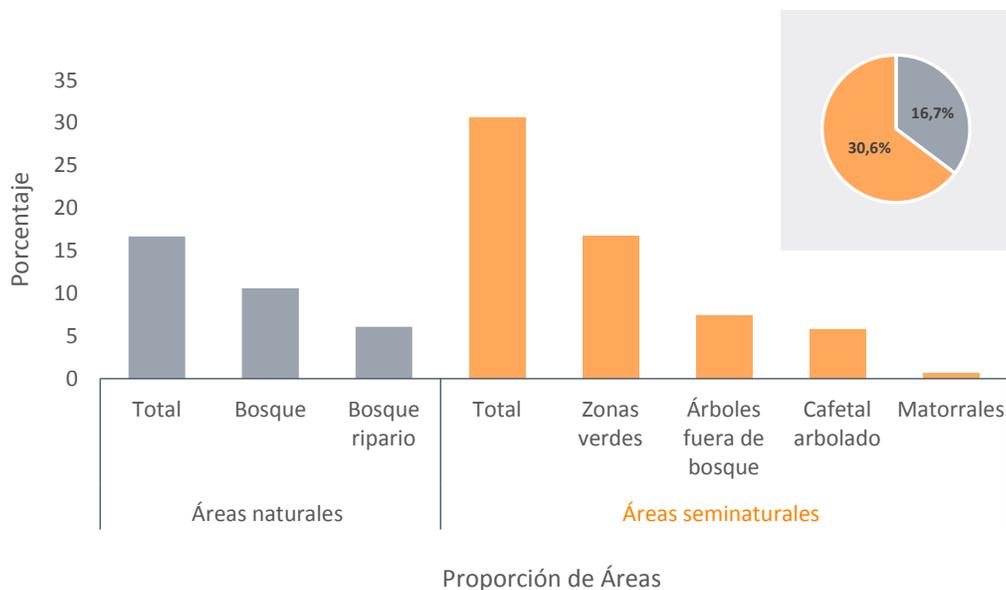


Figura 22. Porcentaje de áreas naturales y seminaturales presentes en el cantón de Curridabat en el periodo 2019.

Por otro lado, las áreas seminaturales representadas por las zonas verdes, los árboles fuera del bosque, los cafetales arbolados y los matorrales representan el 30.6% del área total del cantón. Del total de las áreas seminaturales, el 16.8% corresponde a las zonas verdes, seguido por los árboles fuera del bosque con 7.4%, los cafetales arbolados con 5.8% y en una proporción muy baja los matorrales representando únicamente 0.6% del área. En general se observa que el cantón de Curridabat presenta casi el doble de las áreas seminaturales con respecto a las áreas naturales.

Proporción del Área Cubierta por Vegetación Ribereña

Los corredores ribereños son ecosistemas de gran importancia ya que sostienen la vida de muchos organismos. En estos ecosistemas, las plantas proveen de nutrientes y hábitat a organismos terrestres y acuáticos. Estos ambientes cuentan además con un importante valor ecológico, ya que proporcionan una amplia gama de funciones físicas, hidrológicas, biológicas y químicas. La protección de los corredores ribereños ofrece múltiples beneficios: 1) reducción de inundación y erosión, 2) filtración de escorrentía de aguas pluviales, 3) sombreado bioclimático de la corriente, 4) reducción de los procesos de contaminación y 5) promoción de la conectividad de hábitat para la fauna. Promover la conectividad del paisaje se ha convertido en una prioridad de conservación global para mitigar los cambios antropogénicos generados en el paisaje y su impacto en la biodiversidad.

A mediados del 2019 se analizaron imágenes satelitales WorldView-3 de muy alta resolución (0.3 m), donde se logró identificar la superficie cubierta por vegetación ribereña en el cantón de Curridabat. Se observó que 10.6% del área total del cantón cuenta con bosque en los márgenes de los ríos, en mayor proporción en la quebrada Granadilla, en el río María Aguilar en el tramo ubicado en el distrito de Sánchez y en el río Tiribí en la sección del distrito de Curridabat (Figura 23). Por otro lado, la quebrada Zopilote, un tramo del río Ocloro y uno de los afluentes de la quebrada Granadilla se encuentran desprovistos de vegetación.

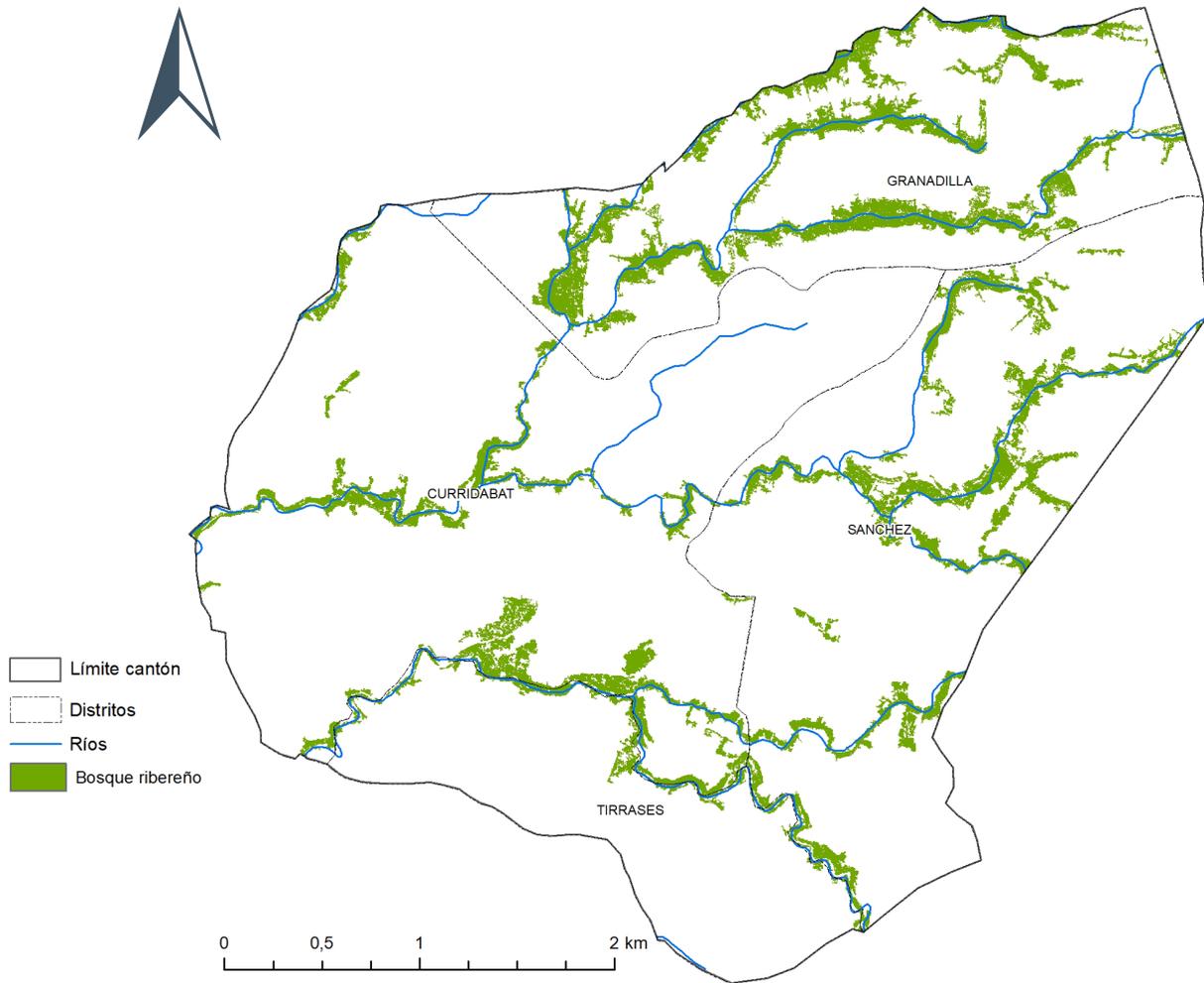


Figura 23. Bosque ribereño presente en el cantón de Curridabat.

Proporción de Áreas Verdes en las Escuelas, Colegios y Universidades

Las áreas verdes urbanas son espacios dentro de la ciudad o en la periferia ocupada por árboles, arbustos, plantas leñosas o herbáceas, usados para la recreación, conservación, rehabilitación, recuperación, entre otros. Las áreas verdes brindan una serie de beneficios, entre ellos, salud, longevidad, salud física y mental, desarrollo infantil, todos factores importantes para el desarrollo sostenible económico y social. El acceso a los espacios verdes juega un papel muy importante en aquellas ciudades amigables con los niños, permitiendo una mejoría en su desarrollo físico y emocional. En áreas altamente urbanizadas, existe una mayor probabilidad de combatir el sobrepeso entre los niños que se encuentran más próximos a áreas verdes, ya que tienen una mayor accesibilidad a juegos infantiles y vegetación, aumentando su actividad física.

En el 2019 se analizaron imágenes satelitales WorldView-3 de muy alta resolución (0.3 m), en las cuales se logró identificar la superficie de áreas verdes presentes en los centros educativos del cantón de Curridabat. Se analizaron los centros educativos en dos grupos, aquellos que presentan más de una hectárea de área verde, siendo principalmente los colegios y las universidades, y los que cuentan con menos de una hectárea de área verde, representado en su mayoría por las escuelas.

Se encontraron 10 centros educativos de colegios y universidades con una extensión total de 20 ha, de los cuáles 11.5 ha corresponden a áreas verdes. Por otro lado, se identificaron 37 escuelas en el cantón que suman 15 ha en total, de las cuáles únicamente 4.06 ha cuentan con áreas verdes (Figura 24). Por lo tanto, en los colegios y universidades el 57% del área presenta áreas verdes, mientras que las escuelas únicamente el 27% del área es cubierto por zonas verdes.

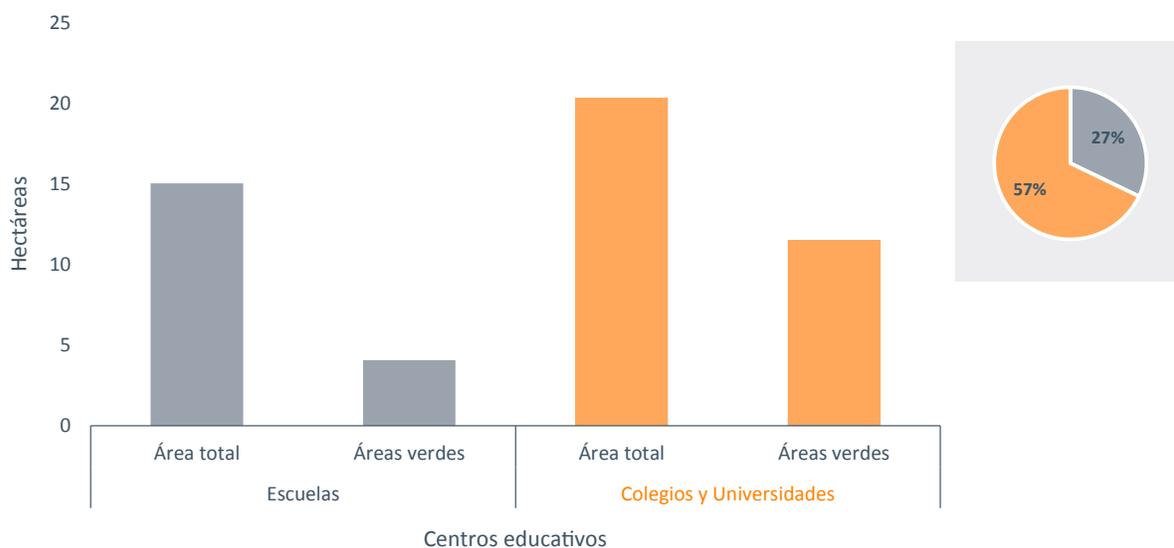


Figura 24. Proporción de áreas verdes de los centros educativos del cantón de Curridabat.

Cambio en la Densidad Arbórea

Las áreas verdes y árboles urbanos pueden mejorar la calidad de vida de los residentes, brindando espacios de recreación y mejorando el bienestar psicológico y físico de los individuos. Así mismo, los árboles urbanos proveen servicios ecosistémicos que ayudan a mantener la integridad ecológica de ciudades que se encuentran en constante crecimiento, a través del secuestro de carbono, manejo de cuencas, modificación de la temperatura y conservación de la biodiversidad. Los árboles juegan un papel muy importante en el aumento de la biodiversidad urbana, ya que proveen de hábitat y recursos para la flora y fauna.

A inicios del 2018 se realizó un censo de árboles mayores a 15 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) en los parques del cantón y en las zonas de protección de los márgenes de los ríos, exceptuando el río María Aguilar. En total se muestrearon 134 parques representando 35.4 ha y 25 parcelas (0.05 ha cada una) en las zonas de protección sumando en total 1.25 ha.

En la siguiente figura se observan los 10 parques urbanos que presentaron el mayor número de árboles (Figura 25). En los parques se encontró una densidad arbórea de 61 individuos por hectárea, siendo el Parque Ecológico, el Parque de Las Embajadas y el Parque de Perros El Ranchito los tres sitios con mayor número de árboles. En las zonas de protección, se encontró una densidad arbórea de 173.6 individuos de árboles por hectárea.

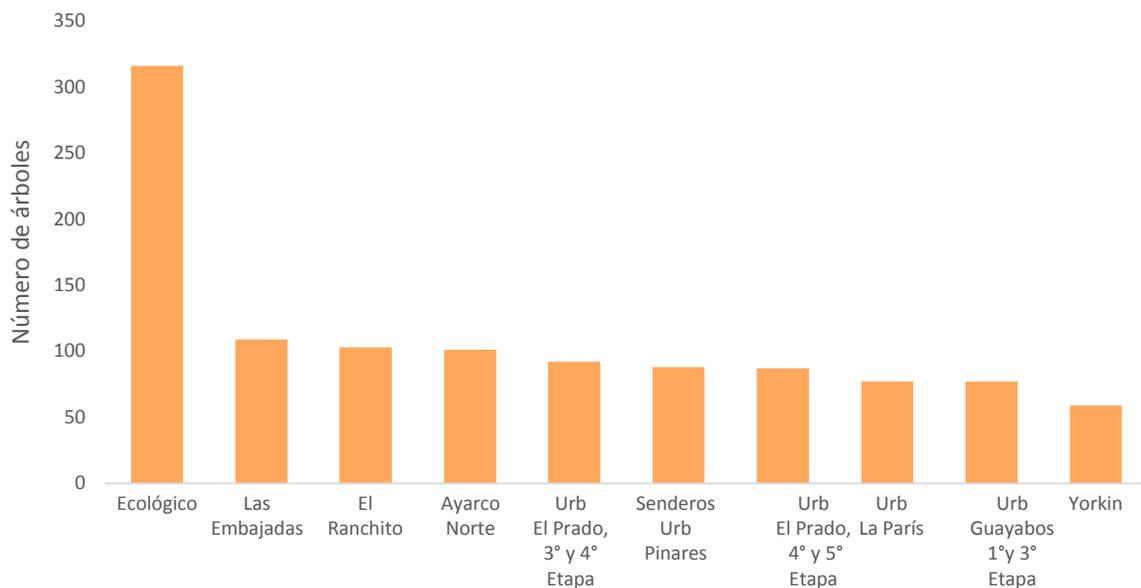


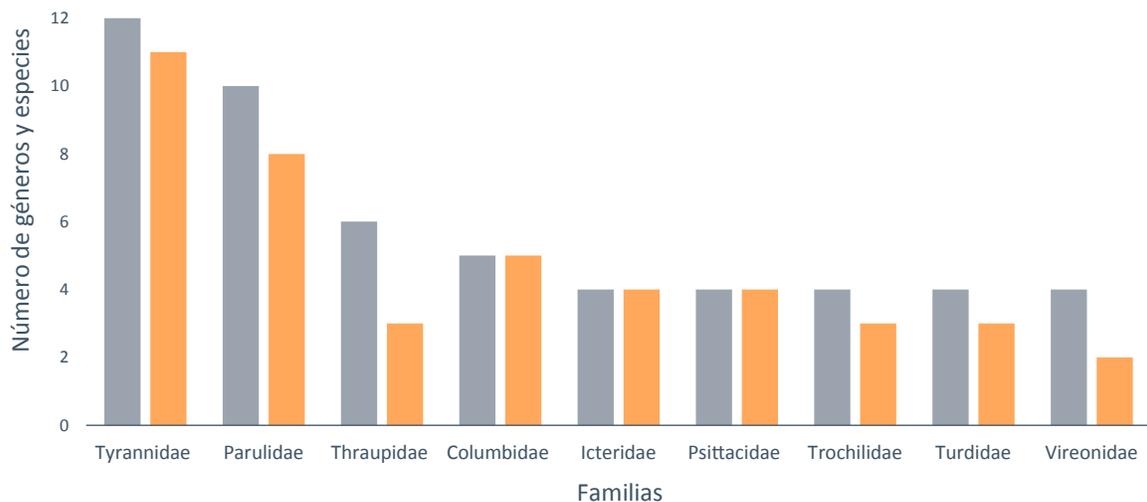
Figura 25. Número de árboles presentes en los parques urbanos del cantón de Curridabat.

Cambio en la Riqueza de Aves

Muchos estudios han demostrado que la expansión de las áreas urbanas puede tener impactos significativos en la evolución y ecología de las poblaciones e incluso en los ecosistemas. Recientemente un estudio a nivel global demostró que la urbanización disminuyó la riqueza de especies de aves, sin embargo, no afectó tanto a las poblaciones de especies nativas. Dichos resultados fueron confirmados en estudios locales, encontrando que la riqueza y abundancia de aves en áreas urbanas pueden utilizarse como indicadores de pérdida de biodiversidad con relación a contextos rurales. Los espacios verdes urbanos contribuyen a sitios de refugios para las aves y generalmente albergan un alto número de especies.

Durante enero, febrero y marzo del 2018 se realizaron observaciones de aves en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Recuerdo, El Prado y Área de Protección La Mina. El muestreo consistió en una búsqueda intensiva del área realizando recorridos a lo largo de los parques con el objetivo de abarcar 12 hectáreas en total.

Dentro de los seis parques muestreados, se observaron 87 especies en total distribuidas en 26 familias. Tyrannidae, Parulidae, Thraupidae y Columbidae corresponden a las familias que presentan mayor número de géneros y especies (Figura 26). El parque de Ayarco Norte consistió en el sitio con mayor riqueza de especies con 58, seguido del Área de Protección La Mina con 54 y el parque Ecológico con 51 especies; en estos tres parques se encontró el 64% de la diversidad presente en el área de estudio (Figura 27).



■ Especies ■ Géneros

Figura 26. Familias de aves registradas en los seis parques urbanos estudiados del cantón de Curridabat que cuentan con el mayor número de géneros y especies.

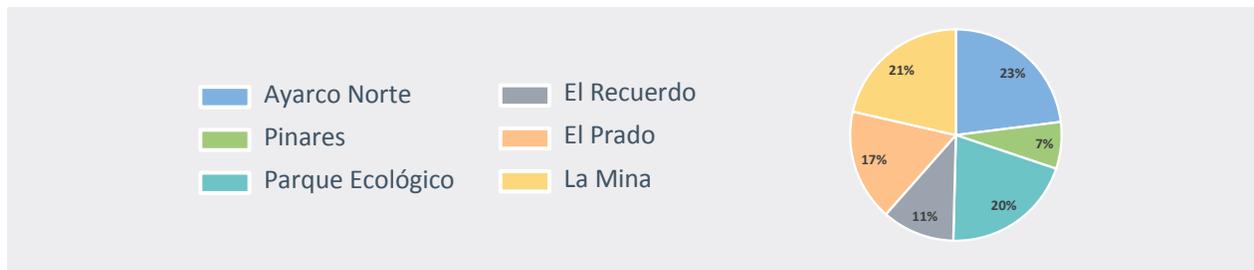
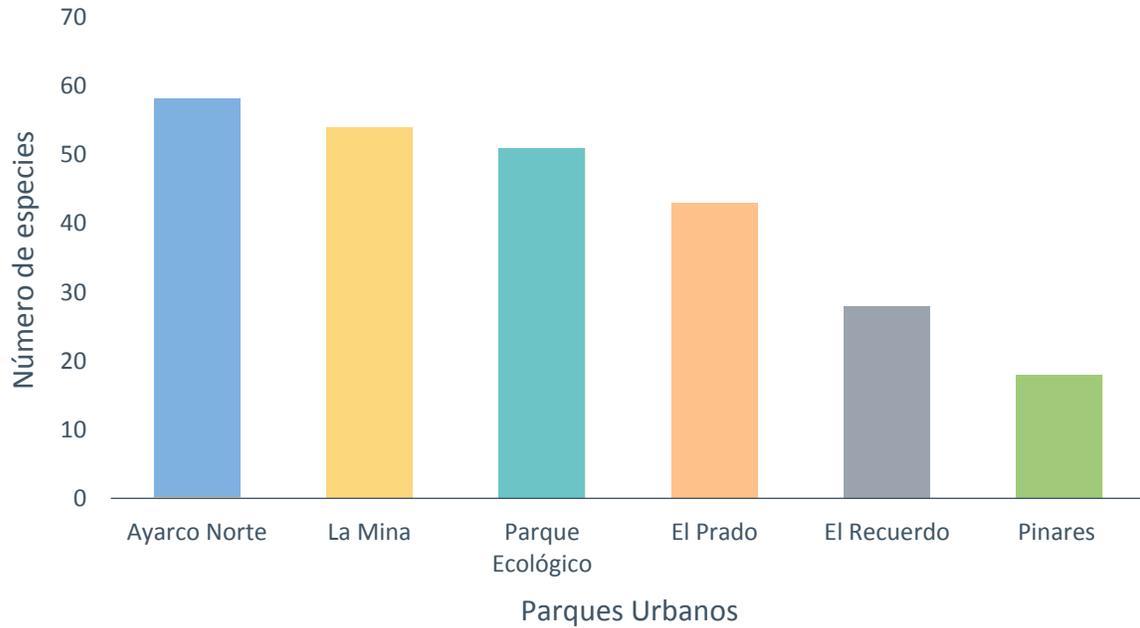


Figura 27. Riqueza de especies de aves observadas en los seis parques urbanos muestreados en el cantón de Curridabat a inicios del 2018.

Cambio en el Número de Especies Nativas de Flora

La sobrevivencia humana depende en gran medida de la biodiversidad, debido a que ésta afecta los procesos y funciones de los ecosistemas, y, por lo tanto, a su vez los servicios ecosistémicos. Si bien las ciudades solo representan un 3% de la superficie de la Tierra, generalmente se encuentran ubicadas en áreas donde existían ecosistemas de gran importancia o en sitios de alta riqueza de especies, siendo uno de los factores que determinan el alto impacto de las ciudades sobre la biodiversidad y la razón por la cual es posible encontrar altas tasas de riqueza de especies en sitios urbanizados. Las áreas urbanas, con sus paisajes altamente transformados y los rápidos cambios causados por el ser humano a los ecosistemas locales, son reconocidas como un importante impulsor del cambio en la biodiversidad.

A principios y a finales del 2018, se realizaron inventarios de flora en los parques Ayarco Norte, Pinares, Parque Ecológico, El Prado, Área de Protección La Mina y parque El Recuerdo y posteriormente en enero del 2019, se muestrearon los parques La Amistad y la Reserva El Colegio.

De toda la información colectada, se registraron 415 especies nativas de flora distribuidas en 103 familias, siendo Fabaceae y Asteraceae las familias con mayor número de especies con 56 y 45 especies respectivamente (Figura 28). Se observó que el 79% de las familias presentes en el cantón están representadas por 1 a 5 especies, el 17% de las familias por 6 a 10 especies, mientras que únicamente el 3% de las familias cuentan con más de 15 especies representadas. No se obtuvo información de la abundancia de las especies nativas.

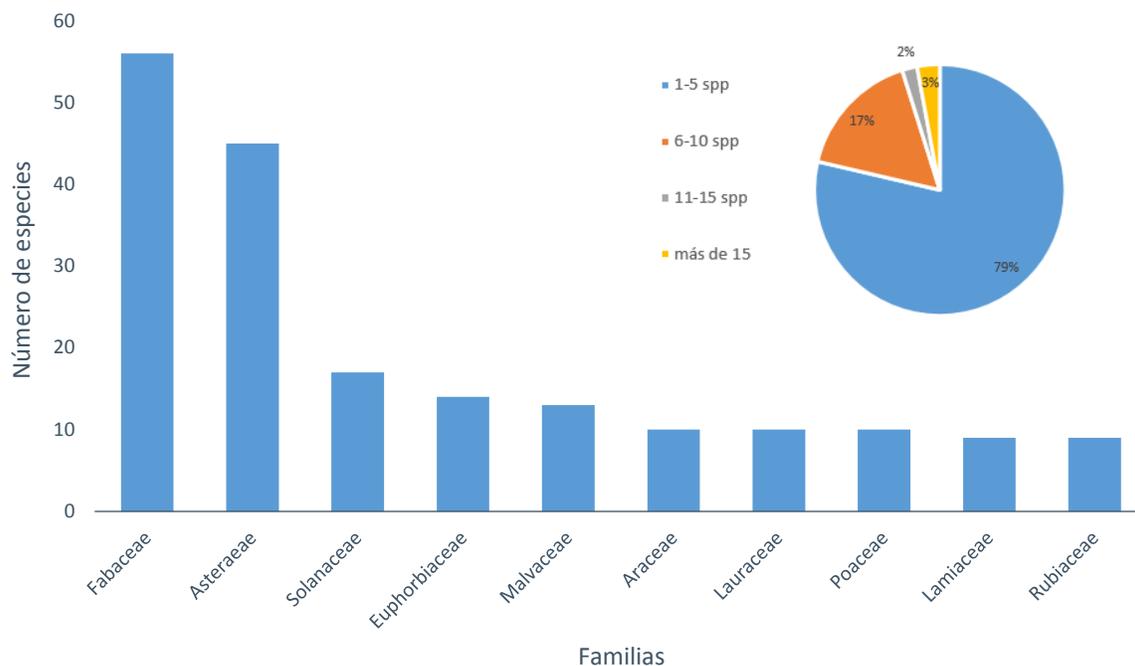


Figura 28. Número de especies nativas de flora presentes en las familias más abundantes encontradas en ocho parques urbanos del cantón de Curridabat.



Observaciones y limitaciones de los datos de línea base existentes

En la publicación “Sistema de monitoreo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en el cantón de Curridabat” publicado a inicios del presente año, se propusieron protocolos para la medición de 23 indicadores. Durante el periodo 2018 y 2019, la municipalidad de Curridabat realizó esfuerzos para coleccionar información de muchos de los indicadores propuestos. Sin embargo, a pesar de los estudios, inventarios y monitoreos realizados, aún no se cuenta con información de todos los indicadores, motivo por el cual en el presente informe solo se describe la línea base de 15 de ellos.

A continuación, se muestra un cuadro con los indicadores que no fueron incluidos en el presente documento por falta de información de línea base y se mencionan los estudios o información que podría recolectarse para obtener los datos adecuados de línea base de cada indicador.

Cuadro 6. Indicadores que requieren de información de línea base para ser incluidos dentro del sistema de monitoreo de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Indicador	Inventarios, estudios o variables que deben colectarse para obtener información de línea base
Cambio en el área y volumen de producción de huertos urbanos	Identificar los huertos urbanos en cada distrito, medir el área total de cada huerto y conocer la cantidad de alimentos producidos por mes y/o por año.
Caudal del agua de los ríos y quebradas del cantón	Medir el caudal en diferentes segmentos de los ríos y quebradas del cantón de Curridabat.
Cambio del ruido ambiental	Con la ayuda de un equipo sonómetro y estableciendo una cuadrícula en el área de interés, colocar estaciones de medición del ruido y caracterizar cada sitio de muestreo anotando las características de las fuentes de ruido presentes.
Índice Costarricense de Calidad del Aire (ICCA)	Realizar muestreo de gases a través del 1) método de extracción o activo con la ayuda de un colector, del 2) análisis in situ utilizando equipos que miden los diferentes gases (SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃ y CO) o 3) del método pasivo donde se mide la concentración promedio de los gases durante semanas o meses.
Almacenamiento y secuestro de carbono	Realizar un inventario forestal para el almacenamiento y secuestro de carbono, determinando las toneladas de CO ₂ /ha presentes en el cantón ¹ .
Número y área de sitios de importancia (espacios de yoga, bibliotecas móviles, espacios de ejercicio, parques de perros) para los habitantes	Identificar el número y medir el área total de los sitios de importancia para los habitantes del cantón.
Cambio en la cobertura del uso del suelo	Para poder identificar los cambios que se presentan en el uso del suelo, es necesario volver a repetir el análisis a mediano plazo, se recomienda volver a repetirlo en 5 años.
Porcentaje de la población que visita parques o áreas verdes diariamente y su tiempo de visita	Realizar entrevistas a los habitantes del cantón para identificar el porcentaje de personas que utilizan los parques y cuánto tiempo permanece en el lugar ² .

- 1 En el 2018 se desarrolló un inventario forestal para el almacenamiento y secuestro de carbono en el cantón de Curridabat, sin embargo, no fue posible utilizar los resultados del informe como línea base ya que no se explica claramente si los valores de toneladas de CO₂ presentados se encuentran por parque o por hectárea. Por otro lado, los valores de ton/CO₂ presentados en el informe de Curridabat, se encuentran en muchos de los casos por encima de valores presentados en el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (2014-2015) para ecosistemas similares.
- 2 A finales del 2018 se realizó un estudio de cuantificación de usuarios en parques y otras características afines en el cantón de Curridabat, sin embargo, las entrevistas estuvieron enfocadas únicamente a las personas que visitan los parques. El indicador Porcentaje de la población que visita parques o áreas verdes diariamente y su tiempo de visita requiere de información no solamente de las personas que visitan los parques si no de la población en general. El propósito es conocer cuál es la proporción de los habitantes que utilizan los parques y las áreas verdes y cuánto tiempo le dedican a disfrutar del lugar.



Recomendaciones

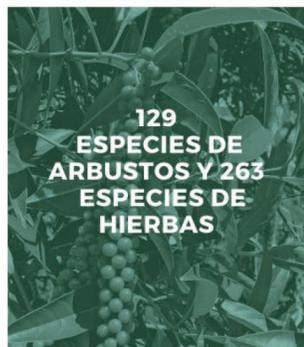
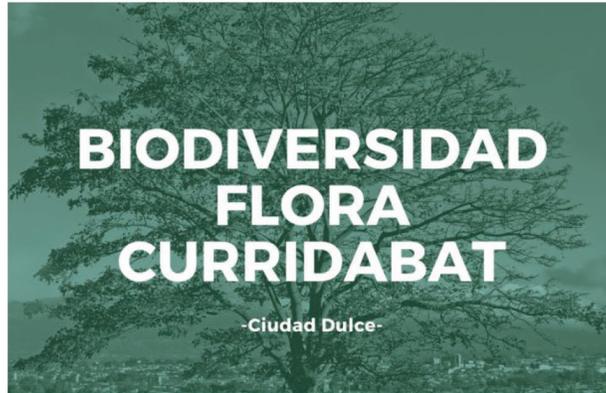
- Con el objetivo de poder darle continuidad al monitoreo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos presentes en el cantón, será imprescindible actualizar la información de los indicadores y ampliar la caracterización de la biodiversidad en Curridabat para alimentar el sistema de monitoreo.
- El monitoreo de los indicadores analizados se basa en la disponibilidad de datos. La disponibilidad de información sobre la biodiversidad urbana requerirá más recolecta de datos y procesamiento para caracterizar plenamente la biodiversidad. Es fundamental poder proporcionar una caracterización completa de la biodiversidad en la ciudad. Muchos de los indicadores mencionados en este informe cuentan con información únicamente a nivel de parques y/o aceras, por lo que se recomienda el monitoreo a otras áreas de la ciudad, que permitan abarcar otros ecosistemas y espacios urbanos del cantón con el fin de obtener un panorama más completo de la biodiversidad presente.
- La ciencia ciudadana presenta un gran potencial para mejorar la disponibilidad de la información en el cantón. Se recomienda proponer iniciativas orientadas a la ciencia ciudadana para mejorar y expandir la colecta de datos a través de la aplicación BioCurridabat.
- En muchas ocasiones las especies indicadoras son más fáciles de monitorear que la biodiversidad en general. Al contar con información de la biodiversidad del cantón, es posible seleccionar especies clave para monitorear. Además, se recomienda incluir especies de hongos como indicadores de la calidad del suelo y del hábitat y especies de líquenes para medir la calidad del aire y desarrollar indicadores sobre la microbiología y fertilidad del suelo.
- Para algunos indicadores no fue posible identificar valores de referencia o valores deseables con que comparar los resultados, como fue el caso de los indicadores de riqueza y abundancia de especies o la proporción de cobertura de vegetación, de vegetación ribereña, de áreas naturales y semi-naturales, etc. No obstante, la comparación de los valores de línea base presentados en este documento se realizará cuando se desarrolle el segundo monitoreo de los indicadores, en donde será posible identificar a corto y mediano plazo los cambios presentes en la biodiversidad. Al realizarse el segundo monitoreo, la Municipalidad de Curridabat podrá identificar si las iniciativas de conservación y manejo de la biodiversidad están cumpliendo con sus objetivos o si será necesario implementar otras estrategias de manejo de los recursos naturales.



Referencias

- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. 2010. Plan de indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria Gasteiz. Departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. Vitoria Gasteiz, España. 477 P.
- Castillo Echeverría, C. 2018. El acceso a espacios verdes en escuelas públicas y privadas en Curridabat, Costa Rica. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 23:157-177. DOI: <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.2893>.
- CENCE-ICE. Estadísticas Energía Eléctrica de Costa Rica. Centro Nacional de Control de la Energía-Instituto Costarricense de Electricidad.
- Gómez-Baggethun, E. & Barton, D.N. 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics* 86: 235-245.
- Goulart Rodrigues, A.; Borges Martins, M. & Zilio, F. 2018. Bird diversity in an urban ecosystem: the role of local habitats in understanding the effects of urbanization. *Iheringia, Série Zoologia* 108: 1-11.
- Guenat, S.; Kunin, W.; Dougill, A.; Dallimer, M. 2018. Effects of urbanization and management practices on pollinators in tropical Africa. *J. Appl Ecol.* 56:214-224.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Informe de calidad del agua en cauces fluviales, Municipalidad de Curridabat. Agrotec Laboratorios Analíticos S.A. Departamento de Protección del Medio Ambiente 15 p.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Estudio sobre Biodiversidad de Polinizadores Curridabat. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 106 p.
- MINAE-S. 2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Decreto Ejecutivo No. 33903, La Gaceta No. 178. San José, Costa Rica. Consultado 25 feb. 2019. Disponible en http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/de-33903reglamento_evaluacion_clasificacion_cuerpos_de_agua_0.pdf
- Morales Cerdas, V.; Piedra Castro, L.; Romero Vargas, M. & Bermúdez Rojas, T. 2018. Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Rev. Biol.Trop.* 66 (4):1421-1435.
- Municipalidad de Curridabat. 2018 y 2019. Bases de datos de biodiversidad de flora y fauna del cantón de Curridabat. Curridabat-Costa Rica.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Evaluación de la infraestructura verde y conectividad ecológica en el cantón de Curridabat. Curridabat-Costa Rica.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Levantamiento de la diversidad y la abundancia de la flora de las aceras del cantón de Curridabat. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 71 p.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Levantamiento de la flora en dos parques urbanos de Curridabat – Parque La Amistad y Reserva El Colegio. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 45 p.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Estudio preliminar de diversidad de murciélagos (Chiroptera) en 6 parques urbanos del cantón de Curridabat, San José, Costa Rica. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 29 p.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Estudio de línea base de ictiofauna para los ríos del cantón de Curridabat, San José, Costa Rica. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 31 p.
- Petralli, M.; Massetti, L.; Brandania, G. & Orlandina, S. 2014. Urban planning Indicators: useful tools to measure the effect of urbanization and vegetation on summer air temperatures. *International Journal of Climatology*. 34: 1236-1244.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. Contratación de servicios de análisis de calidad de cursos de agua en el cantón de Curridabat. Agrotec Laboratorios Analíticos S.A. Departamento de Protección del Medio Ambiente, Municipalidad de Curridabat. 29 p.
- Robledo, J.; Vanegas Chacón, E.A. & García Álvarez, N. 2014. Aplicación del Sistema Holandés para la evaluación de la calidad del agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala. *Ingeniería Agrícola* 4 (2): 15-21

Anexos



COBERTURA DE VEGETACIÓN CURRIDABAT

-CIUDAD DULCE-

Proporción de cobertura de vegetación



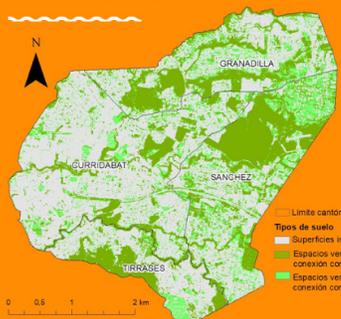
47%
del área del cantón está cubierta por vegetación

Proporción del área cubierta por vegetación ribereña

10.6%
del área del cantón cuenta con vegetación en los márgenes de los ríos



Índice biótico del suelo (IBS)



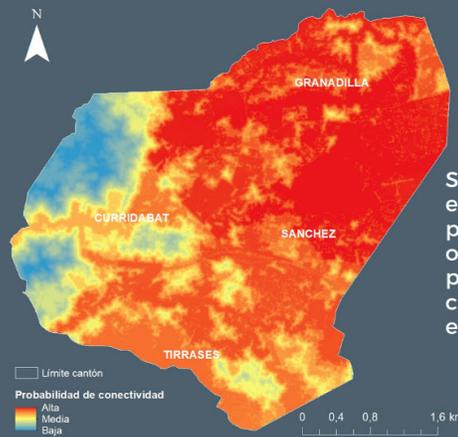
42%
del área del cantón cuenta con superficies permeables





AVES

Se registraron **179** especies en el cantón y **86** en los 6 parques evaluados



Según las especies de aves presentes, se observa la probabilidad de conectividad en el cantón.

PECES



En los 13 cursos de agua evaluados, se registraron **3359** individuos de peces



Poecilia reticulata

.....
5 ESPECIES EN TOTAL

La Olomina fue las especie más abundante



CALIDAD DEL AGUA RÍOS Y QUEBRADAS CURRIDABAT

-CIUDAD DULCE-



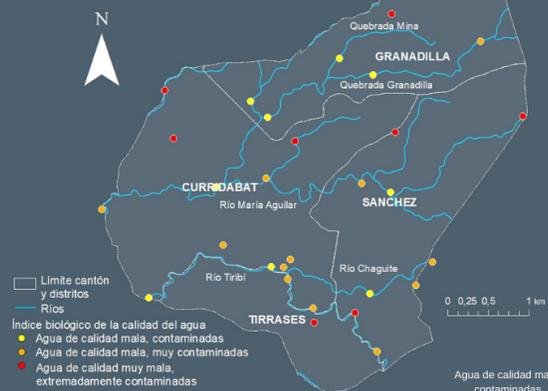
ÍNDICE FÍSICO-QUÍMICO



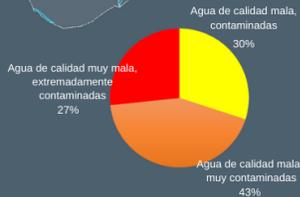
Únicamente **3%** del área estudiada no presenta contaminación



ÍNDICE BIOLÓGICO



27% de los sitios analizados están extremadamente contaminados



BIODIVERSIDAD POLINIZADORES CURRIDABAT

-CIUDAD DULCE-

COLIBRÍES



4 especies de colibríes presentes en los parques

ABEJAS

Se observaron **14** especies de abejas en los parques evaluados



Especies más abundantes

MURCIÉLAGOS

8 especies presentes en los parques



Especie más abundante

Murciélago frugívoro de Jamaica
Artibeus jamaicensis



Murciélago de lengua larga
Glossophaga soricina

Murciélago frutero grande
Artibeus lituratus



MARIPOSAS



69 especies de mariposas observadas, principalmente en el Parque Ecológico

