



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

**Conectividad de la infraestructura verde y su gestión en la ciudad de Santo
Domingo, República Dominicana**

Tesis sometida a consideración de la División de Educación de la Escuela de
Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Sustentante: Raúl Miguel Sarante Solimán

Turrialba, Costa Rica

2023

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES
Y BIODIVERSIDAD**

FIRMANTES:



Adina Chain Guadarrama

Adina Chain Guadarrama, Ph.D.

Codirectora de tesis

Christian Brenes Pérez

Christian Brenes Pérez, M.Sc.

Codirector de tesis

Alejandro Imbach Hermida

Alejandro Imbach Hermida, M.Sc.

Miembro Comité Consejero

Mariela Leandro Muñoz

Mariela Leandro Muñoz, Ph.D.

Decana, a.i., Escuela de Posgrado

Raúl Miguel Sarante Solimán

Raúl Miguel Sarante Solimán

Candidato

Dedicatoria

A mis padres, Ana Margarita Solimán Ávila y Raúl Emilio Sarante Taveras.

Agradecimientos

A mis consejeros de tesis, Adina Chaín Guadarrama, Christian Brenes y Alejandro Imbach, por el gran apoyo que me brindaron en esta ardua y a la vez, gratificante etapa de aprendizaje.

A mi compañera de clases, Rosanna, por el apoyo en las consultas sobre ecología.

A mis profesores de la maestría de bosques, por toda la entrega en sus clases en favor del aprendizaje.

A los actores entrevistados en Santo Domingo, por ser muy diligentes en la provisión de información y del seguimiento a mis solicitudes.

Índice

	Dedicatoria.....	III
	Agradecimientos	IV
	Lista de acrónimos	VIII
1	Introducción	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	General.....	2
1.1.2	Específicos	2
2	Marco teórico.....	2
2.1	Retos asociados a la expansión y la densificación urbana.....	2
2.2	La infraestructura verde.....	4
2.2.1	Biodiversidad e infraestructura verde.....	4
2.2.2	Potencial ecosistémico de la infraestructura verde	5
2.2.3	Componentes de la infraestructura verde.....	6
2.2.3.1	Bosques urbanos y periurbanos.....	6
2.2.3.2	Soluciones verdes urbanas.....	7
2.2.3.3	Componentes puntuales de las soluciones verdes urbanas	7
2.3	Gestión de la infraestructura verde.....	8
2.4	La infraestructura verde de Santo Domingo.....	9
2.4.1	Gestión de la infraestructura verde de Santo Domingo	11
2.5	Mapeo de los usos y coberturas de la tierra.....	11
2.6	Cuantificación del patrón del paisaje y su conectividad.....	12
3	Bibliografía	14
4	Artículo	22
4.1	Introducción.....	23
4.2	Métodos	26
4.2.1	Área de estudio	26
4.2.2	Identificación y caracterización de actores claves	28
4.2.3	Mapeo de la infraestructura verde.....	29
4.2.4	Evaluación de conectividad de la infraestructura verde	31
4.2.4.1	Selección de especies.....	31
4.2.4.2	Parches de hábitat.....	33
4.2.4.3	Capas de fricción.....	34
4.2.5	Modelación de la red de grafos.....	36
4.2.6	Métricas de conectividad	37
4.3	Resultados.....	38
4.3.1	Identificación y caracterización de actores claves	38

4.3.1.1	Gestión pública	38
4.3.1.2	Organización civil y participación.....	38
4.3.1.3	Participación privada.....	39
4.3.1.4	Investigaciones académicas y participación de ONG internacionales	39
4.3.2	Caracterización del paisaje urbano	42
4.3.3	Conectividad de la infraestructura verde	44
4.3.3.1	Esencialidad de parches para la conectividad.....	46
4.3.3.2	Probabilidad de conectividad interpolada	46
4.4	Discusión	51
4.4.1	Conectividad en Santo Domingo	51
4.4.2	Situación de los ríos y las áreas verdes periurbanas	52
4.4.3	Gestión de la infraestructura verde en Santo Domingo	53
4.4.4	Fomento de la biodiversidad y del bienestar humano.....	54
4.5	Conclusiones.....	55
4.6	Recomendaciones	56
4.7	Bibliografía.....	57
5	Anexos	63
5.1	Anexo: Resultados de las entrevistas a los actores claves.....	63
5.1.1	Acción municipal en las áreas verdes intraurbanas	63
5.1.2	Participación de las juntas vecinales y situación de las áreas verdes privadas	64
5.1.3	Situación de los ríos y las áreas verdes periurbanas	65
5.1.4	Fomento de la biodiversidad y del bienestar humano.....	65
5.2	Anexo: Protocolo de las entrevistas a los actores claves.....	67
5.2.1	Entrevista tipo #____. Audiencia: dirigentes de la municipalidad	67
5.2.2	Entrevista tipo #____. Audiencia: dirigentes empresariales.....	69
5.2.3	Entrevista tipo #____ Audiencia: dirigentes de la sociedad civil.....	70
5.2.4	Entrevista tipo #____Audiencia: docentes/investigadores	71
5.3	Anexo: Medios periodísticos consultados	72
5.4	Anexo: actores claves caracterizados e información consultada.....	75
5.5	Anexo: Descripción de las clases temáticas del mapa de infraestructura verde y sus componentes.	83
5.6	Anexo: Caracterización de las especies y cálculo de su dispersión en el paisaje urbano.	87

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Matriz de confusión con los errores de omisión (falsos negativos), comisión (falsos positivos) y los niveles de exactitud del productor y del usuario para el análisis de exactitud del mapa de infraestructura verde.	30
Cuadro 2.	Características funcionales de las especies objeto de estudio	32
Cuadro 3.	Actores con participación en la gestión de la infraestructura verde que rigen las regulaciones de los usos de suelo en el DN y el GSD.....	40
Cuadro 4.	Análisis FODA obtenido de los resultados de las entrevistas y las consultas a medios periodísticos.	41
Cuadro 5.	Composición y configuración de la clase bosque y arbolado en el paisaje, en el buffer de 2.5 km y por circunscripción con parches de hábitat desde 50 m ²	43
Cuadro 6.	Probabilidad de conectividad global (PC) de la red de grafos en los tres umbrales de tamaño de parches y para las dos especies.	44
Cuadro 7.	Cuantificación de la red de grafos para las especies de estudio en los tres umbrales de tamaño y diferentes escalas del paisaje.....	45
Cuadro 8.	Lista de actores claves caracterizados.....	75
Cuadro 9.	Información consultada a los actores claves.	79
Cuadro 10.	Conceptualización de las clases temáticas del mapa de infraestructura verde.....	83
Cuadro 11.	Componentes de la infraestructura verde definidos para Santo Domingo.	84
Cuadro 12.	Datos descriptivos de la ecología del <i>P. chloropterus</i> y el <i>A. dominicus</i>	87
Cuadro 13.	Valores de resistencia estimados para el <i>P. chloropterus</i> y el <i>A. dominicus</i>	88
Cuadro 14.	Cálculo de las rutas de menor costo para las distancias mediana y máxima del <i>P. chloropterus</i> y el <i>A. dominicus</i>	88

Índice de figuras

Figura 1.	Delimitación del área de estudio y representación de las clases en el mapa de infraestructura verde, azul y gris.	27
Figura 2.	Marco metodológico del proceso para la evaluación de la gestión, generación del mapa de infraestructura verde y análisis de la red de conectividad.....	28
Figura 3.	Capa de fricción para el <i>P. Chloropterus</i>	35
Figura 4.	Red de grafos para el <i>A. dominicus</i> en el umbral ≥ 0.5 ha.	36
Figura 5.	Proporción de las clases en el paisaje.	42
Figura 6.	Red de grafos en el umbral ≥ 0.5 ha para ambas especies compuesta por los parches de hábitat, las rutas de menor costo y los componentes de la red.....	45
Figura 7.	Niveles de esencialidad para la conectividad, basada en la métrica dPCconnector, para la especie <i>P. chloropterus</i> en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.	47
Figura 8.	Niveles de esencialidad para la conectividad, basada en la métrica dPCconnector, para la especie <i>A. dominicus</i> en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.	48
Figura 9.	Probabilidad de conectividad interpolada, basada en la métrica BC, para la especie <i>P. chloropterus</i> en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.	49
Figura 10.	Probabilidad de conectividad interpolada, basada en la métrica BC, para la especie <i>A. dominicus</i> en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.	50
Figura 11.	Ubicación de actores en el DN y su proximidad a las zonas de mayor y menor probabilidad de conectividad	54

Lista de acrónimos

ACOPROVI	Asociación Dominicana de Constructores y Promotores de la Vivienda
ADN	Ayuntamiento del Distrito Nacional
ARPA	Sociedad Dominicana de Arquitectura del Paisaje y la Planificación
ASOPRADERA	Asociación de Propietarios y Condominios de las Urbanizaciones las Praderas y Unidad Vecina
CAASD	Corporación de Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Santo Domingo
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEDAF	Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal
CDEEE	Corporación Dominicana de empresas Eléctricas Estatales
CBDN	Cuerpo de Bomberos del Distrito Nacional
CODEGUA	Consejo de Organizaciones de Los Guandules
COE	Centro de Operaciones de Emergencias
COPADEBA	Comité para la Defensa de los Derechos Barriales
DN	Distrito Nacional
EDES	Empresas Distribuidoras de Electricidad
EDEeste	Empresa Distribuidora de Electricidad del Este
EDEsur	Empresa Distribuidora de Electricidad del Sur
ECORED	Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental
FEDOMU	Federación Dominicana de Municipios
FUNSACO	Fundación de Saneamiento Ambiental Comunitario
FUNDSAZURZA	Fundación de Saneamiento Ambiental de la Zurza
GSD	Gran Santo Domingo
INTEC	Instituto Tecnológico de Santo Domingo
INTRANT	Instituto Nacional de Tránsito Terrestre
JBN	Jardín Botánico Nacional
MEPyD	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo
MGSD	Mancomunidad del Gran Santo Domingo
MIMARENA	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MIVED	Ministerio de la Vivienda y Edificaciones
RAUDO	Red Ambiental de Universidades Dominicanas
UASD	Universidad Autónoma de Santo Domingo
UNPHU	Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
VIOTDR	Viceministerio de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Regional

1 Introducción

Las áreas urbanas son espacios diversos en los que se conjugan elementos de orden económico, sociocultural, ambiental y ecológico. Esta multifuncionalidad hace que se genere una constante presión por el uso de la tierra y sus recursos, requiriendo una buena gestión en el ordenamiento territorial para que exista eficiencia y control en su uso. Sin embargo, tomando en consideración los desafíos que supone el crecimiento demográfico en ciudades, donde más del 50% de la población mundial se concentra actualmente en estos espacios, y las repercusiones globales que está generando el cambio climático (ONU-Habitat 2022), han impuesto a los planificadores del territorio la necesidad de buscar soluciones sostenibles que permitan hacer de las ciudades lugares habitables que permitan mantener el bienestar humano.

Dentro de las estrategias de sostenibilidad para las ciudades habitualmente propuestas por las autoridades, el mantenimiento de las áreas verdes es vital para el sostenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad (Haaland and Konijnendijk 2015). El concepto de infraestructura verde ha estado sobre la palestra pública en las últimas décadas, inicialmente en países de Estados Unidos y Europa y luego, ampliamente extendido en países de regiones tropicales de Asia, África y Latinoamérica (Romero-Duque et al. 2020). Si bien se ha documentado mucho sobre los beneficios multifuncionales que aporta la infraestructura verde en el bienestar de las personas y la biodiversidad, sigue habiendo muchos retos en la gobernanza para su aplicabilidad, sobre todo en países en vías de desarrollo (Jim 2012).

Como parte del diseño y gestión de la infraestructura verde, desde el plano científico y de planificación territorial, queda cada vez más claro la importancia de la conectividad ecológica (Staccione et al. 2022, Sun et al. 2022, Wang et al. 2022). Una infraestructura verde bien conectada indica mayores probabilidades de cruce de fauna, mejora ambiental del microclima de las ciudades, mayor accesibilidad de las personas a espacios verdes próximos a sus hogares y mejores condiciones para el disfrute escénico y de actividades recreativas (Haaland and Konijnendijk 2015).

En la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana se han realizado investigaciones sobre el potencial ecosistémico que proveen los árboles a escala de ciudad y sectorial, evaluando las percepciones de las personas en torno al valor que le confieren a los árboles de su vecindad (Bonilla-Duarte et al. 2021). Innovaciones técnicas con herramientas como ITREE han permitido que en el país se puedan realizar evaluaciones sobre los beneficios ambientales y económicos que genera el arbolado en sus procesos biológicos de descarbonización y retención o absorción de nutrientes (Ortiz 2020; Meléndez-Ackerman 2022). Sin embargo, aún quedan pendiente por desarrollarse investigaciones en el ámbito de la conectividad de la infraestructura verde de la ciudad, que es precisamente el objetivo de la presente investigación, para contribuir con conocimiento científico y técnico que sirva a los tomadores de decisiones involucrados en la planificación urbana de Santo Domingo.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Evaluar las posibilidades de conectividad ecológica que ofrece la infraestructura verde de Santo Domingo y el involucramiento de actores claves en su gestión.

1.1.2 Específicos

1. Caracterizar a los actores claves que participan en la planificación, diseño y gestión de las áreas verdes de Santo Domingo y resaltar los retos y estrategias en la toma de decisiones.
2. Elaborar un mapa actualizado de la infraestructura verde de Santo Domingo y evaluar la conectividad para dos especies de aves adaptadas a la ciudad.

2 Marco teórico

2.1 Retos asociados a la expansión y la densificación urbana

El crecimiento acelerado de las ciudades, en términos de expansión y densificación urbana, supone grandes desafíos y tiene importantes repercusiones en el orden económico, social, ambiental y ecológico, siendo los países en vías de desarrollo los que afrontan mayores dificultades (Jim 2012; Westerink et al. 2013; ONU Hábitat 2020, 2022).

Los informes de ONU Hábitat (2020; 2022) señalan que la población urbana mundial aumentó más de cinco veces en un lapso de 60 años (de 746 millones de personas en 1950 a 4,000 millones en 2015) y en países de bajos a medianos ingresos se estima que la cifra aumentará a más del triple para el año 2050. Actualmente, la población mundial viviendo en ciudades asciende a 4,350 millones de habitantes equivalente al 57% según cifras del Anuario Demográfico de las Áreas Urbanas Mundiales (2022). Estos datos son abrumadores si se toma en cuenta que 883 millones de personas viven en barrios marginales en todo el mundo (ONU Hábitat 2022).

En América Latina, el incremento demográfico en ciudades ha sido particularmente notorio, ya que a raíz de los procesos de industrialización y modernización se intensificó la migración de las zonas rurales hacia la ciudad, provocando que el 80% de la población se asentara en áreas urbanas para mediados del siglo XX (ONU Hábitat 2022).

Si este crecimiento urbano, a nivel global, no es gestionado de manera sostenible, se pronostican serias limitaciones para el año 2050 en la provisión de los recursos naturales para garantizar la seguridad alimentaria, el acceso a servicios de energía, agua potable, vivienda y la preservación ante desastres naturales (Borelli et al. 2018; Banzhaf et al. 2019).

Las áreas urbanas en todo el mundo representan alrededor del 70% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono, lo cual ha repercutido en una mala calidad ambiental en las ciudades (ONU Hábitat 2020). Por ejemplo, para el 2016, el 90% de los habitantes de las ciudades a nivel global respiraba aire que no cumplía con las normas de seguridad establecidas por la OMS

y de estos, más de la mitad estaba expuesto a niveles de contaminación del aire al menos 2.5 veces más altos que el estándar (Borelli et al. 2018).

La continua densificación y expansión urbana ha provocado una pérdida sustancial en la disponibilidad de recursos naturales, el mantenimiento de la biodiversidad y la seguridad de las personas ante eventos climáticos extremos (Demuzere et al. 2014; Lin et al. 2015). La densificación urbana, como un proceso inverso de la expansión, tiene implicaciones en la pérdida de microhábitats como los parques urbanos y las áreas verdes intersticiales entre edificios (Mckinney 2008; Bonanca et al. 2017). Si a esto se suma el continuo deterioro de los ecosistemas y su diversidad por los propios efectos directos del cambio climático, manifestados como el aumento del nivel del mar, los cambios en el régimen de lluvias, el aumento en intensidad y frecuencia de tormentas y huracanes, las sequías, etc., entonces la capacidad de recuperación y adaptación de las áreas urbanas será cada vez menor (Escobedo et al. 2009).

Para dar respuesta a los desafíos ambientales, sociales, económicos y ecológicos, que enfrentan las ciudades del mundo, es importante que se adopten estrategias para la planificación y manejo del territorio tendentes a la conservación y restauración sostenible de los ecosistemas para que estos puedan proveer de los servicios que son indispensables para la biodiversidad, la salud y seguridad de las personas (PNUMA 2020).

Ante esta realidad, se hace necesario buscar alternativas sostenibles, que permitan revertir los impactos negativos de la expansión urbana. Una forma pasiva de lograr bajar esta demanda es por medio del desarrollo de la infraestructura verde, incluyendo el arbolado urbano, reemplazando el diseño urbano de las ciudades para generar microclimas que sean más apropiados para el desarrollo de la vegetación y el confort humano (Westerink et al. 2013). Los beneficios ecosistémicos que generan los árboles son bien conocidos, incluyendo el enfriamiento del microclima de la ciudad por medio de la producción de sombra, la redirección de los vientos, la retención de la humedad del aire y la regulación de la radiación solar (Calaza et al. 2018). Estrategias para el mejoramiento de la vida en ciudad como son los caminos arbolados para el paso de ciclovías, el diseño de edificaciones que permita el flujo natural del viento u otras soluciones basadas en naturaleza (SBN), mejoran la infraestructura verde de las urbes y permiten el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que provee el arbolado (Zucchetti et al. 2020; Morello y Pareglio 2018).

Además, para que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (ODS 11) y poder implementar estrategias efectivas en la protección y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad (ODS 15), es necesario buscar alternativas que permitan reducir la desigualdad entre la población (ODS 10). En este sentido, es importante destacar el rol que desempeñan las comunidades en su entorno y en la relación de estos con el cuidado de los recursos naturales. Ofreciéndoles a las comunidades las alternativas para la gestión sostenible por medio de la participación y la búsqueda de conocimientos, se crean las condiciones para enfrentar la desigualdad y la pobreza (PNUMA 2020).

2.2 La infraestructura verde

Infraestructura verde es un término relativamente reciente, que se asocia a un concepto que ha tenido revuelo desde el siglo XIX, cuando el paisajista Frederick Law Olmsted diseñó los sistemas conectados de parques y vías verdes en los Estados Unidos. Este concepto adquirió importancia en el 1984 por medio del programa Man and Biosphere (MAP) promovido por la UNESCO y ganó aún más notoriedad a partir del 2004 cuando un grupo de científicos del Florida Greenways and Trails Council (FGTC), por medio de un informe, recalcó la importancia que tienen las áreas verdes para conformar un sistema interconectado que sirva de complemento a la infraestructura construida. A esta red o sistema la llamaron “infraestructura verde” y se caracteriza por generar una integración ecológica entre lo natural y lo construido en beneficio de los ecosistemas. (Benedict y McMahon 2006).

Estudios recientes han considerado el empleo de tres conceptos cuando se refieren a las redes ecológicas y su implicación en los patrones del paisaje, estos son: infraestructura verde o cobertura vegetal, infraestructura azul o cuerpos de agua e infraestructura gris o superficie pavimentada y edificada (de Macedo *et al.* 2021; Nguyen *et al.* 2021). La red ecológica de la infraestructura verde y azul puede adaptarse con facilidad a las diferentes escalas territoriales en las que se desarrollan las ciudades, desde redes conformadas dentro de pequeñas comunidades o barrios, hasta cubrir extensiones mayores a nivel municipal y regional. (Calaza et al 2018; FAO 2017).

Breen et al. (2020), definen a la infraestructura verde urbana en términos generales como “la red de espacios verdes naturales, seminaturales y artificiales, dentro, alrededor y entre áreas urbanas, cuyo elemento infraestructura proporciona un enfoque más utilitario que el de los “espacios verdes” o “el verde urbano”. El concepto puede referirse a la red en su conjunto o a sus componentes individuales, como parques, jardines, cementerios y bosques y agricultura y bosques urbanos”.

2.2.1 Biodiversidad e infraestructura verde

El paisaje urbano suele albergar una variedad de vida silvestre compuesta por especies, que son más sensibles a las variables ambientales y a los efectos de borde (artrópodos, insectos, anfibios, reptiles) (Schalkwyk et al. 2020) y otras que tienen mayores facilidades de adaptación (sobre todo aves) (Fernández-Juricic et al. 2001; Mckinney 2008; Bonanca et al. 2017; Sainz-Burgo et al. 2018). Las perturbaciones antrópicas que presenta el paisaje urbano generan en la fauna muchas barreras que pueden causar pérdida o aislamiento de poblaciones (Beninde et al. 2015; Kang et al. 2015). En las ciudades, estas perturbaciones pueden estar determinadas por variables como la temperatura superficial (Sumasgutner et al. 2023), el grado de impermeabilidad del suelo y la falta de zonas arboladas. El ruido producto del tráfico motorizado y dispositivos radiofónicos, la tasa de visitación de las personas a los bosques urbanos y áreas arboladas (Fernández-Juricic et al 2001; Mckinney 2008; Sainz-Burgo 2018), la contaminación producto de gases de efecto invernadero (Sumasgutner et al. 2023), así como la poda y tala de árboles, afecta el comportamiento de las especies y su probabilidad de hallar un hábitat (Tovar et al. 2019).

Un buen indicador del estado de la riqueza de la fauna es la composición y estructura florística de los bosques, parques y jardines urbanos, pues se ha comprobado que el tamaño de las áreas verdes

y la configuración de plantas nativas y no nativas determina la riqueza y diversidad de especies (Beninde et al. 2015; Kang et al. 2015; Geary et al. 2021), así como la presencia o ausencia de determinadas especies en su búsqueda de alimentos, anidamiento, descanso o dormideros (Radford et al. 2005; Murgui 2007; Tovar 2019). Muchas aves se han adaptado al entorno urbano debido a la posibilidad de encontrar recursos para su subsistencia y a la flexibilidad que le aporta su capacidad de vuelo para atravesar una variedad de coberturas y áreas fragmentadas, y debido a esta última facultad, son idóneas para evaluar el estado de fragmentación de hábitat en el paisaje (Beninde et. al 2015).

2.2.2 Potencial ecosistémico de la infraestructura verde

La infraestructura verde aporta beneficios de funciones múltiples a las ciudades. mediante la provisión de servicios ecosistémicos variados e indispensables para el bienestar de los humanos y el mantenimiento de la biodiversidad. El MEA (2003) clasifica los servicios ecosistémicos que ofrece la vegetación para mejorar la calidad de vida y la resiliencia de las ciudades en servicios de provisión, servicios de regulación y servicios culturales. En la literatura es posible encontrar ejemplos de la importancia de los servicios ecosistémicos para las ciudades en estudios como los de Demuzere *et al.* (2014) y livesley *et al.* (2015;2016), donde se ejemplifica la función que cumplen los árboles en el enfriamiento de las ciudades con la evapotranspiración y el mantenimiento de nutrientes que mantienen la calidad y el ciclo del agua, así como la humedad que mejora el microclima de las ciudades. También se menciona el papel de los bosques urbanos en la regulación de la temperatura, las escorrentías e inundaciones, la retención y almacenamiento de carbono, así como la captura de partículas contaminantes. Otros estudios como los de Kaplan (2004), Kjell Nilsson *et al.* (2010) y Krekel *et al.* (2015) refieren la importancia cultural que tienen los bosques urbanos, parques y jardines para el beneficio de la salud física y mental de las personas, relacionando la falta de arbolado con mayores niveles de estrés, problemas cardiovasculares y poca integración comunitaria; mientras que estudios como los de Scott *et al.* (2013) y O'Brien *et al.* (2017) resaltan el valor estético que las personas le confieren al arbolado, lo cual repercute en el nivel social y económico de las comunidades.

2.2.3 Componentes de la infraestructura verde

Para comprender cada uno de los componentes, que estructuran esta red ecológica, se establecen las siguientes categorías o elementos que pueden formar parte de la infraestructura verde urbana, con base en los criterios establecidos por la FAO (2017) para el desarrollo sostenible de las ciudades:

2.2.3.1 Bosques urbanos y periurbanos

Los bosques urbanos y periurbanos son los componentes más importantes de la infraestructura verde, ya que sirven como parches de hábitat de gran extensión para el enlace de la biodiversidad entre las áreas urbanas y los bordes de la periferia (Calaza et al. 2018). Estos bosques pueden estar constituidos por grandes remanentes de cobertura arbórea en los bordes de las ciudades o pueden ser áreas de conservación a lo interno de las mismas, que por su tamaño se constituyen en un recurso ecosistémico importante para las ciudades (Sushinsky et al. 2012).

En la legislación de una gran variedad de países se toma en cuenta la protección de los bosques periurbanos llamándoles en muchos casos como “cinturones verdes”. Estas áreas de reserva conforman grandes extensiones de cubierta vegetal que bordean el perímetro de las áreas urbanizadas. Suelen formar parte de un plan de conservación por parte de los países que los administran y tienen como función principal servir de resguardo de la biodiversidad y los ecosistemas lacustres y terrestres, frenar la expansión urbana, mejorar la seguridad alimentaria y brindar servicios ecosistémicos de regulación térmica, mantenimiento de la calidad del aire y del agua y protección ante los fenómenos climáticos extremos (Giobellina 2018).

Existen buenos ejemplos de cinturones verdes en Europa, Estados Unidos y Canadá como el Metropolitan Green Belt de Londres, el Protected Green Belt de Ottawa y el Barton Creek Greenbelt de Texas. En Latino América destacan los ejemplos de Brasil con la Reserva de Biosfera del Cinturón Verde de Sao Paulo, República Dominicana con el Cinturón verde de Santo Domingo, y otros que forman parte de proyectos más recientes como son los casos del Cinturón Verde del valle de Aburrá en Colombia y el Cinturón Verde Agroecológico del área metropolitana del Rosario en Argentina (UNESCO 2021; Martínez 2019).

También como tipo de bosque urbano y periurbano se mencionan los corredores biológicos o corredores de hábitat, que consisten en parches estrechos y longitudinales de cobertura vegetal que facilitan el movimiento de especies entre otros parches lo cual permite el mantenimiento de las poblaciones. que conectan dos ecosistemas o extensiones mayores de bosque pudiendo ser de tipo rural o urbano (Rosenberg et al. 1997). En ciudades se tienen ejemplos como los Corredores Biológicos Interurbanos (CBI), que discurren a lo largo de los ríos María Aguilar y Torres en la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica, donde se busca recuperar los bosques ribereños estableciendo programas de cultivo, concientización ciudadana y mejoramiento de la economía con la incorporación de nichos de mercado sostenibles (Biodiver_city 2022).

2.2.3.2 Soluciones verdes urbanas

Dentro de las ciudades es frecuente encontrar áreas verdes de tenencia pública y privada entre 0.5 y 1 ha, las cuales corresponden a parques, jardines, campos deportivos, terrenos baldíos, cementerios, grupos de árboles en plazas y otras superficies pavimentadas, así como arbolado lineal en calles y avenidas (FAO 2017). Muchas de estas áreas se constituyen en parches importantes de hábitat y de recursos ecosistémicos donde la fauna puede hallar alimento, agua y refugio y los humanos un espacio para la recreación, por lo que son componentes importantes que se integran a la infraestructura de una ciudad. Estos espacios suelen ir acompañados por senderos pavimentados e instalaciones para la recreación y el ocio. También podemos encontrar estos mismos componentes a escala comunitaria en áreas menores a 0.5 ha, los cuales componen las áreas verdes públicas y privadas de un sector o barrio (Calaza et al. 2018; Ossola et al. 2019; Vergnes et al. 2019; Beaugeard et al. 2020).

2.2.3.3 Componentes puntuales de las soluciones verdes urbanas

Las soluciones de elementos puntuales de la naturaleza, ya sea para regenerar y mantener ecosistemas frágiles o revitalizar áreas naturales degradadas, han formado parte en la toma de decisiones de algunos países de Europa, Estados Unidos, Asia y cada vez más se toman en consideración en países de Centro América, Sudamérica y el Caribe (Konijnendijk 2018; Romero-Duque et al 2020; de Macedo et al 2021). Estas soluciones incluyen el arbolado lineal, franjas y estanques de infiltración, cubiertas ajardinadas y jardines verticales. El empleo de estas soluciones puntuales a gran escala en las ciudades representa un ahorro energético y de infraestructura sustancial que se refleja en un menor costo en el uso de sistemas estructurales, mecánicos e hidráulicos de enfriamiento y calentamiento del aire, drenajes sanitarios y pluviales, purificadores del aire y materiales de aislamiento (Morello y Pareglio 2018).

Arbolado lineal

Este componente suele estar integrado por árboles, arbustos y gramíneas que se disponen de forma lineal en las aceras, calles, avenidas y límites de propiedad de terrenos edificados o baldíos. En las ciudades abundan este tipo de soluciones ya que son utilizadas como elemento de ornato, orientación del tráfico rodado y peatonal, control de la contaminación y regulación de la temperatura. Algunos ejemplos de arbolado lineal son las isletas centrales para el flujo de tráfico rodado en ambos sentidos de una avenida, también los bulevares y callejones verdes colocados adyacentes a las avenidas y edificaciones y los setos vivos que bordean el perímetro de las edificaciones (Morello y Pareglio 2018).

Franjas y estanques de infiltración

Al igual que el arbolado lineal, estos componentes de suelo permeable suelen disponerse a lo largo de calles y avenidas, pero también en parques y plazas para retener y filtrar el agua de lluvia o para tratar los efluentes de ciertos residuos. Estos espacios sirven de ecosistema para un conjunto de microorganismos, anfibios y aves, a la vez que regulan la temperatura, reducen las escorrentías, mantienen la calidad del agua y purifican el aire (Castro et al. 2005).

Cubiertas ajardinadas

Las cubiertas ajardinadas son componentes de vegetación soportados en la parte superior de los edificios e infraestructura civil mediante un sistema de cargas estructurales y de retención pluvial. Tienen el inconveniente de requerir altos costos de instalación y mantenimiento. Como ejemplos de este tipo de soluciones se pueden mencionar las cubiertas ajardinadas de la Academia de Ciencias en California, el High Line de Nueva York, el Mandela Park en Almere, el Liceo Marcel Sembat en Sotteville-les-Rouen, la azotea del Ayuntamiento de Chicago y el INFONAVIT en Ciudad de México (ChabanKabakibo_2020).

Jardines verticales

Están compuestos de vegetación adosada a la fachada de los edificios mediante una estructura con sistema hidropónico o que sirve de soporte para plantas que nacen desde el suelo. Al igual que las cubiertas ajardinadas, su instalación y mantenimiento requiere de un alto costo. Ejemplos de este tipo de soluciones son el CaixaForum de Madrid y el Puente Max-Juvénal en Francia (Navarro 2013).

2.3 Gestión de la infraestructura verde

La continua densificación y expansión urbana hace necesario que se desarrollen políticas públicas encaminadas al uso sostenible de los recursos mediante el empleo de la innovación y los avances técnicos, el control de la expansión urbana y la puesta en marcha de programas participativos y de integración entre los actores vinculantes al sector institucional, empresarial y de las organizaciones civiles (Calaza et al 2018; Haaland 2015).

Los ecosistemas y la biodiversidad pueden prosperar en ciudades planificadas, diseñadas y manejadas en cada una de las escalas socio-ecológicas del paisaje urbano, desde la unidad vecinal o barrial, donde las comunidades pueden tener mayor participación en las actividades de gestión de las áreas verdes (cultivo de huertos, parques y jardines), la gestión a escala de ciudad, la cual suele ser gestionada por los ayuntamientos u otros organismos locales (parques y plazas municipales), hasta la escala regional, donde habitualmente, tienen participación las instituciones más centralizadas del estado (aquí se incluyen las áreas periurbanas con franjas naturales de transición entre municipios o zonas rural-urbanas) (Calaza et al. 2018; Konijnendijk et al. 2018). El valor multifuncional o de aprovisionamiento ecosistémico y de biodiversidad para el bienestar bio-psico-social del ser humano, característico de una infraestructura verde bien gestionada, es determinante para asegurar el mantenimiento y la calidad de las ciudades. (Livesley et al. 2015).

En este sentido, la participación ciudadana y el empresariado encaminan acciones tendentes a la recuperación, conservación y manejo de las áreas verdes, siendo parte complementaria de mucha importancia dados los desafíos actuales, que presenta el cambio climático. (Konijnendijk et al. 2018.) La integración de las comunidades y el empresariado otorga un valor social y económico a la infraestructura verde y hace que tenga presencia en la agenda pública en el largo plazo considerando en la toma de decisiones no solo acciones para conservar, sino también para restaurar áreas degradadas y generar nuevos espacios verdes (Haaland 2015).

Cada vez en más países de Latinoamérica se desarrollan estudios y se adoptan medidas de planificación, diseño y gestión para la implementación de corredores intraurbanos y cinturones

verdes periféricos que permitan mantener la biodiversidad de especies adaptadas y proteger aquellas sensibles a los cambios en el entorno (Bonanca et al. 2017). Países con mucha sensibilidad ambiental como Costa Rica, Chile, Perú y Brasil han dado buenos ejemplos de prácticas de manejo adaptadas a entornos urbanos y periurbanos (Romero-Duque et al. 2020; de Macedo et al. 2021).

2.4 La infraestructura verde de Santo Domingo

Santo Domingo cuenta con áreas verdes de importancia para el mantenimiento de la biodiversidad y las actividades de recreación, algunas de las cuales se encuentran protegidas bajo decreto de conservación, sobre todo a raíz de los acuerdos internacionales que sostuvo el gobierno dominicano en 1996¹ con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Entre las áreas verdes públicas conservadas bajo decreto en Santo Domingo y sus límites adyacentes, se encuentran el Parque Zoológico Nacional Arq. Manuel Valverde Podestá, el Jardín Botánico Nacional Dr. Rafael M. Moscoso, el parque Mirador Sur, el Área Monumental de la Zona Colonial, la Plaza de la Cultura Juan Pablo Duarte, el Centro Olímpico Juan Pablo Duarte y el Parque Iberoamérica.

Otras áreas verdes en la categoría de protegidas ubicadas en la periferia de la ciudad quedan conformadas en lo que es el cinturón verde de Santo Domingo². Este fue creado para proteger los bosques periurbanos de la expansión urbana. Estas áreas comprenden una vasta red de humedales y de bosques en galería que sostienen el equilibrio ecosistémico del territorio y que, a la vez, son el asiento de una diversidad de especies de aves, anfibios, reptiles e invertebrados nativos y endémicos de la isla.

Entre las áreas protegidas con importancia ecológica para Santo Domingo y su periferia se mencionan las siguientes: parque Mirador Norte, parque Mirador Sur, parque Mirador Este, parque Mirador Oeste, parque Mirador Manantiales del Norte y el parque nacional Humedales del Ozama (ADN 2019).

Además de estas áreas de bosque urbano y periurbano, el arbolado de Santo Domingo, conformado por individuos aislados, agrupados o en trazado lineal, constituye un componente importante de la infraestructura verde. Meléndez-Ackerman et al. (2021), con base en el muestreo de 206 parcelas distribuidas en todo el territorio del Distrito Nacional (DN), reporta que el arbolado urbano está compuesto por 640,600 individuos, que representan el 15.4% del territorio municipal, con una densidad de 70 árboles/ha. Es importante notar que el 86% de los árboles muestreados corresponden a especies exóticas. La circunscripción no.2 ubicada al noreste, posee la mayor densidad y riqueza de especies entre las tres circunscripciones establecidas del DN, mientras que la circunscripción no.1 posee la mayor área disponible de suelo para llevar a cabo estrategias de arborización, y la circunscripción no.3 se consolida como la zona más desfavorable en densidad y la de menor suelo útil para arborizar (Meléndez-Ackerman et al. 2021).

¹ Decreto 233-96, sobre la incorporación de las áreas de conservación dominicanas a la UICN.

² Decreto no.183-93, que ordena la creación de un cinturón verde que rodee el entorno urbano de la ciudad de Santo Domingo de Guzmán.

El estudio realizado por Ortiz (2020) sobre los servicios ecosistémicos del arbolado de Santo Domingo en ocho sitios urbanos, entre parques municipales y campus universitarios, documenta la existencia de un mayor número de árboles en la zona de Gazcue (15 mil árboles), Centro olímpico (10 mil árboles) y la Zona Colonial (8 mil árboles); mientras que los de mayor cobertura arbórea fueron el Parque Iberoamérica (56.7%), Parque las Praderas (53.5%) y Ciudad Nueva (29.2%).

Los bosques urbanos y periurbanos de Santo Domingo conservan una amplia diversidad de fauna que es parte importante del mantenimiento de los procesos ecológicos de los ecosistemas (Szabó 2010a). Estos ecosistemas están compuestos por bosques ribereños, bosques secundarios y bosques húmedos que albergan invertebrados (ej., odonatos, mariposas), anfibios, reptiles (ej., lagartos, boas) y una gran variedad de aves entre endémicas, nativas, migratorias e introducidas que incluye a las garzas (*Podilymbus podiceps*), zaramagullones (*Ardea alba*), pericos (*Psittacara chloropterus*), zumbadores (*Anthracothorax dominicus*), carpinteros (*Melanerpes striatus*), ciguas (*Dulus dominicus*), gorriones (*passer domesticus*) entre otras (Szabó 2010b; Almonte-Espinoza 2018; Sano et al 2011).

En su estudio sobre la avifauna de Santo Domingo, (Almonte-Espinoza 2018)) encontró que el parque Mirador Norte, en comparación con la Plaza de la Cultura, el Jardín Botánico y el Parque Mirador Sur, no solo concentra una mayor variedad de ecosistemas (bosques húmedos, ribereños y humedales) si no también la mayor diversidad de aves migratorias, nativas y endémicas. En los cuatro parques estudiados, las especies de aves más abundantes son la cigua palmera (*Dulus dominicus*) (16%), el pájaro carpintero (*Melanerpes striatus*) (9.8%), la paloma común (*Columba livia*) (10%) y la ciguita común (*Coereba flaveola*) (10.1%).

2.4.1 Gestión de la infraestructura verde de Santo Domingo

En Santo Domingo se encuentran las instituciones centrales que rigen la planificación y ordenamiento territorial de la ciudad. La acción municipal está representada por el ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN), y son sus departamentos de planeación urbana y de manejo ambiental los que están facultados para establecer normas que regulen el ornato público, regir los usos de suelo y conducir el manejo y conservación de las áreas verdes públicas de los sectores del municipio (ADN 2019; 2020).

El Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (POT)³ (ADN 2019; 2020), rige los procesos para gestionar los usos y coberturas en el territorio. Entre las prioridades que se han contemplado para llevar a cabo acciones en el control de los usos de suelo, está la de mapear las áreas verdes urbanas con carácter público y robustecer la gestión de la infraestructura verde de la ciudad asignándole la categoría de “Zonas Ambientales” (ADN 2019; 2020).

Santo Domingo ha tenido un crecimiento desprovisto de un plan de ordenamiento territorial, lo cual ha provocado una mezcla de usos de suelo desfavorable para el desarrollo sostenible de la ciudad (CONAU 2007). El POT busca implementar medidas con un plan a 10 años para ir reasignando los usos de forma eficiente en el territorio e ir involucrando a los actores del empresariado y las juntas de vecino en la toma de decisiones (ADN 2019; 2020).

2.5 Mapeo de los usos y coberturas de la tierra

La clasificación de los usos y coberturas terrestres permiten caracterizar y cuantificar las áreas verdes y valorar los servicios ecosistémicos que estas proveen (Burkhard y Maes 2017; Hofmann et al 2011). Es a través de la clasificación y mapeo de los usos y coberturas de la tierra que es posible cuantificar el patrón de paisajes específicos y evaluar su conectividad. Esta clasificación se logra a través del análisis de imágenes satelitales provistas por sensores remotos que varían en su resolución espacial y en el número de bandas espectrales, que definen, a su vez, la capacidad para obtener información sobre las distintas coberturas (IGM 2019).

Diferentes plataformas satelitales como los programas Sentinel, Landsat y Spot, entre otros, permiten la obtención de estas imágenes de la superficie terrestre, con diferente resolución espacial, espectral y temporal, posibilitando la clasificación de usos del suelo y cobertura de la tierra a partir de bandas multiespectrales del espectro visible (0.4 μ m - 0.7 μ m) y del infrarrojo (0.7 μ m - 14 μ m), y la obtención de un mapeo con bastante precisión de los patrones de la superficie terrestre, lo cual facilita la discriminación de coberturas y su análisis según el interés de la investigación (Hofmann et al 2011; Matikainen y Karila 2011; IGM 2019). Por ejemplo, las bandas del infrarrojo cercano y medio permiten obtener información relevante sobre las características fenotípicas del arbolado y su estado físico con relación al ambiente, lo cual permite tener un registro de las condiciones biofísicas de los árboles y su función en el ecosistema (IGM 2019).

El procesamiento de estas imágenes satelitales se lleva a cabo a través de Sistemas de Información Geográficos (SIG) como Qgis, Saga GIS, Grass GIS, programas para el procesamiento de imágenes satelitales (como Google Earth Engine (GEE), Orfeo Toolbox (OTB), y algoritmos como

³ Ordenanza 09-19, que aprueba la aplicación del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial del DN.

Iso Cluster, Random Forest, Support vector machine (SVM), Maximun Likelihood, Minimum Distance, Principal Components (Blaschke 2009; Kanaev et al 2011; Weih 2010).

2.6 Cuantificación del patrón del paisaje y su conectividad

Para garantizar la conectividad ecológica en el entramado urbano tiene que haber un arreglo espacial de las áreas verdes que favorezca el enlace de hábitats entre organismos y que mantenga la funcionalidad de los ecosistemas. Proveyendo al paisaje de conectividad ecológica es posible además generar espacios de tipo social para el fomento de la recreación y cohesión de la gente a la vez que potenciaría el valor escénico de las ciudades (Hansen y Born 2018).

La cuantificación del patrón del paisaje entendido como un mosaico de parches discretos, permite evaluar el estado actual de parches de hábitat resultado del proceso de fragmentación y pérdida de hábitat en paisajes naturales y urbanos. En este sentido, herramientas como los programas FRAGSTATS, LANDSCAPE METRICS y MAKHURINI, permiten el cálculo de numerosas métricas de estructura y composición de los usos y coberturas, a escala de parche, clase y paisaje, y posteriormente relacionar estos valores con la riqueza, ocurrencia o abundancia de especies y otros procesos ecológicos para evaluar el efecto del patrón con los procesos ecológicos (McGarigal y Marks 1995, Turner et al. 2015).

Los análisis del patrón del paisaje a través de estas métricas calculadas sobre mapas categóricos o mosaicos de paisaje usualmente están basados en patrones de hábitat y supuestos sobre la dispersión de los organismos (Turner et al. 2015, Foltete et al. 2021, Moorter et al. 2021). Otras métricas, derivadas de la teoría de grafos y la teoría de circuitos, que proveen otro tipo de estimaciones cuantitativas de la conectividad de hábitat a nivel de parche y de paisaje, permiten incluir información sobre las condiciones óptimas del hábitat de las especies y sus características ecológicas y variables como la capacidad de dispersión de las especies en relación con el ambiente local (Moorter et al 2021; Foltete et al 2021).

El análisis bajo la teoría de grafos permite evaluar la conectividad representando al paisaje como construido de nodos (parches de hábitat) y uniones entre ellos determinadas por la capacidad de dispersión de especies focales y el valor de resistencia de los usos de suelo al movimiento de estas (Foltete et al. 2021). La teoría de grafos es ideal para medir la conectividad estimando las rutas de menor costo para las especies y para simular escenarios de posibles corredores en el paisaje.

Existen diversas aplicaciones o software que aplican la teoría de grafos y permiten evaluar la conectividad del paisaje. Entre ellas es posible mencionar Graphab (Foltete et al. 2012; 2021), Linkage maper (McRae et al. 2011) y Conefor (Saura y Torne 2009). Si bien estas herramientas están fundamentadas en la teoría de grafos y permiten el cálculo de métricas a nivel de grafo, parches de habitat y uniones, cada una de ellas tiene características particulares. Conefor (Saura y Torné 2009) cuantifica la relevancia de los parches de hábitat para mantener la conectividad ecológica a lo interno de la propia capacidad de área del parche y su relación con el conjunto de parches adyacentes. Esto es particularmente relevante para especies de corto rango de dispersión que demandan una mayor asignación de hábitats núcleos en menor extensión que otras especies. Linkage maper (McRae et al. 2011) realiza modelación de redes de hábitat con posibilidades de procesar corredores de menor costo, los cuales consisten en generar nuevas rutas de conectividad

en un ráster de fricción. Graphab (Foltete et al. 2012) estudia la conectividad de especies mediante la modelación de redes de hábitat. Tiene la ventaja de poder integrarse con otras aplicaciones para modelar conectividad y muestra ventajas para vincularse con variados sistemas de información geográfica como Qgis y ArcGis (Foltete et al. 2021).

Entre las métricas de conectividad ecológica empleadas en la teoría de grafos, las más relevantes incluyen la métrica PC que mide la conectividad global entre parches de hábitat, y dPC o fracciones de la conectividad global, las cuáles miden las capacidades particulares de cada uno de los parches y su probabilidad de conectividad en el conjunto del grafo. Otras métricas ampliamente utilizadas son el IIC, IF y el BC, que miden la probabilidad de conectividad de los parches y su relación con el conjunto de enlaces que los conectan (Saura y Rubio 2010 y Foltete et al. 2012).

Otro enfoque es la teoría de circuitos, la cual considera la existencia de múltiples rutas de conectividad entre parches de hábitat (Dickson et al. 2018). La modelación se realiza mediante el programa Circuitscape (McRae 2008) para generar enlaces que representan las alternativas de movilidad para el flujo genético de determinadas especies entre parches focales de hábitat, cuyos resultados podrían emplearse para abordar propuestas de conservación y restauración para las áreas que arrojen mayor valor de conectividad y también para determinar posibles corredores y su valor para la conectividad (Dickson et al. 2018).

Aunque estas metodologías han sido de gran apoyo en el estudio de la conectividad ecológica de las especies y su hábitat, sigue habiendo limitaciones en la precisión de la información obtenida, ya que, las redes generadas en especies de corto rango de dispersión son difíciles de analizar en escala gruesa y especies de amplio rango de dispersión en escalas reducidas conectan todos los nodos de hábitats núcleos. Para sopesar estas limitaciones, la elección de las especies y del programa de aplicación apropiado a cada objeto de estudio debe ser evaluada considerando los pros y los contras de cada caso (Norden 2016).

3 Bibliografía

- ADN (Alcaldía del Distrito Nacional). 2019. Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Nacional POT Capital 2030. :1-187. https://www.sismap.gob.do/Municipal/uploads/evidencias/637932272611839069-2.03_19-21_Plan-de-Ordenamiento-Territorial-DN..pdf
- ADN (Alcaldía del Distrito Nacional). 2020. Plan Estratégico del Distrito Nacional 2020-2030 (en línea). :1-350. Disponible en <https://adn.gob.do/transparencia/planificacion-y-desarrollo/#108-109-wpfd-plan-estrategico>
- Almonte-Espinosa, H. 2018. Composición, riqueza, diversidad y abundancia de aves en cuatro áreas verdes de Santo Domingo. *Novitates Caribaea* (12):14-24. DOI: <https://doi.org/10.33800/nc.v0i12.80>.
- Banzhaf, E; Barrera, F De; Reyes-paecke, S. 2019. Urban Green Infrastructure in Support of Ecosystem Services in a Highly Dynamic South American City: A MultiScale Assessment of Santiago de Chile. *Atlas of Ecosystem Services* :157-165. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0>.
- Beaugeard, E; Brischoux, F; Angelier, F. 2021. Green infrastructures and ecological corridors shape avian biodiversity in a small French city. *Urban Ecosystems* 24(3):549-560. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-020-01062-7>.
- Benedict, M; McMahon, E. 2006. *Green Infrastructure: linking landscapes and communities*. Island press. 289 p.
- Beninde, J; Veith, M; Hochkirch, A. 2015. Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters* 18(6):581-592. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12427>.
- Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing (en línea). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65(1):2-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>.
- Bodin, Ö; Saura, S. 2010. Ranking individual habitat patches as connectivity providers: Integrating network analysis and patch removal experiments. *Ecological Modelling* 221(19):2393-2405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.06.017>.
- Bonança, RA; Dunning, JBB; da Silva, AM. 2017. The influence of landscape patterns on the bird diversity of four urban parks. *Environmental Quality Management* 26(3):5-27. DOI: <https://doi.org/10.1002/tqem.21494>.
- Borelli, S; Conigliaro, M; Pineda, F. 2018. Urban forest in the global context (en línea). *Unasylva* 69 (250). p. 3-10. Disponible en <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/I8707ES>.

- Burkhard, B; Maes, J. 2017. Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 p.
- Calaza, P; Cariñanos, P; Hiemstra, J., Pearlmutter, D., & Vilhar, U. 2018. The role of urban and peri-urban forests in reducing risks and managing disasters (en línea). *Unasylva*, 69(250). p. 53-58. Disponible en <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/I8707ES>.
- Castro, D; Rodríguez, BJ; Rodríguez, HJ; Ballester, J. 2005. Sistemas urbanos de drenajes sostenibles. *Interciencia* 30 (5): 255-260 p. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910403>
- Chaban-kabakibo, S y Neila, J. 2020. Evolución de las cubiertas ecológicas, y su implementación en Madrid. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Madrid, España. 54 p.
- CONAU (Consejo Nacional de Asuntos Urbanos). 2007. Geo Santo Domingo: Perspectiva del medio ambiente urbano. s.e. 205 p.
- de Macedo, V; Picavet, B; de Oliveira, P; Shih, WY. 2021. Urban green and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries. *Journal of Cleaner Production* 313(May). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>.
- Demuzere, M; Orru, K; Heidrich, O; Olazabal, E; Geneletti, D; Orru, H; Bhave, AG; Mittal, N; Feliu, E; Faehnle, M. 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure (en línea). *Journal of Environmental Management* 146:107-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>.
- Dickson, B; Albano, C; Anantharaman, R; Beier, P; Fargione, J; Graves, T; Gray, M; Hall, K; Lawler, J; Leonard, P; Littlefield, C; McClure, M; Novembre, J; Schloss, C; Schumaker, N; Shah, V; Theobald, D. 2018. Circuit-theory applications to connectivity science and conservation. *Conservation biology* 0(0): 1-11. DOI: [10.1111/cobi.13230](https://doi.org/10.1111/cobi.13230).
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana (en línea). s.l., s.e. 11-85 p. Disponible en <http://infobosques.com/portal/biblioteca/directrices-para-la-silvicultura-urbana-y-periurbana/>.
- Fernández-Juricic, E; Jimenez, MD; Lucas, E. 2001. Bird tolerance to human disturbance in urban parks of Madrid (Spain): Management implications. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World* (c):259-273. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_12.
- Foltête, JC; Clauzel, C; Vuidel, G. 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling and Software* 38:316-327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.002>.

- Foltête, JC; Vuidel, G; Savary, P; Clauzel, C; Sahraoui, Y; Girardet, X; Bourgeois, M. 2021. Graphab: An application for modeling and managing ecological habitat networks [Formula presented]. *Software Impacts* 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2021.100065>.
- Geary, M; Brailsford, CJ; Hough, LI; Baker, F; Guerrero, S; Leon, YM; Collar, NJ; Marsden, SJ. 2021. Street-level green spaces support a key urban population of the threatened Hispaniolan parakeet *Psittacara chloropterus*. *Urban Ecosystems* 24(6):1371-1378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01119-1>.
- Green Surge Project. 2015. Green Surge Project. The governance of urban green spaces in selected EU-cities. European Union programm. 97 p.
- Haaland, C; van den Bosch, CK. 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 14(4):760-771. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009>.
- Hansen, R; Born, D. 2018. Grüne infrastruktur im urbanen raum: Grundlagen, planung und umsetzung in der integrierten stadtentwicklung: abschlussbericht zum f+e-vorhaben grüne infrastruktur im urbanen raum: grundlagen, planung und umsetzung in der integrierten stadt (en línea). s.l., s.e., vol.503. Disponible en <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript503.pdf>.
- Hofmann, P; Strobl, J; Nazarkulova, A. 2011. Mapping green spaces in Bishkek-how reliable can spatial analysis be? *Remote Sensing* 3(6):1088-1103. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs3061088>.
- Jim, CY. 2013. Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. *Urban Ecosystems* 16(4):741-761. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0268-x>.
- Kang, W; Minor, ES; Park, CR; Lee, D. 2015. Effects of habitat structure, human disturbance, and habitat connectivity on urban forest bird communities. *Urban Ecosystems* 18(3):857-870. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0433-5>.
- Kanaev, A V.; Daniel, BJ; Neumann, JG; Kim, AM; Lee, KR. 2011. Object level HSI-LIDAR data fusion for automated detection of difficult targets. *Optics Express* 19(21):20916. DOI: <https://doi.org/10.1364/oe.19.020916>.
- Kaplan, S. 2004. Some hidden benefits of the urban forest. *Forestry serving urbanized societies, IUFRO World Series* 14:221-232.

- Konijnendijk, C; Rodbell, P; Salbitano, F; Sayers, K; Jiménez, S. Villarpando; Yokohari M. 2018. The changing governance of urban forests (en línea). *Unasylva*, 69(250). p. 37-42. Disponible en <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/I8707ES>.
- Latta, S; Rimmer, C; Keith, J; Wiley, H; Mcfarland, R; Fernández, E. 2006. *Aves de la República Dominicana y Haití*. Princeton University Press. 258 p.
- Liaw, A; Wiener, M. 2002. Classification and regression by randomForest. *R News* 2(3):18–22
- Lin, B; Meyers, J; Barnett, G. 2015. Understanding the potential loss and inequities of green space distribution with urban densification (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 14(4):952-958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.003>.
- Livesley, SJ; McPherson, EG; Calfapietra, C. 2015. The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality* 45(1):119-124. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>.
- Livesley, SJ; Escobedo, FJ; Morgenroth, J. 2016. The biodiversity of urban and peri-urban forests and the diverse ecosystem services they provide as socio-ecological systems. *Forests* 7(12):10-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/f7120291>.
- Matikainen, L; Karila, K. 2011. Segment-based land cover mapping of a suburban area-comparison of high-resolution remotely sensed datasets using classification trees and test field points. *Remote Sensing* 3(8):1777-1804. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs3081777>.
- Martínez, LE; Terrile, R; Martínez, N; Budai, N; Costa, M. 2019. El proyecto cinturón verde y la implementación de políticas públicas para la generación de un periurbano sustentable en el Área Metropolitana de Rosario. (en línea). 1° Encuentro Latinoamericano de Estudios del Rururbano. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4815/INTA_CICPES_InstdeProspectiva_Martinez_L_Proyecto_Cinturon_Verde_implementacion_politicas.pdf?sequence=4&isAllowed=y.
- McGarigal, K; Marks, BJ. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service (PNW-GTR-351).
- McKinney, ML. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11(2):161-176. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>.
- McRae, BH. 2006. Isolation by resistance. *Evolution* 60(8):1551 p. DOI: <https://doi.org/10.1554/05-321.1>.

- McRae, BH; Beier, P. 2007. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(50):19885-19890. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0706568104>.
- McRae, Brad; Dickson, Brett; Keitt, Timothy and Shah, Viral. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10): 2712–2724 p.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and human well-being*. Reino Unido: Island Press. 137 p. Disponible en <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Meléndez-Ackerman, EJ; Pérez, ME; Espinal, ABP; Caballero, C; Cortés, L; Bonilla-Duarte, S; Bauer, G; Martínez Guridy, JM; Arendt, WJ; Nowak, DJ. 2022. A social-ecological approach to studying variation in urban trees and ecosystem services in the National Municipal District of Santo Domingo, Dominican Republic. *Frontiers in Sustainable Cities* 3(January). DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.764073>.
- Moorter, B; Kivimäki, I; Panzacchi, M; Saerens, M. 2021. Defining and quantifying effective connectivity of landscapes for species' movements. *Ecography* 44(6):870-884. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.05351>.
- Morello, E; Pareglio, S. 2019. *Catalogue of nature-based solution for urban regeneration*. Milano, Italia. Politécnico de Milano (137) p.
- Municipalidad de Curridabat. 2019. *Evaluación de la infraestructura verde y conectividad ecológica en el cantón de Curridabat (en línea)*. (November):38. Disponible en <https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2019/11/Trama-Verde-Curridabat.pdf>.
- Murgui, E. 2007. Effects of seasonality on the species-area relationship: A case study with birds in urban parks. *Global Ecology and Biogeography* 16(3):319-329. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00304.x>.
- Navarro, J; Llinares, J. 2013. *Los jardines verticales en la edificación*. Tesis de máster. Universidad Politécnica de Valencia, España. 76 p.
- Nilsson, K; Sangster, M; Gallis, C; Hartig, T; Vries, S; Seeland, K; Schipperijn, J. 2011. Forests, trees and human health. *Forests, Trees and Human Health* :1-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9806-1>.
- Nordén, E. 2016. *Comparison between three landscape analysis tools to aid conservation efforts*. MsC Thesis (398):44 p.

- O'Brien, L; DeVreese, R; Kern, M; Sievanen, T; Stojanova, B; Atmis, E. 2017. Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban Forestry and Urban Greening*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.002>.
- ONU-Habitat. 2020. Folleto de datos poblacionales: Estado global de las metrópolis (en línea). 1-22p. Nairobi, Kenia. Disponible en https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/08/gsm_-_folleto_de_datos_poblacionales_2020.pdf.
- ONU-Habitat. 2022. World cities report: envisaging the future of cities (en línea). 387p. Nairobi, Kenia. Disponible en <https://unhabitat.org/wcr/#:~:text=World%20Cities%20Report%202022%3A%20Envisaging,ways%20that%20cities%20can%20be>.
- Ortiz, F. 2020. Servicios ecosistémicos y gestión del arbolado urbano en Santo Domingo, República Dominicana (en línea). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 54 p. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10350>
- Ossola, A; Locke, D; Lin, B; Minor, E. 2019. Yards increase forest connectivity in urban landscapes (en línea). *Landscape Ecology* 34(12):2935-2948. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00923-7>.
- Radford, JQ; Bennett, AF; Cheers, GJ. 2005. Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological Conservation* 124(3):317-337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.039>.
- Rojas-Cortereal, G. 2016. Cuantificación de la mejora de las condiciones ambientales producidas por el arbolado urbano (en línea). Tesis Ph.D. Barcelona, España, UPC. 210p. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/107044>
- Rojas-Cortoreal, G; Peña, J; Roset Calzada, J; García, A. 2019. La infraestructura verde como herramienta de mitigación y adaptación urbana en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. :1-17. DOI: <https://doi.org/10.5821/ctv.8672>.
- Romero-Duque, LP; Trilleras, JM; Castellarini, F; Quijas, S. 2020. Ecosystem services in urban ecological infrastructure of Latin America and the Caribbean: How do they contribute to urban planning? (en línea). *Science of the Total Environment* 728:138780. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138780>.
- Rosenberg, DK; Noon, BR; Meslow, EC. 1997. Biological corridors: Form, function, and efficacy. Linear conservation areas may function as biological corridors, but they may not mitigate against additional habitat loss. *BioScience* 47(10):677-687. DOI: <https://doi.org/10.2307/1313208>.

- Sanó, R; Hilario, A; Guzmán, J; Mota, I, Del Orbe, P. 2011., Propueta para la restauración de las lagunas de El Toro, La Hendidura y El Hoyo de la Javilla del sector El Toro, San Antonio de Guerra, provincia Santo Domingo. Vic. Áreas y Biodiversidad. 32 p.
- Saura, S; Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83(2-3):91-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>.
- Saura, S; Torné, J. 2009. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling and Software* 24(1):135-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005>.
- Saura, S; Rubio, L. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33(3):523-537. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x>.
- Schalkwyk, J; Pryke, JS; Samways, MJ; Gaigher, R. 2020. Corridor width determines strength of edge influence on arthropods in conservation corridors (en línea). *Landscape Ecology* 35(5):1175-1185. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01008-6>.
- Scott, C; Scott, D; Baker, J; Winemiller, K. 2013. Recreation and Amenity Values of Urban Stream Corridors: Implications for Green Infrastructure. *Journal of Urban Design* 18 (4), 478-493. DOI: <https://doi.org/10.1080/13574809.2013.800450>.
- Sirko, W; Kashubin, S; Ritter, M; Annkah, A; Bouchareb, YSE; Dauphin, Y; Keysers, D; Neumann, M; Cisse, M; Quinn, J. 2021. Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery (en línea). Disponible en <http://arxiv.org/abs/2107.12283>.
- Sumasgutner, P; Cunningham, SJ; Hegemann, A; Amar, A; Watson, H; Nilsson, JF; Andersson, MN; Isaksson, C. 2023. Interactive effects of rising temperatures and urbanisation on birds across different climate zones: A mechanistic perspective. *Global Change Biology* 29(9):2399-2420. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16645>.
- Sushinsky, JR; Rhodes, JR; Possingham, HP; Gill, TK; Fuller, RA. 2013. How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts? *Global Change Biology* 19(2):401-410. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12055>.
- Sutherland, GD; Harestad, AS; Price, K; Lertzman, KP. 2000. Scaling of natal dispersal distances in terrestrial birds and mammals. *Ecology and Society* 4(1). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-00184-040116>.

- Szabó, M. 2010a. Arboles de Santo Domingo (en línea). Santo Domingo, D.N., s.e. 93 p. Disponible en https://www.academia.edu/16523768/Arboles_de_Santo_Domingo?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page.
- Szabó, M. 2010b. Parque Mirador Sur, flora y fauna. Santo Domingo, D.N. s.e. 95 p.
- Tovar, G. 2019. Handling of avifauna as part of the management of urban trees in Bogota, D. C. Territorios (40):83-117. DOI: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.6253>.
- Turner, MG; Gardner, RH. 2015. Landscape ecology in theory and practice. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2794-4>.
- Vergnes, A; Viol, I Le; Clergeau, P. 2012. Green corridors in urban landscapes affect the arthropod communities of domestic gardens (en línea). Biological Conservation 145(1):171-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.002>.
- Weih, RC; Riggan, ND. 2010. Object-based classification vs. pixel-based classification: Comparative importance of multi-resolution imagery. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII:1-6.
- Westerink, J; Haase, D; Bauer, A; Ravetz, J; Jarrige, F; Aalbers, CBEM. 2013. Dealing with sustainability trade-offs of the compact city in peri-urban planning across european city regions. European Planning Studies 21(4):473-497. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.722927>.
- World Urban Areas, 18th Annual Edition: July 2022 (en línea). Demographia 18. Disponible en <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>.
- Zucchetti, A; Gonzales, P; Alcántara, T; Hartmann, N; Cánepa, M; Gutierrez, C. 2020. Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático: prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina (en línea). Lima, Perú. World Wildlife Fund INC. 81 p. Disponible en <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/60540/72c03cd2-eeb2-4b3b-9130-ee25febe43e8.pdf?sequence=1>.

4 Artículo

Artículo formateado siguiendo la guía de la revista Urban Ecosystems.

Evaluación de la gestión y mapeo de la conectividad de la infraestructura verde del paisaje urbano de Santo Domingo, República Dominicana.

Raúl M. Sarante^a, Adina Chain-Guadarrama^b, Christian Brenes^c, Alejandro Imbach^d,

^a Estudiante del programa de maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad (raul.sarante@catie.ac.cr; raulsarante29@gmail.com).

^b Unidad de Bosques y Biodiversidad en Paisajes Productivos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica (achain@catie.ac.cr).

^c Unidad de Acción Climática, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica (christian.brenes@catie.ac.cr).

^d Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica (alejandro.imbach@catie.ac.cr).

Resumen

El concepto de infraestructura verde se define como una red interconectada de áreas verdes, la cual es gestionada para su integración a la infraestructura hídrica (azul) y construida (gris) de las ciudades. Los componentes que la integran van desde bosques periurbanos, parques municipales, parques vecinales, vegetación grupal y en hilera, hasta árboles individuales. Se han desarrollado muchas investigaciones sobre el potencial ecosistémico de los componentes que integran la infraestructura verde, sobre todo del arbolado urbano y periurbano. Sin embargo, hacen falta más estudios que evalúen su conectividad estructural y funcional para favorecer la dispersión de los organismos en el paisaje. En este estudio se identificó y caracterizó a los actores claves que participan en la gestión de la infraestructura verde de Santo Domingo y los acuerdos existentes para garantizar su conservación y mejoramiento. También se evaluó la conectividad funcional que ofrece la infraestructura verde para dos especies de aves endémicas, el Perico de La Hispaniola (*Psittacara chloropterus*) y el Zumbador Grande (*Anthracothorax dominicus*). Para ello se generó un mapa de infraestructura verde, azul y gris de la ciudad y se modeló una red de grafos identificando parches de hábitat y sus conexiones en función de la ecología de ambas especies. Los resultados mostraron que la ciudad cuenta con las instituciones y las normas para gestionar los procesos ecológicos que mantienen el buen estado de la infraestructura verde, sin embargo, muestran debilidades en la práctica para realizar de manera efectiva y sistemática las operaciones de mantenimiento y control de las áreas verdes y los recursos hídricos disponibles. Por otro lado, se pudo observar una mayor probabilidad de conectividad en los remanentes boscosos de mayor tamaño en los límites norte y oeste de la ciudad, lo cual puede ser un aliciente para que se enfoquen estrategias tendentes al mantenimiento de esas áreas y a la generación, recuperación y mejoramiento de áreas verdes intraurbanas, que permitan conectar las zonas céntricas de la ciudad con las áreas periurbanas.

Palabras claves: aves urbanas, modelación de la conectividad, planificación urbana, biodiversidad, servicios ecosistémicos, bosques urbanos y periurbanos.

4.1 Introducción

Las ciudades representan paisajes heterogéneos en los que sus áreas verdes son clave para la conservación de la biodiversidad y el continuo aprovisionamiento de servicios ecosistémicos, los cuales mejoran la calidad ambiental y generan bienestar en la población, e incluyen, entre otros, la regulación de la temperatura y el ruido, la captura y almacenamiento de carbono, la reducción de la contaminación y la escorrentía superficial, así como el acceso a áreas para recreación (Vergnes *et al.* 2012; Demuzere 2014; Ives 2016; Livesley *et al.* 2016).

El desarrollo acelerado de los espacios urbanos con predominancia de las superficies pavimentadas, sumado a los desafíos que ha significado el calentamiento global, ha provocado una pérdida sustancial de las redes de hábitat (Furberg *et al.* 2020). Debido a la necesidad de integrar este ambiente perturbado de las ciudades con criterios ecológicos para combatir la crisis del cambio climático y aportar resiliencia al entorno urbano, el concepto de infraestructura verde va teniendo cada vez más relevancia en las políticas de gestión territorial (Livesley 2015; 2016).

El desarrollo de la infraestructura verde resalta la importancia multifuncional, que tienen las áreas verdes de servir de hábitat a la vida silvestre y a la vez, proveer del espacio con las amenidades necesarias para mejorar la calidad de vida de las personas, como lo es el uso de espacios arbolados ideales para el desarrollo de ciclovías y paseos peatonales, con lo cual se logra un vínculo entre lo natural y lo construido (Lovell and Taylor 2013; Graviola *et al.* 2022).

La conectividad como un principio de planificación de la infraestructura verde es crucial para sostener la interacción y la diversidad de especies, así como para mantener los servicios ecosistémicos que presta la red de áreas verdes interconectadas, ya que los parques y bosques urbanos pueden no ser lo suficientemente grandes para sostener, por ellos mismos, una fauna y flora diversa. En este sentido la conectividad dentro de áreas urbanas permite el movimiento o dispersión de ciertas especies, e incluso, la repoblación de algunos parches en paisajes heterogéneos y que a la vez puede proveer corredores de tránsito o recreación para los humanos (Monteiro *et al.* 2020; Liu *et al.* 2022).

La conectividad de la infraestructura permite que la movilidad de las especies intraurbanas pueda fluir hacia esas zonas de mayor capacidad de parches y viceversa, permitiendo que haya un mejoramiento genético y un mantenimiento de las poblaciones (Rosenberg *et al.* 1997; Moorter 2021). Las pequeñas áreas verdes del interior de la ciudad sirven para permitir esa conectividad con las áreas de bosque urbano de mayor tamaño, por lo cual se hace necesario que haya una gestión orientada a salvaguardar los componentes de la infraestructura verde que son parte de la vida citadina como son los parques, plazas, cementerios, arbolado lineal (Haaland 2015).

Países como Suecia y Dinamarca con una amplia tradición en el desarrollo de su infraestructura verde (Caspersen and Olafsson 2010) son un ejemplo de cómo se puede gestionar la conectividad ecológica desde una visión integradora entre la conservación de la biodiversidad y las necesidades humanas (Lovell and Taylor 2013). Una de las vías para impulsar y mejorar el desarrollo de la infraestructura verde, consiste en reverdecer espacios degradados (Comisión Europea 2015). Las estrategias de reverdecimiento para la recuperación de hábitats se ha vuelto una prioridad en algunas ciudades como Estocolmo y Copenhague, donde se han rehabilitado espacios para la

vegetación en lugares previamente asignados para uso industrial (Furberg *et al.* 2020). En este sentido, la integración de la infraestructura construida para promover la generación de áreas verdes ha significado una estrategia que va teniendo más acogida por parte de investigadores y planificadores del territorio. Estudios como los de Mackinnon *et al.* (2023) demuestran como el diseño de edificios con sistemas de vegetación integrados de tipo cubierta ajardinada o jardín vertical pueden contribuir a mejorar la conectividad al servir de stepping stone para determinadas especies de aves de corto y amplio rango de dispersión, lo cual puede reducir las distancias de costo en un 4-8%.

La infraestructura verde es capaz de acoger una gran variedad de especies de plantas y animales (Mckinney 2008). De toda la fauna que ocurre en ciudades, las aves son las que han tenido las mejores facilidades de dispersión y las que más se han adaptado a los procesos de perturbación humana (Bonanca *et al.* 2017; Sainz-Burgo 2018). Sin embargo, su diversidad funcional se ha visto afectada por la pérdida creciente de hábitat. debido a los procesos de expansión y densificación urbana (Mckinney 2008; Luna *et al.* 2018). En este sentido, los remanentes boscosos de las áreas periurbanas juegan un rol importante en la conservación de poblaciones de aves, ofreciéndoles variedad en la estructura florística y amplitud de superficie para facilitar el flujo genético (Graviola *et al.* 2022).

Algunas investigaciones de aves y su comportamiento ante las perturbaciones humanas han permitido el desarrollo de índices, que pueden tener aplicabilidad en la planificación, diseño y gestión de los parques y plazas que conforman las áreas verdes públicas de la ciudad (Fernández-Juricic *et al.* 2001). Entre las variables que se han tomado en cuenta para medir la dispersión de las especies de aves y su posible fricción en el paisaje se mencionan el tamaño corporal del individuo, su masa, el gremio trófico, la temperatura superficial, el tamaño y estructura del hábitat y la tasa de visitación de las personas a los parques (Juricic *et al.* 2001; Sutherland *et al.* 200). En este sentido, se han realizado estudios de aves como el de Furberg *et al.* (2020) que han estudiado especies de aves dependientes de bosque, el de Geary *et al.* (2021) que estudia una especie de ave adaptada a la ciudad, así como otros estudios que han tomado especies de invertebrados y pequeñas especies de vertebrados (Mckinney 2008) para evaluar su presencia en entornos urbanos.

Sin embargo, a pesar del desarrollo en los últimos años de investigaciones, que evalúan el potencial de las ciudades para proveer de conectividad ecológica mediante su infraestructura verde, existe la necesidad de que se desarrollen mayores estudios que hagan uso de metodologías con análisis de biotelemetría y genética de poblaciones, así como del empleo de imágenes con alta resolución espacial y espectral, que permitan generar una base de datos para futuros estudios de enfoque cuantitativo (La Point *et al.* 2015).

En Latinoamérica, la investigación sobre infraestructura verde urbana ha incrementado en los últimos años (Romero-Duque *et al.* 2020; de Macedo *et al.* 2021; Fernández *et al.* 2022). En Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Perú, Puerto Rico y República Dominicana, se han desarrollado estudios que van desde evaluar la composición y estructura del arbolado urbano y el potencial de los servicios ecosistémicos en las ciudades (Banzhaf *et al.* 2019; López-Valencia 2019; Almeida y Engel 2020; Matos *et al.* 2021; Meléndez-Ackerman *et al.* 2022), hasta estudios sobre el impacto que tienen las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en la mitigación y adaptación al cambio climático y la viabilidad que constituyen para la toma de

decisiones (Espinal-Girón et al. 2023). Sin embargo, la investigación conceptual y práctica clave sobre infraestructura verde urbana ha sido producida en su mayoría en países del hemisferio norte, habiendo mucha menos investigación en América Latina, y en particular, el Caribe, a pesar de los desafíos y las oportunidades que presenta esta región diversa y de rápida urbanización (Breen et al. 2020; Romero-Duque et al. 2020; de Macedo et al 2021).

En Santo Domingo existen bosques urbanos y periurbanos, ubicados dentro y de forma adyacente a las zonas de mayor densidad poblacional del área metropolitana, cuya diversidad arbórea provee servicios ecosistémicos potenciales (Meléndez-Ackerman et al. 2022). Si bien existe una normativa para la planificación y gestión del arbolado en la ciudad, esta no cuenta con lineamientos para una arborización con principios ecológicos que fomenten la biodiversidad, la calidad ambiental y la salud física y psicológica de los habitantes (Rojas-Cortorreal et al. 2019; Ortiz 2020).

Las investigaciones realizadas sobre la infraestructura verde de Santo Domingo han tenido dos vías de desarrollo. La primera ha consistido en describir el potencial ecosistémico que proveen los árboles de la ciudad, analizando la composición y estructura del arbolado existente, como lo demuestran los trabajos de Rojas-Cortorreal et al (2019), Ortiz (2020) y Meléndez-Ackerman et al. (2022). El otro enfoque ha consistido en evaluar el posible desarrollo de una infraestructura verde local en los barrios capitalinos de Santo Domingo, destacándose las investigaciones realizadas por la universidad politécnica de Valencia (UPV) (Acosta 2021; Rodríguez 2021; Nolasco 2022). Sin embargo, a la fecha no existen estudios, que evalúen la conectividad de la infraestructura verde urbana en la ciudad de Santo Domingo.

Esta investigación busca contribuir en la planificación, conservación y manejo de la infraestructura verde de Santo Domingo a través del estudio de la conectividad ecológica para dos especies de aves endémicas, considerando el accionar político, económico y social de los diferentes actores en la toma de decisiones.

4.2 Métodos

4.2.1 Área de estudio

La ciudad de Santo Domingo de Guzmán, República Dominicana, se encuentra ubicada en el Distrito Nacional (DN), una de las ocho demarcaciones municipales del área metropolitana del Gran Santo Domingo (GSD). Sus coordenadas geográficas son 18°29' latitud norte y 69°56' longitud oeste con una superficie de 91.58 km², y limita al sur con el mar Caribe, al norte con el río Isabela y el municipio Santo Domingo Norte, al este con el río Ozama y el municipio Santo Domingo Este, y al oeste con la avenida Gregorio Luperón y los municipios Santo Domingo Oeste y Los Alcarrizos⁴ (Figura 1).

El DN representa apenas un 7% de toda el área metropolitana del GSD, que cuenta con un total de 1,400 km² de extensión. Es la tercera unidad territorial más poblada con 1,029,607 habitantes después de las provincias Santiago y Santo Domingo, sin embargo, tiene los niveles más altos de densidad poblacional con 11,243 habitante/km² según las proyecciones del ADN (2020), superando cinco veces a la provincia Santo Domingo, la segunda en densidad del país.

La división político-administrativa del DN, la sitúa como la demarcación geográfica que concentra el mayor poder político y económico del país dividiendo el territorio en tres circunscripciones cada una con regulaciones propias de los usos de suelo y densidad edificatoria (ADN 2019; 2020).

El uso de suelo en el DN presenta una constitución completamente urbanizada calificada en tres categorías que son: urbanizado (esta clase a su vez está dividida en consolidado, no consolidado y condicionado), urbanizable y no urbanizable (el suelo no urbanizable a su vez está dividido en zonas ambientales con base en el potencial ecosistémico y de mantenimiento de la biodiversidad que poseen). De aquí se desprenden los usos para la asignación de equipamientos y dotaciones clasificados de la siguiente manera: residencial, terciario, mixto, industrial, baldío, recreacional e institucional (ADN 2019).

La ciudad cuenta con un clima tropical húmedo de sabana y una temperatura que oscila entre los 22°C y los 30°C. Las precipitaciones anuales son aproximadamente de 1,500mm y su superficie se desarrolla en la llanura costera del Caribe delimitada por los estuarios y confluencias de los principales ríos del área metropolitana con el mar Caribe (CONAU 2007).

El área de estudio final seleccionada para este estudio corresponde a Santo Domingo de Guzmán, DN, y un área de influencia (buffer) de 2.5 km (Figura 1), que se extiende a los remanentes de bosque ribereño y bosque húmedo del cinturón verde y las áreas protegidas de los parques ecológicos Mirador Norte, Manantiales del Norte, Mirador Oeste y el parque nacional Humedales del Ozama, para un total de 190.69 km².

⁴ Ley 163-01 y 64-05, sobre la creación de la provincia Santo Domingo y sus municipios.

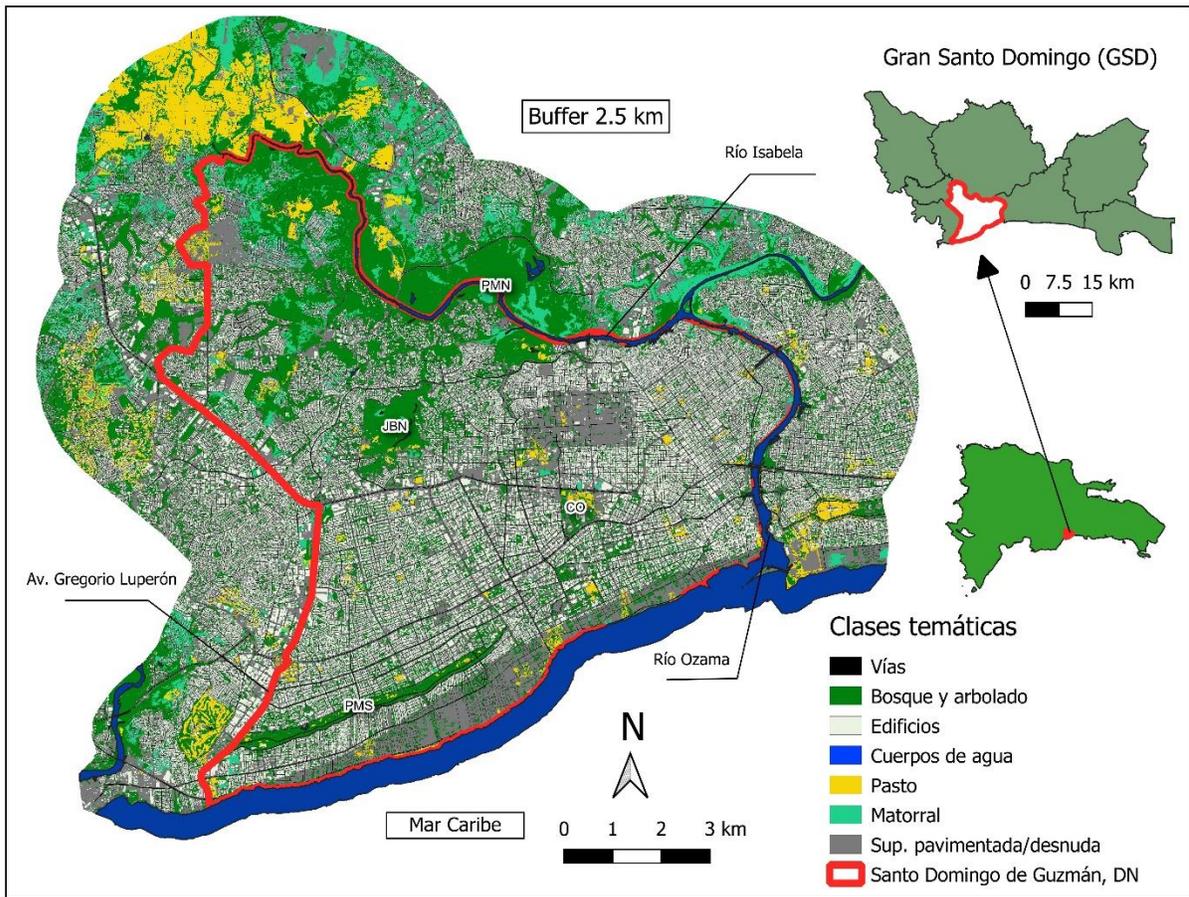


Figura 1. Delimitación del área de estudio y representación de las clases en el mapa de infraestructura verde, azul y gris.

Fuente: elaboración propia. En la figura se observan las siete clases representativas del mapa de infraestructura verde, azul y gris. La línea roja simboliza el límite de Santo Domingo en el DN y las áreas exteriores corresponden al buffer de 2.5 km.

4.2.2 Identificación y caracterización de actores claves

La identificación y caracterización de actores claves que participan en la gestión de las áreas verdes, fue el primer paso del marco metodológico más amplio propuesto para el estudio de la infraestructura verde urbana de Santo Domingo (Figura 2).

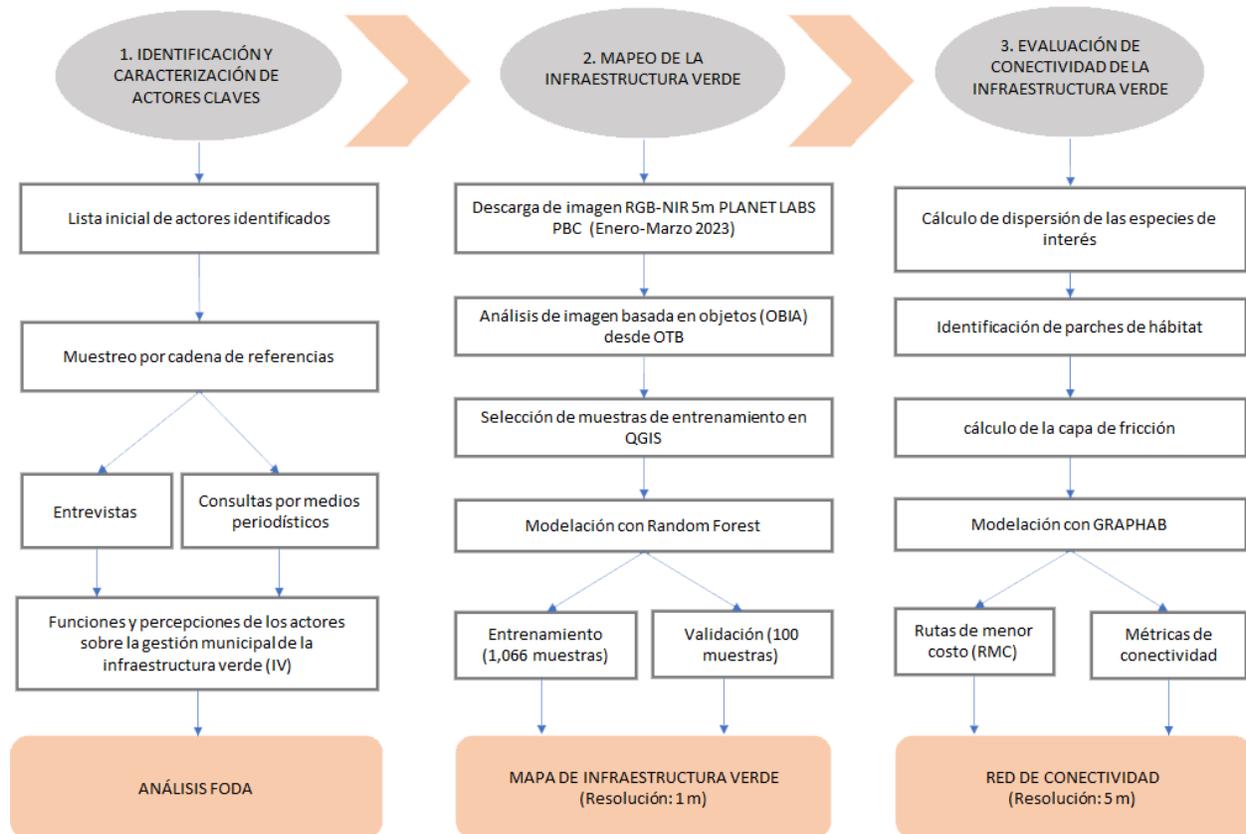


Figura 2. Marco metodológico del proceso para la evaluación de la gestión, generación del mapa de infraestructura verde y análisis de la red de conectividad.

Fuente: elaboración propia.

Dicha caracterización se realizó mediante un muestreo por cadena de referencias donde se emplearon entrevistas semiestructuradas (Anexo 10.2 – 10.6) para consultar a los actores de una lista inicial que luego incluyó al resto de actores. Los actores entrevistados y consultados por medios periodísticos fueron agrupados por categorías de la siguiente manera: sector público, sector empresarial, sociedad civil, sector académico y organización no gubernamental internacional. El tiempo de las entrevistas y el procesamiento de la información recabada se realizó entre los meses de enero – marzo. Además de las entrevistas semiestructuradas, se recolectó información a través de medios periodísticos y audiovisuales de aquellos actores que no pudieron ser contactados de manera presencial o virtual.

Las plataformas empleadas para hacer la búsqueda de información relacionada a estos actores fueron El Listín Diario, Periódico Hoy, diario El Caribe, entre otros diarios. También se emplearon plataformas como Youtube, Facebook e Instagram (Anexo 10.7).

4.2.3 Mapeo de la infraestructura verde

El DN no cuenta con un mapa actualizado de alta resolución de su infraestructura verde que permita hacer un análisis de su composición, configuración y conectividad. Para disponer de una base que permitiera realizar dicho análisis, se establecieron los pasos metodológicos (Figura 2) para generar un mapa con la clasificación de las coberturas verde (vegetación), azul (cuerpos de agua) y gris (superficie construida) del área de estudio (Figura 1).

Se utilizó la plataforma de procesamiento y análisis de imágenes satelitales en la nube Google Earth Engine⁵ (GEE), para descargar una imagen satelital generada por el sensor Planet (Planet Labs PBC 2023) con 5 m de resolución espacial y compuesta por bandas multispectrales Red, Green and Blue (RGB) y del Infrarrojo Cercano (NIR), correspondiente a los meses de enero-marzo 2023. Para diferenciar de manera más detallada las propiedades fenotípicas de las plantas, se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y se agregó como banda complementaria en la composición de la imagen.

Se empleó el método de Análisis de Imagen Basada en Objetos (OBIA) utilizando el programa de Orfeo Toolbox⁶ (OTB) para realizar una segmentación automatizada de polígonos homogéneos utilizando la imagen descargada como archivo de entrada. Los parámetros empleados para la segmentación fueron: Spatial radius = 25; Range radius = 75; Minimum Segment Size = 100, cuya estimación de valores generaron los vectores de salida considerando las semejanzas espectrales de las celdas. De los polígonos generados se extrajeron muestras representativas (n=1,066) de la cobertura terrestre con la aplicación QGIS v.3.24⁷ y fueron etiquetadas y clasificadas en las siguientes categorías: bosque y arbolado (n=233); cuerpos de agua (n=60); pasto (n=306); matorral (n=177) y superficie pavimentada/desnuda (n=290).

Con el conjunto de muestras se ajustó un modelo con el algoritmo Random Forest (Liaw and Wiener 2002) utilizando OTB para generar un mapa de clases temáticas en archivo vectorial (shape). A este mapa de clasificación se le añadió una capa vectorial de edificios extraída de la plataforma Google Research - Open Buildings⁸ (Sirko et al 2021). También se añadió una capa vectorial de vías de tránsito desde Open Street Map⁹ (OSM) con el complemento OSM downloader de QGIS. Con el conjunto de capas compuestas se realizó una rasterización a 1 m de resolución espacial para mantener la integridad en la conversión de los polígonos a ráster.

Para describir el rendimiento que tuvo el modelo en la clasificación, se tomaron 100 muestras aleatorizadas en capa de puntos vectorizados desde QGIS para validar los datos obtenidos en la imagen satelital con las predicciones realizadas por el modelo de clasificación. Para cuantificar la

⁵ <https://earthengine.google.com/>

⁶ <https://www.orfeo-toolbox.org/>

⁷ <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

⁸ <https://sites.research.google/open-buildings/>

⁹ <https://www.openstreetmap.org/>

exactitud temática del modelo se realizó una matriz de confusión (Congalton and Green 2009), con la herramienta Compute Confusion Matrix de la librería OTB, la cual consiste en una tabla que compara las muestras clasificadas por el algoritmo con los datos de referencia de la imagen Planet de 5 m (cuadro 1). Para esta matriz, las columnas representan las muestras de entrenamiento etiquetadas por categoría temática, mientras que las filas corresponden a los valores de la imagen Planet de 5 m. La precisión por unidad muestral fue calculada por las métricas Exactitud del Productor y Exactitud del Usuario y la precisión general del mapa se calculó con la métrica Exactitud Global la cual arrojó un nivel de confianza del 55% (cuadro 1).

El mapa final obtenido, con un nivel de exactitud global del 55%, corresponde a un mapa de infraestructura verde azul y gris con siete clases de uso y cobertura del suelo que corresponden a clase 1= vías; clase 2= bosque y arbolado (ByA); Clase 3 = edificios; clase 4 = cuerpos de agua; clase 5 = pasto; clase seis = matorrales y clase 7 = superficie pavimentada y suelo desnudo. Para este estudio de conectividad ecológica, la clase bosque y arbolado urbano correspondió a los parches de hábitat de las especies objeto de estudio.

Cuadro 1. Matriz de confusión con los errores de omisión (falsos negativos), comisión (falsos positivos) y los niveles de exactitud del productor y del usuario para el análisis de exactitud del mapa de infraestructura verde.

Los valores resaltados representan las muestras correctamente clasificadas por el modelo.

TERRENO	MAPA DE CLASIFICACIÓN							TOTALES CLASIFICADOS	EXACTITUD PRODUCTOR	ERROR OMISIÓN
	vías	ByA	Edif.	C. agua	Pastos	Mat.	S. pav.			
vías	5	0	0	0	1	0	2	8	62.5	37.5
ByA	0	14	2	0	0	2	1	19	73.7	26.3
Edificios	0	1	18	0	0	0	16	35	51.4	48.6
C. agua	0	0	0	3	0	0	0	3	100.0	0.0
Pastos	0	0	0	0	1	0	3	4	25.0	75.0
Matorral	0	2	0	0	0	3	2	7	42.9	57.1
S. pavimentada	1	3	4	0	0	2	14	24	58.3	41.7
Totales verdaderos	6	20	24	3	2	7	38	100		
Exactitud usuario	83. 3	70. 0	75. 0	100. 0	50.0	42. 9	36. 8	55	Clasificados correctamente	
Error comisión	16. 7	30. 0	0.0	0.0	50.0	57. 1	63. 2	55.00	Exactitud global	

Fuente: elaboración propia.

La composición y configuración del paisaje del DN, y en particular de la clase ByA (cuadro 6), se realizó a través del cálculo de un conjunto de métricas de tamaño y aislamiento a nivel de clase y paisaje, con el programa FRAGSTAS v 4.2 (McGarigal and Marks 1995). Estas métricas incluyen área total (CA, ha); proporción de la clase en el Paisaje (PLAND); tamaño promedio de parches (AREA MN, ha); número de parches (NP); densidad de Parches (PD) y distancia al parche vecino más cercano (ENN, m).

4.2.4 Evaluación de conectividad de la infraestructura verde

4.2.4.1 Selección de especies

El gremio de las aves seleccionadas para la investigación es uno de los que mayor adaptabilidad ha mostrado ante los cambios de uso de la tierra debido a los procesos de urbanización (Bonanca et al 2017). El estudio metodológico para el análisis de la conectividad ecológica que ofrece la infraestructura verde de Santo Domingo (Figura 2) requirió de la selección de dos especies de aves endémicas de la isla Hispaniola (Figura 2) que están bien adaptadas al paisaje urbano, estas especies son el Perico de la Hispaniola (*Psittacara chloropterus*) y el Zumbador Grande (*Anthracothorax dominicus*) (Latta et al. 2006).

Ambas especies se encuentran bien distribuidas en Santo Domingo y cumplen con funciones ecológicas importantes para el mantenimiento de los ecosistemas, desde servir de dispersoras de semillas y polen, hasta controlar plagas de insectos.

El perico (*P. chloropterus*) pertenece a la familia Psittacidae, distintiva de aves arbóreas frugívoras y gregarias. Tiene una longitud de 30-33 cm y un peso 145 g. Posee un pico robusto con el cual se desplaza entre las ramas de los árboles y una larga cola con forma puntiaguda. Tiene un color verde en todo su cuerpo con un borde blanco en la región ocular y rojo en la curva del ala. Emite un llamado en vuelo y en descanso en forma de chillido, lo cual hace que sea fácilmente detectable. Puede ser avistado en zonas rurales entre los 900 y los 1,800 metros en bosques de pino y en zonas adyacentes a los cultivos de maíz y de café de sombra de los cuales se alimenta. Anida en cavidades de los árboles y en nidos arbóreos de termitas a una altura de 10-26 m (Latta et al. 2006).

Desde hace varias décadas, esta especie se ha ido adaptando a la vida en ciudad, aprovechando la diversidad de los árboles frutales urbanos en parques, plazas y otros espacios verdes y logrando reproducirse en edificios históricos e institucionales (Geary et al. 2021). Sin embargo, la pérdida de hábitat, la caza para proteger los cultivos y la captura para el mercado de mascotas han provocado una disminución considerable en su número a escala nacional llegando a ser considerada como una especie vulnerable por la UICN¹⁰. Este estado de vulnerabilidad ha llevado a que la función ecológica de dispersión de semillas que provee esta ave haya disminuido y en consecuencia se haya alterado el flujo genético, que provee de riqueza a la vegetación en áreas importantes de bosque (Luna et al. 2018).

El Zumbador Grande (*A. dominicus*) pertenece a la familia Trochillidae, grupo de aves arbóreas y arbustivas que se alimentan mayoritariamente de néctar. Son conocidas por su tamaño pequeño, colores brillantes y capacidad para mantenerse en vuelo estático con un rápido movimiento de sus alas. El *A. dominicus* tiene de 11-12 cm de longitud y pesa 5.4 g con un pico largo y negro que apunta hacia abajo. Los machos adultos son negros debajo con garganta verde y las hembras son blancuzcas debajo con cola marrón rojiza. Se encuentra distribuido por toda la isla desde el nivel del mar hasta las altas montañas a 2,600 m. Ocurre en hábitats húmedos y áridos y anida en árboles o arbustos entre 1.5-10 m de altura (Latta et al. 2006).

¹⁰ <https://www.iucnredlist.org/>

El mutualismo que esta especie mantiene con algunas especies de plantas con flores, como las Heliconias, ha permitido una interacción planta-animal en condiciones geográficas especiales de la isla Hispaniola que ha repercutido en las características fenotípicas y morfológicas de esta especie (Martén-Rodríguez et al. 2011).

Ya que no existe información sobre la capacidad de dispersión de estas especies o sobre su rango de hogar, se optó por calcular su distancia de dispersión con base en las ecuaciones provistas por Sutherland *et al.* (2000). Estos autores evaluaron la correlación existente entre la distancia mediana y máxima de dispersión natal de 77 aves y 68 mamíferos con la masa corporal, el tipo de dieta, el sistema social, la familia taxonómica y el estatus migratorio (Cuadro 2). La masa corporal y el tipo de dieta resultaron ser los indicadores de mayor correlación con la distancia de dispersión mediana y máxima de las especies estudiadas. Este estudio, con base en revisión de literatura, indica que la mayoría de las especies evaluadas se dispersan a corta distancia y que la distancia máxima ocurre a menudo en algunas especies, pero a una frecuencia baja, y considera la distancia mediana como aquella en que al menos el 50% de todas las especies evaluadas se dispersa a dicha distancia.

Para el caso de las aves objeto de este estudio, la dispersión natal mediana y máxima se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características funcionales de las especies objeto de estudio

Fuente: elaboración propia. Con base en las investigaciones de Latta et al. 2006 y Sutherland et al. 2000.

Especie	Tipo de dieta	Peso (kg)	Dmed (km)	Dmax (km)
P. chloropterus	Nectarívoro	0.145	1.48	27.77
A. dominicus	Frugívoro	0.005	0.81	17.34

Considerando estos supuestos y la cercanía de los parches de hábitat presentes en la ciudad de Santo Domingo que favorece el desplazamiento a corta distancia de las especies, se determinó tomar la distancia de dispersión mediana para la modelación de la conectividad tanto para el *P. chloropterus* como para el *A. dominicus*.

4.2.4.2 Parches de hábitat

Dado que las áreas verdes arboladas son las que reúnen las condiciones para que el *P. chloropterus* y el *A. dominicus* puedan encontrar recursos y lugares de reproducción y anidamiento favorables, la clase de bosque y arbolado urbano fue seleccionada como hábitat para ambas especies. Es necesario señalar que solo la clase bosque y arbolado fue considerada para el estudio de la conectividad del *P. chloropterus* y el *A. dominicus*, por lo que existen limitaciones en la evaluación de la representatividad que pudieran tener las clases pasto y matorral u otras clases correspondientes a la infraestructura verde en la dispersión de las especies consideradas.

Varios estudios sobre riqueza, diversidad y abundancia de aves en ciudades establecen la relación entre el tamaño de los parches de hábitat, su estructura y la proximidad a los entornos más urbanizados de las ciudades. Drinnan (2005); Radford et al. (2005); Beninde et al. (2015) y Kang et al. (2015) estimaron un umbral de 3 a 5 ha por debajo del cual la riqueza y diversidad funcional de especies de aves dependientes de bosque y algunas adaptadas a las franjas de borde (Suárez-Rubio y Thomlinson 2009) rápidamente decrece. Sin embargo, estos mismos investigadores y otros con estudios realizados específicamente en La Hispaniola como el de Exantus et al. (2021) y Geary et al. (2021), resaltan la importancia de las pequeñas áreas verdes arboladas por debajo de 0.5 ha para brindar dormitorios y alimentos a las aves, que están de tránsito y a la vez, mantener la conectividad entre los remanentes de bosques de mayor tamaño localizados en la periferia de las ciudades.

No existen investigaciones sobre un umbral de tamaño focal para el *P. chloropterus*, sin embargo, Luna et al. (2018) y Geary et al. (2021) evaluaron la ocurrencia de la especie en ciudades y la preferencia de esta por los parques y jardines con variedad de árboles frutales. Particularmente, el estudio de Geary menciona la importancia que tienen las pequeñas áreas verdes arboladas del centro de la ciudad de Santo Domingo para la conservación del ave, dada la alta riqueza de arbolado nativo y no nativo que poseen y que ofrecen una gran variedad de recursos alimenticios.

En un estudio sobre el pariente más cercano del *A. dominicus*, el Mango Puertorriqueño (*Anthracothorax aurulentus*) se menciona un umbral ≥ 3 ha (Suárez-Rubio y Thomlinson 2009) basado en la mayor presencia de estas aves en áreas núcleo de bosques secos y húmedos y una menor presencia en las áreas de borde próximas a zonas de cultivos.

Para esta investigación se utilizaron tres umbrales de tamaño de parche de hábitat, (≥ 0.5 , ≥ 1 , ≥ 4 hectáreas) para evaluar la conectividad del *P. chloropterus* y el *A. dominicus* tomando en cuenta la literatura discutida arriba acerca de los tamaños aptos para el mantenimiento de la riqueza y diversidad de varias familias taxonómicas de aves con presencia en bosques urbanos y periurbanos (Radford et al. 2005; Drinnan 2005; Suárez-Rubio y Thomlinson 2009; Beninde et al. 2015; Kang et al. 2015; Geary et al. 2021).

4.2.4.3 Capas de fricción

El uso y por lo tanto los valores de resistencia al movimiento que ofrecen las diferentes clases de uso y cobertura de la tierra presentes en el área de estudio varían en función de las especies de interés. Ya que no existen estudios previos, que ofrezcan información sobre la abundancia, presencia o uso de las especies seleccionadas en los diferentes usos y cobertura de la tierra en Santo Domingo, se construyeron mapas de fricción al movimiento con base en tres variables, 1) el número de observaciones de las especies según registros de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF)¹¹, 2) la temperatura superficial de la tierra (LST) y 3) la distancia euclidiana al parche de hábitat más cercano. Estos mapas fueron creados para los tres tamaños de parche de hábitat seleccionado y las dos especies bajo estudio.

El número de observaciones por uso de suelo de las especies corresponden a un conjunto de datos de observaciones registradas en la plataforma GBIF. Los registros utilizados correspondieron un periodo de cinco años entre el 2018 y 2023. Datos provenientes de distintas plataformas que coincidían con las mismas coordenadas geográficas y la misma fecha fueron tomados como un solo registro para evitar duplicidad de los datos. Del total de registros se calculó el número de observaciones relativo para cada uso de suelo, de manera que un menor porcentaje de observaciones se interpreta como un mayor valor de resistencia. Estos valores fueron llevados a un rango de 1-100 donde 1 = baja resistencia y 100 = alta resistencia. Dado que se desconoce el comportamiento de las especies ante la fricción que puedan representar los edificios para su dispersión, se asignó un valor de 100 para el *A. dominicus* y un valor promedio entre todos los demás usos y coberturas, para el *P. chloropterus*, considerando que esta especie hace uso de determinados edificios históricos e institucionales de la ciudad para anidar y reproducirse.

La temperatura superficial de la tierra (LST) fue obtenida de la plataforma Climate Engine¹² usando como base una imagen de Landsat 8 con una resolución de 30 m, para el periodo de registro comprendido entre 2013 y 2023. La LST registra la temperatura calórica de la tierra derivada de la radiación solar, y es un parámetro importante para evaluar la energía superficial y el balance del agua de la atmósfera terrestre (Li et al. 2022). La literatura indica que la temperatura superficial es una variable que incide de manera directa en el bienestar humano y el comportamiento de la biodiversidad (Chapman et al 2017). En ciudades, el efecto de isla de calor tiene fuertes repercusiones en el calentamiento del microclima y la reflectividad lumínica del entorno, alterando el comportamiento de la fauna y su capacidad de movimiento. Por ejemplo, se ha comprobado que las aves buscan las zonas de menos radiación y mayor cobertura vegetal para habitar (Fernández-Juricic et al 2001; Mckinney 2008; Sushinsky et al 2012). La cantidad de vegetación es un indicador del estado de permeabilidad del suelo y dado que una mayor radiación de la superficie indica mayores niveles de superficie pavimentada, la LST se vuelve un parámetro crucial para medir la incidencia que tienen las olas de calor y la intensidad lumínica en la proporción de áreas verdes existentes y por ende es determinante para medir las probabilidades de conectividad de la fauna en el paisaje (Sumasgutner et al. 2023). Para este estudio mayores valores de LST (°C) se interpretan como una mayor resistencia al movimiento de las especies.

¹¹ gbif.org. doi 10.15468/dl.hq3eva

¹² <https://app.climateengine.org/climateEngine>

Se calculó la distancia euclidiana de cada píxel al parche de hábitat más cercano mediante la herramienta de Análisis para Distancia Euclidiana en ArcMap v.10.8. Esta herramienta describe la relación de las celdas del mapa a un parche de hábitat vecino considerando la distancia en línea recta. En esta relación píxeles más alejados de parches de hábitat corresponden a valores más altos de fricción.

Finalmente, cada capa de información fue estandarizada en valores de 1-10 y multiplicadas entre sí para obtener un ráster o mapa final de fricción para cada especie y para cada tamaño de parche de hábitat, con valores potenciales mínimos de fricción de 1 y valores máximos de fricción de 1000 en resolución de 5 m (Figura 3).

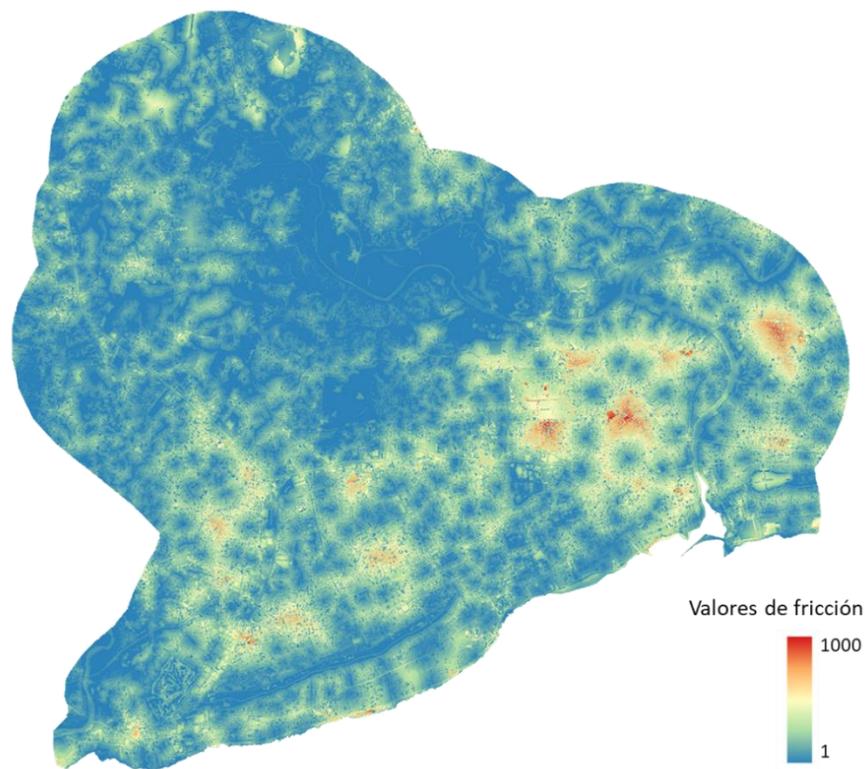


Figura 3. Capa de fricción para el *P. Chloropterus*.

Fuente: Elaboración propia. Capa reescalada en valores de 1-1000 con resolución de 5 m en el umbral ≥ 0.5 ha.

4.2.5 Modelación de la red de grafos

Para evaluar la conectividad funcional del *P. chloropterus* y el *A. dominicus* se utilizó el programa GRAPHAB v.2.8 (Foltete et al 2012). Este programa permite generar una red de grafos compuesta por nodos y enlaces valorados por los atributos ecológicos de cada parche de hábitat y la probabilidad de conectividad entre estos parches.

Graphab calcula las rutas de menor costo (RMC) entre parches de hábitat conectados dado un parámetro de dispersión de la especie, y permite el cálculo de métricas a nivel de parche y grafo que evalúan la probabilidad de conectividad global y la contribución de los nodos y parches individuales a la conectividad global (Pascual Hortal and Saura 2006).

Para este estudio se evaluó la conectividad funcional para ambas especies considerando los tres umbrales de tamaño de parches (≥ 0.5 ha; ≥ 1 ; ≥ 4 ha), el mapa de fricción generado para cada uno de estos tamaños, y la distancia mediana de dispersión de ambas especies de aves. La modelación de la red de grafos se realizó con base en la distancia de costo. La red de grafos generada mostró el conjunto nodos, enlaces y componentes que fueron empleados para el cálculo de las métricas de conectividad tanto a escala global del grafo, como a nivel de parche (Figura 4).

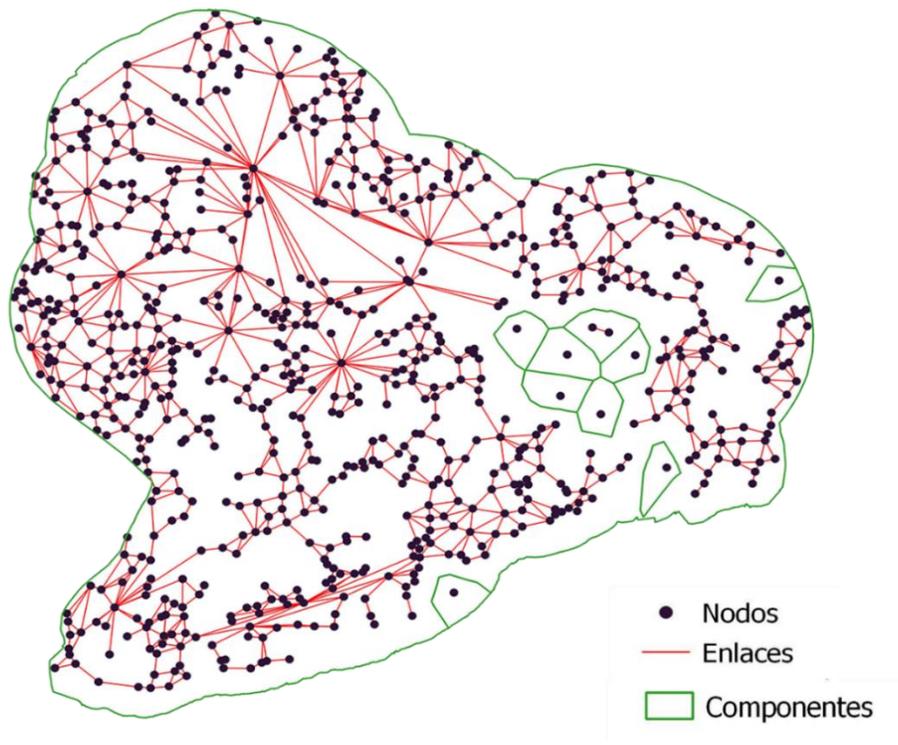


Figura 4. Red de grafos para el *A. dominicus* en el umbral ≥ 0.5 ha.

Fuente: Elaboración propia. En esta red de grafos se representan los nodos, que corresponden al centroide de los parches de hábitat, los enlaces que representan la interacción entre pares de nodos conectados y los componentes que contabilizan los grupos separados de nodos y enlaces en el grafo.

4.2.6 Métricas de conectividad

Se seleccionaron diferentes métricas para medir la conectividad ecológica que provee la infraestructura verde para el *P. chloropterus* y el *A. dominicus*. A nivel global se calculó la probabilidad de conectividad (PC) a nivel global (Saura y Pascual-Hortal 2007), la cual mide la probabilidad de que dos parches aleatoriamente ubicados en el área de estudio estén conectados. A nivel global se calculó también el número de componentes. Los componentes, que agrupan nodos y enlaces conectados entre sí, pero desconectados del resto de la red, son un indicador del estado de conectividad del grafo, el cual se traduce en menor conectividad en cuanto un mayor número de componentes son contabilizados en el grafo.

A nivel de nodo o parche se calculó la probabilidad de conectividad diferenciada $dPC_{connector}$ (Saura y Rubio 2010), una fracción de la métrica delta PC, la cual mide la variación en la conectividad global (PC) al remover un parche de hábitat indispensable para mantener la conectividad de otros parches. $dPC_{connector}$ es una de las diferentes formas en las que un nodo puede contribuir a la disponibilidad de hábitat y la conectividad en una red, específicamente $dPC_{connector}$ mide la contribución de un parche a la conectividad como elemento conector o “stepping stone” entre otros parches. (Saura and Rubio 2010). Esta fracción del dPC depende solo de la posición topológica del parche en la red del paisaje, y su cálculo es independiente de la capacidad del área o cualquier otro atributo considerado (Saura and Rubio 2010)

Otra métrica a nivel de parche calculada fue Betweenness Centrality (BC) (Bodin y Saura 2010) mide la probabilidad de conectividad considerando las facilidades de dispersión de las especies por las rutas de menor costo. BC pondera las rutas con relación a la capacidad de los parches que atraviesa independientemente de sus distancias en el paisaje (Bodin and Saura 2010). BC fue interpolada en el paisaje para obtener un valor de conectividad continuo, que permitiera identificar zonas de mayor o menor resistencia al movimiento o dispersión.

Además, a partir de la construcción del grafo, para el paisaje total, para cada circunscripción, y para el paisaje que representa el área de buffer alrededor del DN, se calcularon, la densidad de parches de hábitat y la densidad de rutas de menor costo que indican la mayor o menor probabilidad de conectividad, que representa la infraestructura verde para la dispersión de las especies.

4.3 Resultados

4.3.1 Identificación y caracterización de actores claves

En total se logró caracterizar a 52 actores relacionados directa o indirectamente con la gestión de la infraestructura verde del DN, que corresponden a 17 actores del sector público, 13 del sector empresarial, 15 de la sociedad civil, 3 del sector académico y 4 ONG internacionales (Cuadro 9, anexo 5.4).

4.3.1.1 Gestión pública

Existen varias instituciones descentralizadas que se encargan del manejo del arbolado urbano en respuesta a diferentes necesidades. Estas instituciones hacen cumplir las ordenanzas y resoluciones que emite el ADN y los decretos y leyes, que ordena el gobierno central (Cuadro 3).

Se confirmó que los organismos de socorro como el Cuerpo de Bomberos del Distrito Nacional (CBDN), la Defensa Civil y el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANS) están encargados de la poda y tala de árboles de forma periódica para el resguardo de la seguridad ciudadana ante situaciones de emergencia y en temporada ciclónica (Anexos 5.1.1). Las Empresas Distribuidoras de Electricidad (EDES) reciben concesiones por sector (EDEsur y EDEeste) y llevan a cabo la poda de los árboles que intervienen con el cableado eléctrico y de telecomunicaciones (Anexo 5.1.1).

En cuanto al manejo del recurso hídrico, la Corporación de Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Santo Domingo (CAASD), así como el viceministerio de Suelos y Agua, realizan la labor de saneamiento de los ríos, arroyos y cañadas que atraviesan el Gran Santo Domingo (GSD) (Anexo 5.1.1).

4.3.1.2 Organización civil y participación

Las juntas de vecinos están representadas por unidad barrial y se asientan en un sector, en una urbanización o en un residencial. Algunos sectores, como la ciudad colonial, cuenta con 13 juntas de vecinos equivalentes al número de sub-barrios que la conforman¹³ (Anexo 5.3).

Se obtuvo evidencia de la vinculación existente entre el Estado y las juntas de vecinos para elaborar estrategias tendientes a mejorar la infraestructura verde de Santo Domingo, llevando a cabo planes de reverdecimiento en los barrios por medio del uso de especies nativas y endémicas capaces de resistir el clima local y los fenómenos naturales (Montero, M.). Aunque se comprobó que el Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN) notifica a las juntas de vecinos para realizar intervenciones en los barrios y requiere de su anuencia para ejecutar las operaciones (Mets, F.) estas constantemente se mantienen en reclamos al ADN por la escasez en los servicios de ornato, limpieza y manejo de las áreas verdes (Valdés, M; López, W; Ramón, J.) (Anexos 5.1.1; 5.1.2).

¹³ Dirección de desarrollo comunitario (2016).

4.3.1.3 Participación privada

Aunque no se encontraron evidencias de acuerdos público-privados (más allá de la poda para el resguardo de la infraestructura de servicios y la seguridad ciudadana) para la creación, mejoramiento o manejo de áreas verdes en la ciudad, se pudo notar la presencia de soluciones verdes, tipo jardín vertical, así como la preservación de jardines frontales y traseros en residencias y áreas comerciales de algunos sectores de la circunscripción 1 y 2. Además, algunas empresas de la construcción y facultades de arquitectura de universidades privadas han estado haciendo esfuerzos en desarrollar proyectos de edificación sostenibles con prioridad hacia lo verde y el uso de la madera, así como en realizar inventarios a escala local de las especies arbóreas de determinados parques y plazas (Arias, N; Khoury, B; de Moya, H. Anexo 5.1.2).

Se comprobó la puesta en marcha de un plan de concientización para impulsar el uso de especies nativas y endémicas y su comercialización a minoristas, así como el abastecimiento de estas especies en áreas verdes públicas de la ciudad (Izquierdo, M; Montero, M; Sosa, D. Anexo 5.1.4). El aprovisionamiento de las plantas se lleva a cabo a través de dos viveros municipales, uno dirigido por el Jardín Botánico Nacional (JBN) y otro por la Dirección de Gestión Ambiental (Mets, F; Díaz, R. Anexo 5.1.4).

4.3.1.4 Investigaciones académicas y participación de ONG internacionales

Entre las academias de altos estudios que han centrado su atención en la ecología urbana, fueron identificadas aquellas cuyo enfoque han sido las investigaciones científicas y técnicas para la conservación de los ecosistemas. Entre las consultadas por entrevistas, el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), la Universidad Pedro Enríquez Ureña (UNPHU) y la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) han realizado censos de las especies dominantes por sector y han encuestado a las comunidades para conocer su percepción sobre el bienestar que les provee el arbolado urbano (Anexos 5.1.3; 5.1.4)

No se detectaron organizaciones internacionales con participación en la conservación o mejoramiento de la infraestructura verde de la ciudad; sin embargo, organizaciones como Hábitat para la humanidad y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) han tenido involucramiento en la asignación de fondos para ayudas sociales en zonas vulnerables, la inserción de programas para el fomento de la producción local, así como la provisión de equipamientos que fomentan el uso de energía limpia y el reciclaje (Anexo 5.3).

Con el conjunto de información recolectada de los actores claves, se realizó un análisis FODA donde se describieron las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que envuelven el estado actual de la gestión de la infraestructura verde (Cuadro 4).

Cuadro 3. Actores con participación en la gestión de la infraestructura verde que rigen las regulaciones de los usos de suelo en el DN y el GSD.

Función de los actores de la municipalidad y las normativas que rigen			
	Actores municipales	funciones que desempeñan	Normativas en las cuales se amparan
Organismos descentralizados	Dirección de Gestión Ambiental. Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN)	Elaboración de planes y normas para el control de las áreas verdes públicas. Gestión de la tala, poda y cultivo de especies en espacios públicos.	<p>Resoluciones no.94-98; 85-09; 131-01; 132-01</p> <p>Ordenanzas no.05-13; 06-13; 03-11; 08-11; 09-11; 09-19</p>
	Jardín Botánico Nacional (JBN)	Conservación de la diversidad genética de plantas nativas y endémicas. Cultivo de estas especies en espacios públicos. Abastecimiento al vivero del ADN.	
	Defensa Civil / CBDN / EDES / INTRANT	Gestión de la poda y tala de especies para la seguridad de la infraestructura vial.	
	Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)	Saneamiento de cañadas, abastecimiento de agua potable y recolección de aguas residuales.	
Gobierno central	Vic. de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Regional. Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo (MEPyD)	Directrices en los planes regionales de ordenamiento territorial.	Decreto que ordena la creación del Cinturón Verde de Santo Domingo no.183-93
	Vic. de Suelos y Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA)	Manejo y conservación de las cuencas hidrográficas.	Ley general sobre medio ambiente y recursos naturales no.64-00
	Vic. de Áreas Protegidas y Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA)	Manejo y conservación de las áreas protegidas y los bosques ribereños.	Ley sectorial de áreas protegidas no.202-04
			Decreto que declara de prioridad nacional el saneamiento de las cuencas altas, media y baja de los ríos Ozama e Isabela. no. 260-14
			Ley de ordenamiento territorial, uso de suelo y asentamientos humanos no.368-22

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4. Análisis FODA obtenido de los resultados de las entrevistas y las consultas a medios periodísticos.

Análisis FODA en la gestión de la infraestructura verde de Santo Domingo			
Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Creación y conservación mediante leyes y decretos de las áreas protegidas que hoy le sirven de pulmón al GSD	Posibilidad de mejora de la conectividad ecológica en el GSD aprovechando la alta biodiversidad en la periferia de la ciudad.	Débil fiscalización de los recursos naturales, lo cual vulnera el estado de conservación de las áreas protegidas.	Pérdida sustancial de las áreas verdes urbanas y periurbanas y la subsecuente degradación de los ecosistemas y la disminución de la biodiversidad.
Autonomía institucional para la gestión de las áreas verdes.	Posibilidad de alianzas estratégicas entre los diferentes actores para rehabilitar y conservar las áreas verdes.	Deficiencia de la capacidad técnica en el manejo de las áreas verdes por parte de algunas instituciones, lo cual dificulta un trabajo mancomunado efectivo.	Potencial daño y peligrosidad en los espacios públicos debido al mal manejo en la gestión de las áreas verdes.
Participación de las academias, empresas y organizaciones civiles en el estudio de la biodiversidad.	Desarrollo de investigaciones futuras para la ampliación y difusión del conocimiento sobre la biodiversidad nativa y endémica y participación de las comunidades en las estrategias de conservación.	Falta de apoyo institucional en los esfuerzos que realizan las universidades y otras academias de ciencias para el impulso del conocimiento florístico y faunístico.	Toma de decisiones inoportunas por parte de las autoridades, debido a la exclusión del sector académico y las organizaciones civiles.

Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Caracterización del paisaje urbano

El paisaje de Santo Domingo está mayoritariamente dominado por la infraestructura gris, en particular por la clase superficie pavimentada/s. desnudo, la cual ocupa el 31.93%, seguida de las clases bosque y arbolado con 24.42% y edificios con 19.87%. El resto de las clases, vías (6.43%), matorrales (6.10%), cuerpos de agua (6.03%) y pasto (5.22%) representaron menos del 20% del paisaje.

La clase bosque y arbolado en este estudio corresponde al componente de la infraestructura verde representativo de los parches de hábitat para las especies *A. dominicus* y *P. chloropterus*, y está representada en el paisaje de estudio por un total de 38,224 parches, con un tamaño promedio de 0.13 ha (D.E. +- 2.71 ha), con una distancia promedio al vecino más cercano de 11.31m. La mayoría de estos parches (98.81%) corresponde a tamaños de menos de 1 ha; solo 1,983 parches son mayores a 10 ha y solo 5 parches son mayores a 100 ha. Entre los parches mayores a 100 ha resaltan el Jardín Botánico (JBN) con 114.61 ha y el Parque Mirador Norte (PMN) con 315.93 ha (Figura 5)

El análisis de la configuración de la clase de bosque y arbolado urbano por circunscripción indicó que la circunscripción 1, al sur del área de estudio, contiene muchos parches pequeños de 0.07 ha en promedio (DE+- 0.29 ha) separados por distancias cortas de 10.56 m en promedio para una densidad de 1431 parches por hectárea. La circunscripción 2, al norte del área de estudio, contiene en promedio los parches más grandes con 5.30 ha (DE+- 3.92 ha) y la circunscripción 3 es la que menos parches posee y con tamaños más pequeños de 0.04 ha en promedio (DE+- 0.13 ha) (Cuadro 5)

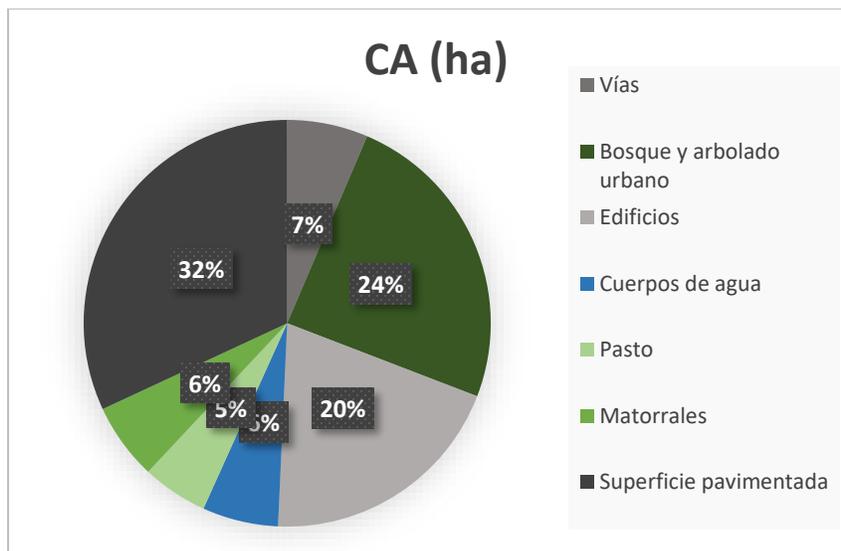


Figura 5. Proporción de las clases en el paisaje.
Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Composición y configuración de la clase bosque y arbolado en el paisaje, en el buffer de 2.5 km y por circunscripción con parches de hábitat desde 50 m².

Cuantificación de la clase bosque y arbolado en el paisaje								
métrica	Paisaje							
	≥ 0.005 ha	≥ 0.5 ha	≥ 1 ha	≥ 4 ha				
CA	4886.25	3254.28	2948.46	2340.23				
NP	38224.00	875.00	443.00	110.00				
PD	782.28	26.89	15.02	4.70				
AREA_MN	0.13	3.72	6.66	21.27				
AREA_RA	317.79	316.04	314.76	311.76				
AREA_SD	2.71	17.36	23.98	44.98				
ENN	12.6758	56.14	64.47	128.19				
Cuantificación de la clase bosque y arbolado en el buffer de 2.5 km y por circunscripción								
métrica	Circunscripción 1				Circunscripción 2			
	≥ 0.005 ha	≥ 0.5 ha	≥ 1 ha	≥ 4 ha	≥ 0.005 ha	≥ 0.5 ha	≥ 1 ha	≥ 4 ha
CA	696.24	252.68	181.23	53.51	1419.61	1139.85	1068.24	943.06
NP	9970.00	188.00	82.00	7.00	6794.00	215.00	110.00	34.00
PD	1431.99	74.40	45.25	13.08	478.58	18.86	10.30	3.61
AREA_MN	0.07	1.34	2.21	7.64	0.21	5.30	9.71	27.74
AREA_RA	16.89	16.88	16.88	12.76	241.44	240.82	240.32	237.26
AREA_SD	0.29	1.61	2.15	4.13	3.92	21.19	28.94	47.31
ENN	10.56	78.55	131.49	787.47	11.25	34.70	43.70	35.18
métrica	Circunscripción 3				Buffer			
	≥ 0.005 ha	≥ 0.5 ha	≥ 1 ha	≥ 4 ha	≥ 0.005 ha	≥ 0.5 ha	≥ 1 ha	≥ 4 ha
CA	121.80	25.44	11.87	0.00	2622.97	1833.91	1685.01	1342.14
NP	3075.00	25.00	6.00	0.00	18359.00	491.00	288.00	107.00
PD	2524.73	98.29	50.54	0.00	699.93	26.77	17.09	7.97
AREA_MN	0.04	1.02	1.98	0.00	0.14	3.74	5.85	12.54
AREA_RA	3.99	3.31	2.72	0.00	316.70	315.94	315.16	315.16
AREA_SD	0.13	0.78	1.12	0.00	2.80	16.63	21.40	33.97
ENN	13.65	201.43	516.24	0.00	12.00	51.77	54.35	115.26

Fuente: elaboración propia.

4.3.3 Conectividad de la infraestructura verde

La modelación de la red de grafos estuvo compuesta por nodos, que no variaron ni en la capacidad del tamaño del área, ni en número de parches entre ambas especies, y por enlaces que variaban en función de la capacidad de dispersión de cada especie y de la fricción del paisaje. La modelación se llevó a cabo con tres tamaños de parches de hábitat. Considerando como parches de hábitat los parches de bosque y arbolado urbano de al menos 0.5 ha, el paisaje contó con un máximo de 733 nodos, 170 parches en la circunscripción 1, 142 parches en la circunscripción 2, y solo 30 parches en la circunscripción 3 (Cuadro 6). Al aumentar el tamaño de parche mínimo a considerar como parches de hábitat, el número de nodos y enlaces y por lo tanto su densidad, disminuyó, reflejándose también en una disminución de la métrica global PC y un aumento en el número de componentes, ambos indicadores de una disminución en la conectividad global para ambas especies (Cuadros 6-7).

Los enlaces mostraron diferencias de densidades por especie a nivel de paisaje con 1,329 enlaces para el *P. chloropterus* y 1,205 para el *A. dominicus*, esta última con una capacidad de dispersión mediana menor. La mayor diferencia de densidades de enlaces por especie se manifestó en la circunscripción no.3 donde el *P. chloropterus* obtuvo 71.94 y el *A. dominicus* 49.83 (Cuadro 7).

La baja presencia de densidades de estos enlaces de conectividad en la circunscripción 2 y la ruptura de la conectividad en la circunscripción 3 revelaron la heterogeneidad y distribución desigual de parches de hábitat del patrón del paisaje y el estado de vulnerabilidad en el que se encuentra la infraestructura verde. Si bien, la conectividad en términos de la densidad de nodos y enlaces para ambas especies disminuyó conforme aumentó el tamaño de los parches de hábitat, lo cual se reflejó en un mayor número de componentes en el grafo, la disminución fue más notoria para el *A. dominicus*, la especie con menor capacidad de dispersión (Figura 6; Cuadro 7).

Cuadro 6. Probabilidad de conectividad global (PC) de la red de grafos en los tres umbrales de tamaño de parches y para las dos especies.

Umbral de tamaño	<i>Psittacara chloropterus</i>			
	Nodos	Enlaces	Comp.	PC
≥ 0.5 ha	733	1329	2	0.013
≥ 1 ha	362	622	3	0.011
≥ 4 ha	100	154	6	0.006
Umbral de tamaño	<i>Anthracothorax dominicus</i>			
	Nodos	Enlaces	Comp.	PC
≥ 0.5 ha	733	1205	10	0.013
≥ 1 ha	362	554	12	0.008
≥ 4 ha	100	128	12	0.006

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Cuantificación de la red de grafos para las especies de estudio en los tres umbrales de tamaño y diferentes escalas del paisaje.

Umbral de tamaño	Escala	<i>P. chloropterus</i>			<i>A. dominicus</i>		
		Densidad			Densidad		
		Nodos (np/ha)	Densidad de enlaces (m/ha)	Tamaño promedio de nodo (ha)	Nodos (np/ha)	Densidad de enlaces (m/ha)	Tamaño promedio de nodo (ha)
≥ 0.5 ha	Buffer	0.041	17.103	4.876	0.041	13.523	4.876
	Circ. #1	0.043	102.194	2.118	0.043	94.655	2.118
	Circ. #2	0.036	51.754	8.669	0.036	50.463	8.669
	Circ. #3	0.023	71.936	1.200	0.023	49.830	1.200
≥ 1 ha	Buffer	0.022	8.469	8.588	0.022	6.707	8.588
	Circ. #1	0.020	40.878	3.468	0.020	24.470	3.468
	Circ. #2	0.019	30.780	15.716	0.019	28.282	15.716
	Circ. #3	0.008	14.251	1.600	0.008	12.808	1.600
≥ 4 ha	Buffer	0.008	4.553	20.754	0.008	2.983	20.754
	Circ. #1	0.004	2.507	12.214	0.004	2.856	12.214
	Circ. #2	0.004	0.988	75.214	0.004	2.643	75.214
	Circ. #3	0.002	0.938	2.000	0.002	1.116	2.000

Fuente: elaboración propia

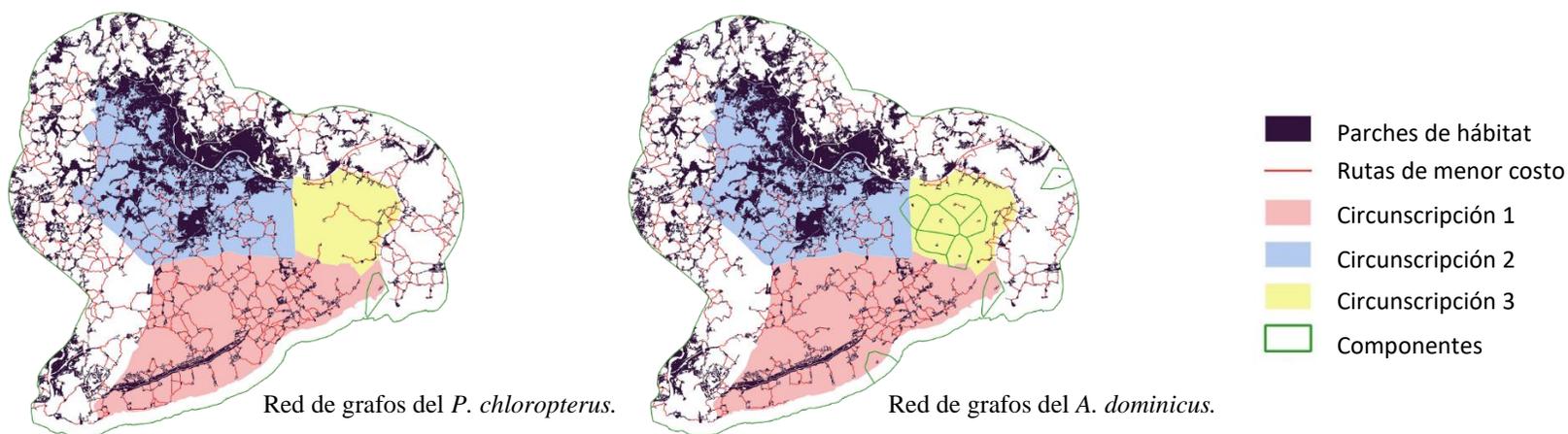


Figura 6. Red de grafos en el umbral ≥ 0.5 ha para ambas especies compuesta por los parches de hábitat, las rutas de menor costo y los componentes de la red.

Fuente: elaboración propia.

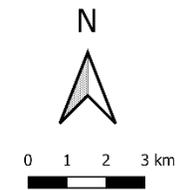
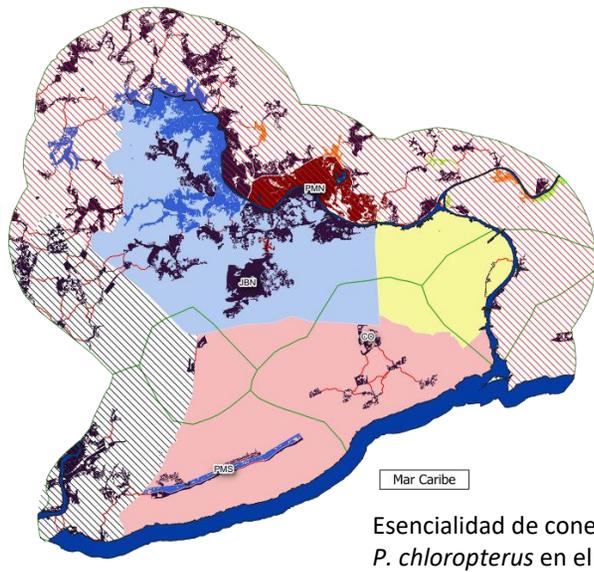
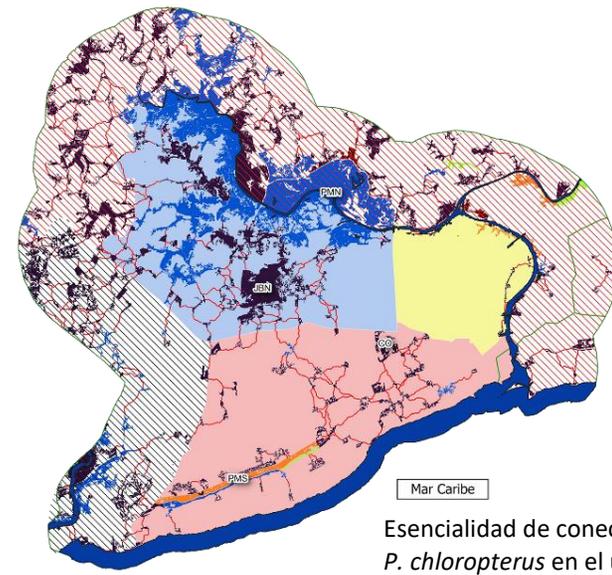
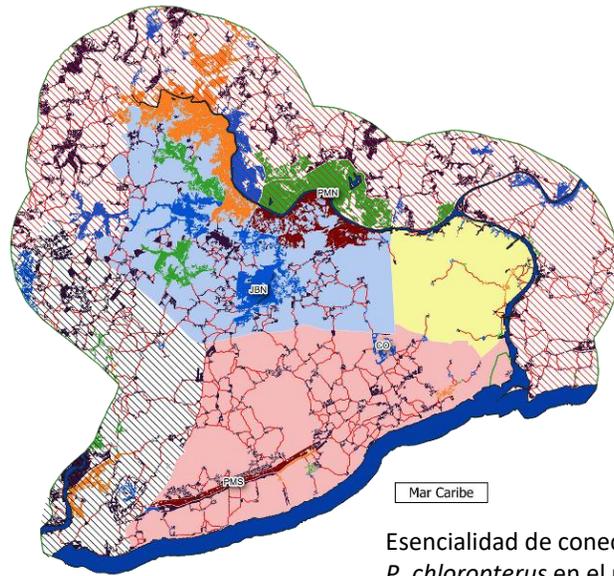
4.3.3.1 Esencialidad de parches para la conectividad

El nivel de esencialidad de los parches de hábitat, denotada por la métrica dPCconnector, para mantener la conectividad arrojó diferencias entre ambas especies y entre umbrales de tamaño de los parches de hábitat. Comparando los tres umbrales ≥ 0.5 , ≥ 1 y ≥ 4 ha y considerando las diferencias en la capacidad de dispersión de las especies, se observó que la variabilidad en la esencialidad de los parches de ambas especies está relacionada con el número de enlaces entre ambas (Figuras 7-8).

Parches con niveles de esencialidad media y alta fueron encontrados en mayor número en la circunscripción 2 (n=6) la mayoría (98%) con tamaños mayores a 100 ha, y el buffer de 2.5 km donde sale a relucir el parque Mirador Norte (PMN) con muy alta esencialidad, en el cual se encontraron hasta 12 parches en el umbral ≥ 0.5 ha para el *P. chloropterus* (figura 6). En la circunscripción 1 el parque Mirador Sur (PMS) fue el único parche de hábitat que mostró una alta esencialidad para la conectividad. Luego dos parches tuvieron esencialidad de media a baja, estos fueron el Centro Olímpico (CO) con una esencialidad baja y los remanentes arbóreos de la zona de Gazcue con una esencialidad alta para el *P. chloropterus* y baja para el *A. dominicus*. La circunscripción 3 encontró 4 parches con esencialidad de media a alta para el *P. chloropterus* con un rango de tamaño máximo de 4 ha y tres parches con esencialidad muy alta para el *A. dominicus* (entre 1-2 ha) en la zona ribereña del río Ozama (Figuras 7-8).

4.3.3.2 Probabilidad de conectividad interpolada

La probabilidad de conectividad calculada a través de la interpolación de la métrica BC, mostró una fuerte variabilidad entre especies y en los tres umbrales de tamaño de parches. Esta variabilidad fue evidente entre la circunscripción 2 más el buffer de 2.5 km con respecto a la circunscripción 1 y 3 (figuras 8-9). En la circunscripción 2 y el buffer de 2.5km, donde se contaron los parches de mayor tamaño y más conectados se evidenció la mayor probabilidad de conectividad. La circunscripción 1, donde se evidenció la mayor densidad de enlaces en umbrales ≥ 0.5 ha y 1 ha, tuvo mayores probabilidades de conectividad que la circunscripción 3, la cual contó con menor número de parches y de enlaces (Figuras 9-10; Cuadro 7).



- Niveles de esencialidad
- Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy alta
- Cuenca río Ozama
 - Cuenca río Haina
 - Circunscripción 1
 - Circunscripción 2
 - Circunscripción 3
 - Cuerpos de agua
 - Rutas de menor costo
 - Componentes

Figura 7. Niveles de esencialidad para la conectividad, basada en la métrica dPCconnector, para la especie *P. chloropterus* en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.
Fuente: elaboración propia.

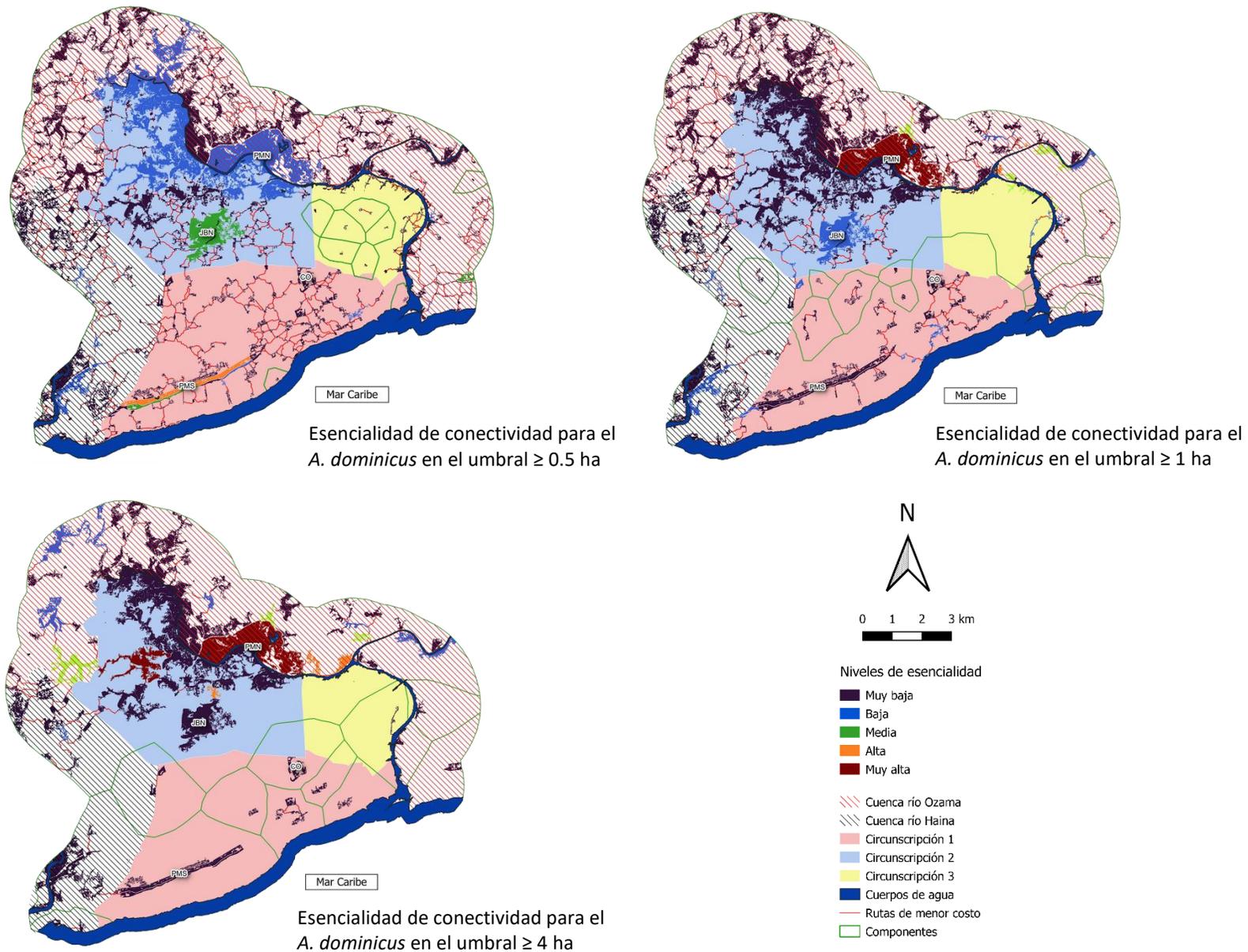


Figura 8. Niveles de esencialidad para la conectividad, basada en la métrica dPCconnector, para la especie *A. dominicus* en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.
Fuente: elaboración propia.

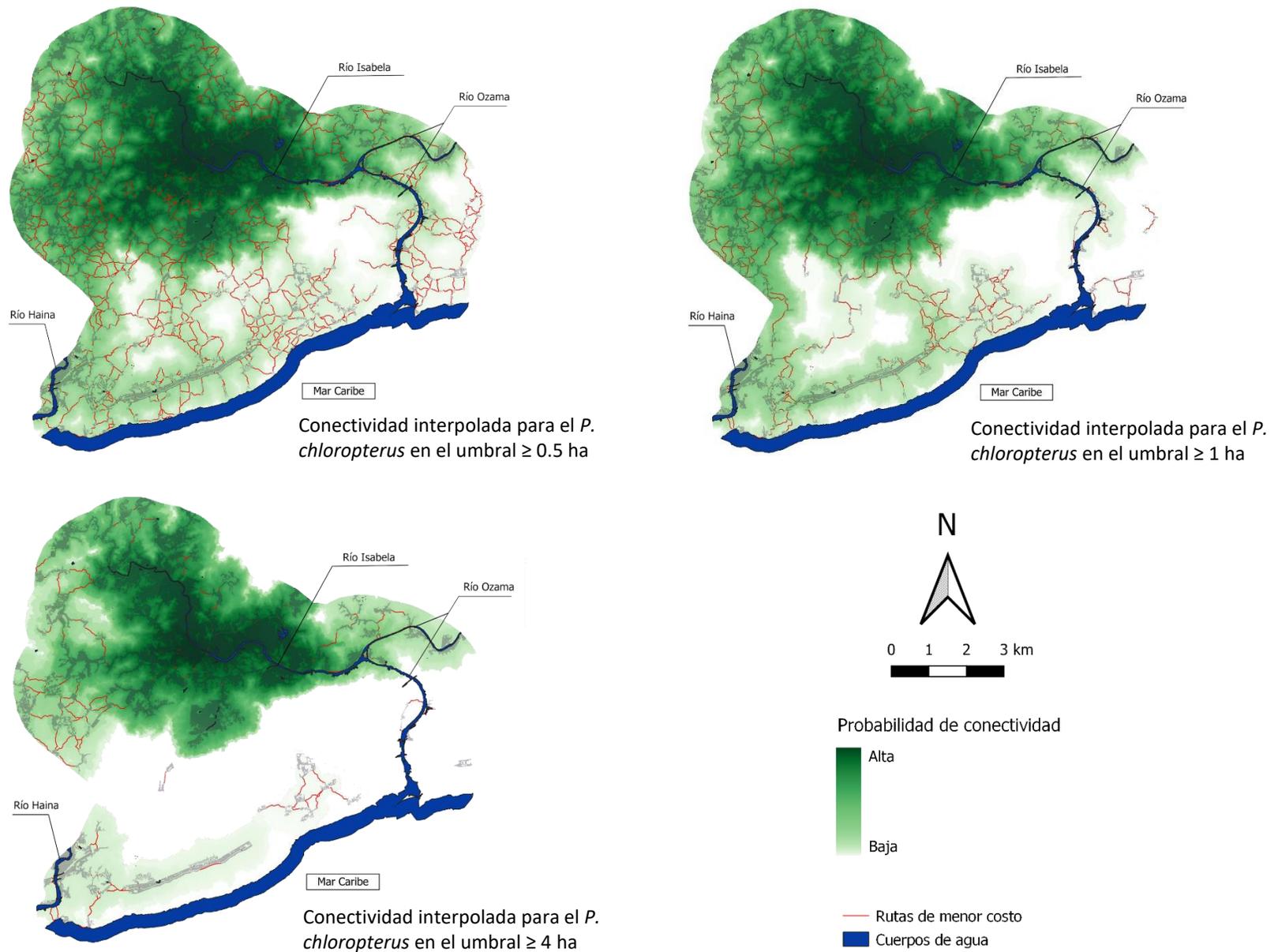
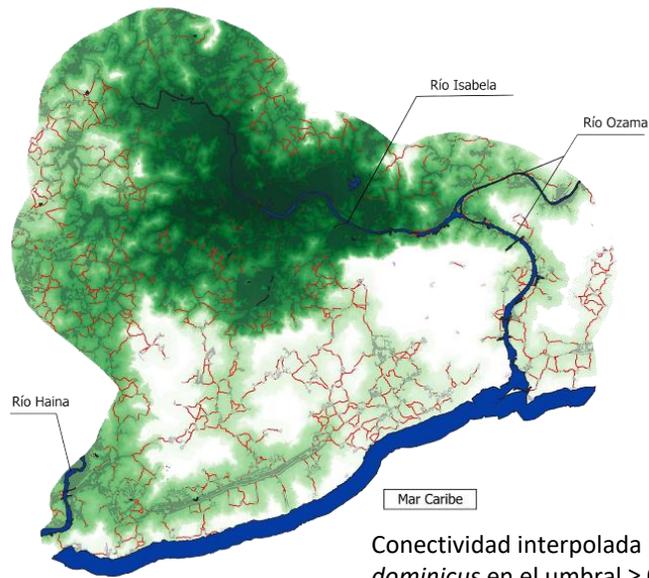
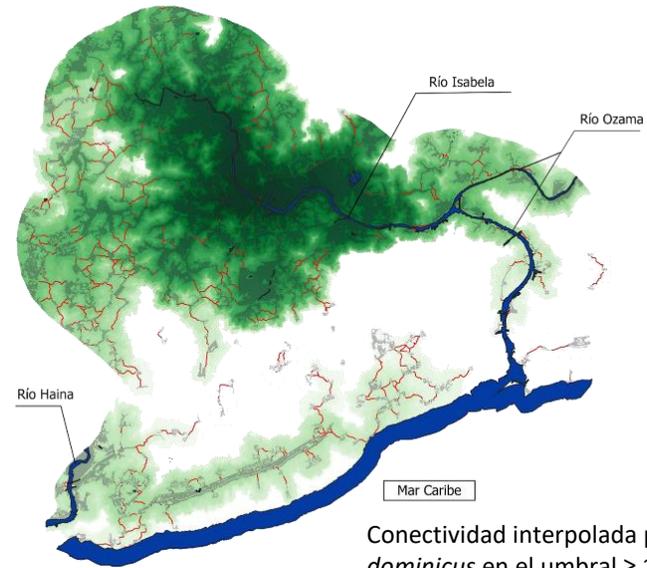


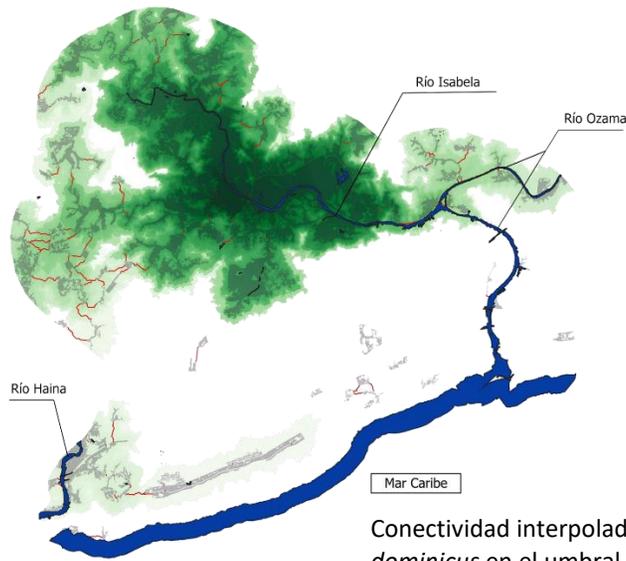
Figura 9. Probabilidad de conectividad interpolada, basada en la métrica BC, para la especie *P. chloropterus* en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.
Fuente: elaboración propia.



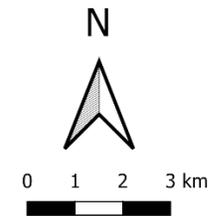
Conectividad interpolada para el *A. dominicus* en el umbral ≥ 0.5 ha



Conectividad interpolada para el *A. dominicus* en el umbral ≥ 1 ha



Conectividad interpolada para el *A. dominicus* en el umbral ≥ 4 ha



Probabilidad de conectividad



- Rutas de menor costo
- Cuerpos de agua

Figura 10. Probabilidad de conectividad interpolada, basada en la métrica BC, para la especie *A. dominicus* en los tres umbrales de tamaño de parches de hábitat.

Fuente: elaboración propia.

4.4 Discusión

4.4.1 Conectividad en Santo Domingo

Algunas investigaciones que resaltan el valor de la infraestructura verde para el mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de servicios ecosistémicos y el bienestar humano demuestran la importancia que tienen las pequeñas áreas verdes intraurbanas para permitir el movimiento de aves adaptadas a la ciudad en su búsqueda de recursos y hábitat (Sushinsky et al. 2012), mientras que otros estudios evidencian que los parches de mayor tamaño, sobre todo aquellos de las áreas periurbanas, son los más importantes para mantener la conectividad de las poblaciones (Maseko et al. 2020).

Los mapas de esencialidad de parches para la conectividad indicaron la presencia de pequeñas áreas verdes menores a 1 ha con esencialidad media y baja, con excepción de algunas áreas en los bordes ribereños de los ríos Ozama e Isabela que mostraron muy alta esencialidad (Figuras 7-8). Con esto se evidenció la necesidad de recuperar pequeñas áreas verdes, que permitan aumentar el número de rutas de menor costo para las especies, lo cual elevaría el nivel de esencialidad de ciertos parches y produciría que otros parches de esencialidad muy baja ganen en relevancia para la conectividad.

Estudios como los de Szabó (2010a) y Almonte-Espinoza (2018) señalan la importancia de los bosques de la periferia para preservar una gran riqueza y diversidad de especies en una variedad de ecosistemas. Sin embargo, estos grandes remanentes de bosque en los bordes de la ciudad no garantizan un flujo genético con las poblaciones del interior de la ciudad. Los resultados de este estudio indican que áreas verdes más pequeñas menores a 1 ha y separadas a menos de 100 m, serían importantes para mejorar la esencialidad de ciertas áreas arboladas que actualmente poseen un grado de media a baja esencialidad, como son el Centro Olímpico y los bosques urbanos próximos a la zona ribereña del río Ozama (Figuras 7-8). Esto es especialmente importante para especies con menor capacidad de dispersión como el *A. dominicus*, para la cual la ausencia de estos parches pequeños resulta en una disminución de los niveles de conectividad.

Para la mejora de la conectividad es necesario tomar en cuenta la estructura vertical de la vegetación (Mckinney 2008; sushinsky et al 2012; Beninde et al 2015; Kang et al 2015; Bonanca et al 2017; Maseko et al. 2020). Por ejemplo, hay una gran variedad de seres vivos, entre ellos las aves, que tienen dependencia por ciertas plantas, desde las herbáceas hasta los grandes árboles. Dotar a la estructura del bosque de variedad en su riqueza florística permitiría un incremento en el mantenimiento de las funciones ecológicas que cumplen los animales y por lo tanto es un indicador del estado de conectividad que pueda haber entre las especies (Fernández-Juricic 2001). La necesidad de mejoramiento de las áreas verdes existentes en términos de su riqueza y composición de especies, considerando la inclusión o el mantenimiento de un mayor número de especies y/o de especies de árboles y plantas nativas en los parches de hábitat ya existentes, es primordial considerando el tamaño promedio de los parches de bosque y arbolado urbano dentro de los límites del DN, y la limitación que existe en paisajes urbanos de aumentar el número de áreas verdes o el tamaño de las ya existentes (cuadro 5).

Los resultados muestran diferencias en la conectividad entre circunscripciones para las dos especies de aves seleccionadas. Estas diferencias en conectividad parecen estar relacionadas con las características socioeconómicas de estas áreas descritas por Szabó (2010a). La circunscripción no.2, donde se fue asentando la clase media-alta a partir de los años 70, es la que posee los remanentes de bosque más importantes del DN con 110 parches con más de 1 ha separados a menos de 50 m de distancia, mientras que la circunscripción no.3, donde se fue asentando la población más vulnerable en las márgenes de los ríos, es la que presenta la mayor ruptura de conectividad con solo seis parches mayores a 1 ha con separaciones mayores a los 500 m de distancia (Cuadros 5-7). Con ello se evidencia la necesidad de desarrollar políticas encaminadas a regular mejor los usos de suelo y a buscar alternativas para la producción local haciendo un uso sostenible de los recursos naturales con el fin de mejorar la calidad ambiental y ecológica del paisaje urbano.

4.4.2 Situación de los ríos y las áreas verdes periurbanas

Estudios como los de Sushinsky et al. (2012) y Ng et al. (2012) dan fe de la importancia que tienen las áreas verdes periurbanas para el mantenimiento de la biodiversidad y el efecto de enfriamiento que generan para el beneficio de las zonas céntricas de la ciudad; además de servir de frontera entre lo urbano y lo rural y de proveer de tierra fértil hábil para la producción y otros usos.

En Santo Domingo se cuenta con el Cinturón Verde, una franja verde que con el tiempo se ha visto muy afectada a falta de una gestión capaz de impedir la expansión urbana producto del rápido crecimiento demográfico que ha experimentado la ciudad. Como documenta el propio ADN (2020) y otros informes anteriores como los del CONAU (2007), los ríos Haina, Isabela y Ozama que atraviesan el Gran Santo Domingo (GSD) se hallan en estado crítico de contaminación debido al vertido de sustancias químicas de las industrias que operan en sus alrededores y a la deposición de desechos provenientes de los asentamientos humanos en estado de vulnerabilidad en sus riberas. Desde hace décadas, las medidas tomadas por el gobierno para liberar parte de la presión que reciben estos ríos de los contaminantes ha sido el reasentamiento de las comunidades y el saneamiento de sus cauces. Sin embargo, a falta de un control para evitar el establecimiento de nuevos asentamientos, la situación sigue siendo la misma.

El mapa de parches esenciales para la conectividad mostró cómo algunos parches próximos a las cuencas Haina e Isabela tienen niveles de esencialidad muy alta debido al flujo de enlaces que poseen y a la función de conector que le permite enlazar otros parches (Figuras 7-8), por lo que una intervención a escala metropolitana para la conservación y manejo de la cuenca hidrográfica como sostiene Taveras, W (Anexo 5.1.3) es una necesidad primaria para el mantenimiento de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad. Por otro lado, los mapas evidenciaron la gran carencia de parches de arbolado urbano y la ruptura de la conectividad que se produce en la circunscripción no.3 que acoge a las poblaciones vulnerables de las zonas ribereñas. Un aspecto importante para considerar es precisamente ese estado de vulnerabilidad en que viven las comunidades próximas a la ribera de los ríos, un problema social que se extiende a toda la circunscripción no.3 del DN. En entrevista a los investigadores Khoury, B y Pimentel, R (Anexo 5.1.3) y con base en lo observado en el mapa de conectividad, se constató la necesidad de que se desarrollen planes que promuevan a la recuperación y monitoreo de las zonas ribereñas que sirvan

de barrera natural a las inundaciones y que se fomenten micronegocios para las actividades pesqueras que sirven como medio de vida para esas comunidades.

4.4.3 Gestión de la infraestructura verde en Santo Domingo

Dada la importancia que tienen los actores del sector público, el empresariado y la sociedad civil en la toma de decisiones para gestionar el territorio de manera sostenible y en beneficio de la calidad de vida de los seres humanos y el mantenimiento de la biodiversidad, se hace necesario enlazar los hallazgos de los mapas de esencialidad de parches y de probabilidad de la conectividad interpolada con las estrategias de mejoramiento del verde urbano.

Una manera de impulsar la gestión sostenible de la infraestructura verde puede ser evaluando el potencial ecosistémico que proveen los bosques urbanos y los pequeños parques y plazas arbolados de la ciudad a la economía nacional como refieren los trabajos de Bonilla-Duarte et al. (2021) y Meléndez-Ackerman (2022) y que esto sirva como motor para que se promuevan subsidios estatales e incentivos público-privados para impulsar la labor silvicultural (Ortiz 2020).

Otra forma puede ser mediante la evaluación de la conectividad ecológica y los beneficios que puede generar para el bienestar humano, la conservación de la naturaleza, el impulso al turismo y el desarrollo económico. Tener conocimiento del lugar donde se encuentran los actores y la proximidad de estos a las zonas de mayor y menor probabilidad de conectividad (Figura 11) puede ser un referente para que los tomadores de decisión planifiquen estrategias de participación a escala sectorial y por circunscripción que permitan una mayor descentralización de la gestión en labores de poda, reforestación de zonas ribereñas, parques y plazas urbanos, saneamiento de ríos y arroyos, etc. Es importante que en estas labores se incluya al empresariado y las comunidades (Calaza et al. 2018). Este paso puede ser un referente para que también se tomen medidas encaminadas a concientizar a la población sobre la importancia de la vegetación en el bienestar físico y sociocultural del ser humano y del impulso que puede generar en la economía de las ciudades.

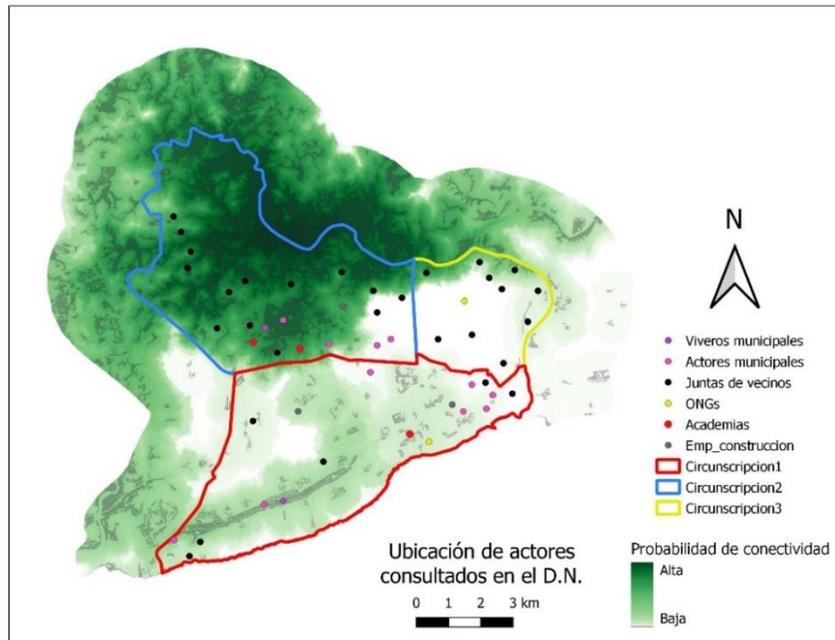


Figura 11. Ubicación de actores en el DN y su proximidad a las zonas de mayor y menor probabilidad de conectividad

Fuente: elaboración propia.

4.4.4 Fomento de la biodiversidad y del bienestar humano

Dotar a la ciudad de la variedad florística apropiada es indispensable para el enriquecimiento de la biodiversidad en general. Tomando como ejemplo el gremio de las aves, las relaciones de mutualismo entre planta-animal, que se dan en algunas aves es un factor para tener en cuenta en el diseño de los espacios exteriores con vegetación apropiadas que puedan servir tanto en beneficio de la biodiversidad como del confort humano. Tomar en consideración ciertos aspectos como el tipo de vegetación (herbáceas, arbustos, árboles) y su función ecosistémica (sombra, control de escorrentías, purificación del aire, aislamiento acústico y visual, entre otros) para ser aplicado en lugares ecológicamente estratégicos, permitiría dar un gran impulso al desarrollo de la infraestructura verde y la conectividad.

Si bien, en Santo Domingo se ha incrementado la adopción de plantas nativas y endémicas en parques y plazas de la ciudad (com. Pers Montero, M.; Guerrero, A y Mets, F.), que ha resultado en una mejoría notable en la presencia de fauna, sobre todo en especies de aves, según lo informado por dirigentes de juntas vecinales (Anexo 5.1.4), es importante mencionar que el mantenimiento en el tiempo de estas acciones en la gestión solo será posible si hay una ciudadanía con la suficiente conciencia para reconocer el valor ecológico que proveen las áreas verdes.

Una manera de ir acrecentando la conciencia ciudadana en torno al valor que proveen las áreas verdes es precisamente promoviendo un uso diverso de estos espacios. La investigadora Guerrero,

A (anexo 5.1.4) plantea la necesidad de que los parques y plazas no sean solo áreas de esparcimiento, sino de encuentro para el fomento de las artes y las ciencias. Ya existen en la ciudad parques y centros culturales arbolados que cumplen con esta función, como son el Parque Mirador Sur, que posee el Centro Cultural Mirador Sur. También está la plaza de la cultura que alberga los Museos del Hombre Dominicano, de Historia Natural, la Biblioteca Nacional. El Parque Iberoamérica que acoge el Conservatorio Nacional de música. El Centro Olímpico y sus equipamientos deportivos. Todos estos son parques de gran valor cultural que acogen a una gran población provenientes de todo el GSD. El mapa de parches esenciales evidenció que algunos de estos parques y centros culturales son de mucha importancia por su tamaño en proporción al resto de parches menores a 1 ha y por su posición para conectar otras áreas verdes (Figuras 7-8) lo cual indica que se deben desarrollar propuestas encaminadas a la conservación y recuperación de estas áreas y que a la vez pueden servir de punto de partida para las acciones dirigidas a mejorar la infraestructura verde en general.

Dado los procesos de expansión y densificación urbana que ha experimentado Santo Domingo desde los años 50 (Szabó 2010a) y debido a los retos que impone el calentamiento global en la gestión de los recursos, es necesario que se realicen operaciones de monitoreo por sensores remotos de los cambios en las coberturas de bosque y arbolado urbano de forma periódica. Esto permitirá a la municipalidad desarrollar planes a corto, mediano y largo plazo que vayan en línea con las asignaciones de usos y coberturas provistas en el Plan de Ordenamiento Territorial (ADN 2019) y para evaluar los servicios ecosistémicos de la infraestructura verde y azul que tengan potencial para la revitalización y resiliencia de la ciudad. Este trabajo de mapeo y monitoreo debe realizarse con capas de información con una alta resolución espacial y espectral, que permitan monitorear la cobertura vegetal de diferentes elementos incluyendo árboles individuales, elementos lineales (arbolado en calles y avenidas) y parches de bosque y arbolado urbano (Hofmann et al 2011).

4.5 Conclusiones

Los hallazgos descritos en este estudio permitieron establecer las líneas generales para que se tomen acción desde la planificación, el diseño y la gestión de la infraestructura verde y azul de la ciudad y su periferia. Al evaluar la conectividad estructural y funcional del territorio se puede tener un indicador del estado de fragmentación o aislamiento que presenta la cobertura boscosa y áreas arboladas de la ciudad y gestionar acciones para la implementación de posibles corredores que permitan el flujo de especies de plantas y animales de los remanentes de hábitat de mayor capacidad (por lo regular las áreas periurbanas) con las áreas verdes de menor tamaño (parques, plazas, islas de tránsito, caminos arbolados y jardines privados).

Tanto los mapas de parches esenciales como los de probabilidad de conectividad interpolada para ambas especies *P. chloropterus* y *A. dominicus* evidenciaron la irregularidad que presenta la infraestructura verde en su distribución tanto en el paisaje como por circunscripción en la cantidad y tamaño de parches de hábitat disponibles con lo que se demostró la necesidad de una intervención para la conservación por parte de los actores públicos que regulan el territorio.

4.6 Recomendaciones

Como sugerencia ante las acciones de mejora que se puedan ejecutar por parte de los actores que gestionan el territorio, es necesario resaltar la importancia de que se desarrollen otros estudios sobre conectividad ecológica estructural y funcional para Santo Domingo, considerando otras variables y especies objeto de estudio para diferentes escalas y extensiones del paisaje, desde el nivel sectorial o vecinal, hasta el nivel metropolitano. Esto permitiría evaluar cómo afecta la fragmentación del paisaje en la dispersión de determinadas especies que son sensibles a su entorno o en el caso de especies adaptadas cómo afecta el medio antrópico en el que se mueven (edificios, superficie pavimentada, presencia humana, etc.).

Otro aspecto a considerar es el conocimiento que se tenga sobre la ecología de la(s) especie(s) objeto de estudio, como su gremio trófico, condiciones de hábitat, rango de dispersión, etc. para el caso de las aves consideradas en esta investigación, hacen falta mayores estudios sobre la capacidad de dispersión o el tamaño de hábitat que estas especies requieren para encontrar los suficientes recursos y asentarse en un determinado lugar, por lo que hubo que limitarse a las fuentes consultadas en literatura sobre las ecuaciones de dispersión natal e índices de riqueza y diversidad provistas para los gremios tróficos y grupos taxonómicos de un conjunto genérico de aves entre los que se encontraban los Psitácidos y los Trochilidos.

Los mapas de parches esenciales y los de probabilidad de conectividad interpolada obtenidos en este estudio, pueden ser herramientas muy útiles para que los planificadores del territorio desarrollen estrategias encaminadas a generar, mantener y mejorar áreas verdes claves para la conectividad. Como se evidenció en los resultados, la circunscripción no.3 es la que muestra menos conectividad seguida de la circunscripción no.1. Aunque a juicio común pudiera parecer fácil inferir que la mayor intervención debería darse en la circunscripción no.3, en realidad hay que considerar varios aspectos: Primero, la circunscripción no.3 es la más densificada de las tres circunscripciones y la que cuenta con menos suelo hábil para cultivar. Segundo, la circunscripción no.1 cuenta con más parches de hábitat importantes para la conectividad y para el uso multifuncional y recreativo de las áreas arboladas del municipio. Tercero, la circunscripción no.1 cuenta con los enclaves turísticos y centros económicos más importantes, como la zona portuaria del río Ozama (Puerto de San Soucí), la Ciudad Colonial, el Litoral Sur (Malecón de Santo Domingo) y el Polígono Central (centro de poder económico y financiero de la capital).

Las decisiones que tomen los actores que participen en una intervención para el mejoramiento de la conectividad ecológica de la infraestructura verde de Santo Domingo, deberían tomar en cuenta estos aspectos antes mencionados para buscar una solución económica y con beneficios en el largo plazo que pueda ser replicable en otros municipios y provincias de la República Dominicana.

Por parte del sector público, es importante que en Santo Domingo se consolide un plan al largo plazo para fomentar la participación eficiente entre actores que tienda a una gestión sostenible de la infraestructura verde. Aún está pendiente la puesta en marcha de políticas económicas con base en incentivos para la descarbonización que dirijan la gestión hacia el subsidio de propuestas ecológicas por parte de empresas y de instituciones académicas.

Solo faltaría la vinculación con el sector académico para abordar estrategias orientadas hacia la investigación de los procesos ecológicos en ciudades y el estudio de las especies que son recurrentes en estos entornos, así como la vinculación con las comunidades (ONGs, juntas vecinales), para que estas puedan tener la suficiente autonomía, capacidad de liderazgo y búsqueda del conocimiento que permita entre todos los actores un desarrollo eficaz de la infraestructura verde.

4.7 Bibliografía

- Acosta, K. 2021. Plan especial de infraestructura verde urbana en los barrios Ensanche Capotillo y Simón Bolívar en Santo Domingo, República Dominicana. Tesis de máster. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. 105 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/175607>
- ADN (Alcaldía del Distrito Nacional). 2019. Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Nacional POT Capital 2030. :1-187. https://www.sismap.gob.do/Municipal/uploads/evidencias/637932272611839069-2.03_19-21_Plan-de-Ordenamiento-Territorial-DN..pdf
- ADN (Alcaldía del Distrito Nacional). 2020. Plan Estratégico del Distrito Nacional 2020-2030 (en línea). :1-350. Disponible en <https://adn.gob.do/transparencia/planificacion-y-desarrollo/#108-109-wpfd-plan-estrategico>
- Almeida, J and Engel, C. 2020. Guidelines for climate change adaptation in Brazilian cities through urban green infrastructure. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 503(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012036>.
- Banzhaf, E; Barrera, F De; Reyes-paecke, S. 2019. Urban Green Infrastructure in Support of Ecosystem Services in a Highly Dynamic South American City: A MultiScale Assessment of Santiago de Chile. Atlas of Ecosystem Services :157-165. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0>.
- Beninde, J; Veith, M; Hochkirch, A. 2015. Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. Ecology Letters 18(6):581-592. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12427>.
- Bodin, Ö; Saura, S. 2010. Ranking individual habitat patches as connectivity providers: Integrating network analysis and patch removal experiments. Ecological Modelling 221(19):2393-2405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.06.017>.
- Bonança, RA; Dunning, JBB; da Silva, AM. 2017. The influence of landscape patterns on the bird diversity of four urban parks. Environmental Quality Management 26(3):5-27. DOI: <https://doi.org/10.1002/tqem.21494>.
- Breen, A; Giannotti, E; Flores Molina, M; Vásquez, A. 2020. From “Government to Governance”? A Systematic Literature Review of Research for Urban Green Infrastructure Management in Latin America. Frontiers in Sustainable Cities 2(October):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.572360>.

- Caspersen, OH; Olafsson, AS. 2010. Recreational mapping and planning for enlargement of the green structure in greater Copenhagen (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 9(2):101-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.06.007>.
- CONAU (Consejo Nacional de Asuntos Urbanos). 2007. *Geo Santo Domingo: Perspectiva del medio ambiente urbano*. s.e. 205 p.
- Congalton, R and Green, K. 2009. *Assesing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC Press, FL. 183 P.
- de Macedo, V; Picavet, B; de Oliveira, P; Shih, WY. 2021. Urban green and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries. *Journal of Cleaner Production* 313(May). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>.
- Demuzere, M; Orru, K; Heidrich, O; Olazabal, E; Geneletti, D; Orru, H; Bhave, AG; Mittal, N; Feliu, E; Faehnle, M. 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure (en línea). *Journal of Environmental Management* 146:107-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>.
- Drinnan, IN. 2005. The search for fragmentation thresholds in a Southern Sydney Suburb. *Biological Conservation* 124(3):339-349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.040>.
- Espinal-Giron, A; Benegas Negri, L; Brenes, C; Birkel, C; Prins, C. 2023. Assessing potential effects of nature-based solutions (NBS) on water ecosystem service in the interurban micro-watershed río torres, Costa Rica. *Forests* 14(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/f14050937>.
- European Commission. 2015. *Towards an EU research and innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.2777/765301>.
- Exantus, JM; Beaune, D; Cézilly, F. 2021. The relevance of urban agroforestry and urban remnant forest for avian diversity in a densely-populated developing country: The case of Port-au-Prince, Haiti. *Urban Forestry and Urban Greening* 63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127217>.
- Fernández, I; Dobbs, C and De la Barrera, F. 2022. Urban greening for ecosystem services provision: A Latin-American outlook. *Frontiers in Sustainable Cities* 4:1101406. Doi:[10.3389/frsc.2022.1101406](https://doi.org/10.3389/frsc.2022.1101406).
- Furberg, D; Ban, Y; Mörtberg, U. 2020. Monitoring urban green infrastructure changes and impact on habitat connectivity using high-resolution satellite data. *Remote Sensing* 12(18). DOI: <https://doi.org/10.3390/RS12183072>.
- Geary, M; Brailsford, CJ; Hough, LI; Baker, F; Guerrero, S; Leon, YM; Collar, NJ; Marsden, SJ. 2021. Street-level green spaces support a key urban population of the threatened Hispaniolan parakeet *Psittacara chloropterus*. *Urban Ecosystems* 24(6):1371-1378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01119-1>.

- Graviola, GR; Ribeiro, MC; Pena, JC. 2022. Reconciling humans and birds when designing ecological corridors and parks within urban landscapes. *Ambio* 51(1):253-268. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01551-9>.
- Hofmann, P; Strobl, J; Nazarkulova, A. 2011. Mapping green spaces in Bishkek-how reliable can spatial analysis be? *Remote Sensing* 3(6):1088-1103. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs3061088>.
- Iojă, CI; Grădinaru, SR; Onose, DA; Vânău, GO; Tudor, AC. 2014. The potential of school green areas to improve urban green connectivity and multifunctionality. *Urban Forestry and Urban Greening* 13(4):704-713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.07.002>.
- Ives, CD; Lentini, PE; Threlfall, CG; Ikin, K; Shanahan, DF; Garrard, GE; Bekessy, SA; Fuller, RA; Mumaw, L; Rayner, L; Rowe, R; Valentine, LE; Kendal, D. 2016. Cities are hotspots for threatened species. *Global Ecology and Biogeography* 25(1):117-126. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12404>.
- Kang, W; Minor, ES; Park, CR; Lee, D. 2015. Effects of habitat structure, human disturbance, and habitat connectivity on urban forest bird communities. *Urban Ecosystems* 18(3):857-870. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0433-5>.
- Krekel, C; Kolbe, J; WWstemann, H. 2015. The Greener, the Happier? The effects of urban green and abandoned areas on residential well-being. *SSRN Electronic Journal* (January 2015). DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2554477>.
- LaPoint, S; Balkenhol, N; Hale, J; Sadler, J; van der Ree, R. 2015. Ecological connectivity research in urban areas. *Functional Ecology* 29(7):868-878. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12489>.
- Latta, S; Rimmer, C; Keith, J; Wiley, H; Mcfarland, R; Fernández, E. 2006. *Aves de la República Dominicana y Haití*. Princeton University Press. 258 p.
- Liaw, A; Wiener, M. 2002. Classification and regression by randomForest. *R News* 2(3):18–22
- Livesley, SJ; McPherson, EG; Calfapietra, C. 2015. The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality* 45(1):119-124. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>.
- Livesley, SJ; Escobedo, FJ; Morgenroth, J. 2016. The biodiversity of urban and peri-urban forests and the diverse ecosystem services they provide as socio-ecological systems. *Forests* 7(12):10-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/f7120291>.
- López-Valencia, A. 2019. Vulnerability assessment in urban areas exposed to flood risk: methodology to explore green infrastructure benefits in a simulation scenario involving the Cañaveralejo River in Cali, Colombia (en línea). *Natural Hazards* 99(1):217-245. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03736-8>.
- Lovell, ST; Taylor, JR. 2013. Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape Ecology* 28(8):1447-1463. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9912-y>.

- Luna, Á; Romero-Vidal, P; Hiraldo, F; Tella, JL. 2018. Cities may save some threatened species but not their ecological functions. *PeerJ* 2018(6). DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4908>.
- Martén-Rodríguez, S; Kress, WJ; Temeles, EJ; Meléndez-Ackerman, E. 2011. Plant-pollinator interactions and floral convergence in two species of *Heliconia* from the Caribbean Islands. *Oecologia* 167(4):1075-1083. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2043-8>.
- Matos, OC; Pingo, PA; Vargas, DE. 2021. Methodological design of green urban infrastructure corridors for the multifunctional provision of ecosystem services in metropolitan lima, Perú. 11(3):2725-2744.
- McKinney, ML. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11(2):161-176. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>.
- MacKinnon, M; Pedersen Zari, M; Brown, DK. 2023. Improving urban habitat connectivity for native birds: using least-cost path analyses to design urban green infrastructure networks. *Land* 12(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/land12071456>.
- Meléndez-Ackerman, EJ; Pérez, ME; Espinal, ABP; Caballero, C; Cortés, L; Bonilla-Duarte, S; Bauer, G; Martínez Guridy, JM; Arendt, WJ; Nowak, DJ. 2022. A social-ecological approach to studying variation in urban trees and ecosystem services in the National Municipal District of Santo Domingo, Dominican Republic. *Frontiers in Sustainable Cities* 3(January). DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.764073>.
- Ng, E; Chen, L; Wang, Y; Yuan, C. 2012. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong (en línea). *Building and Environment* 47(1):256-271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.014>.
- Nguyen, TT; Meurk, C; Benavidez, R; Jackson, B; Pahlow, M. 2021. The effect of blue-green infrastructure on habitat connectivity and biodiversity: A case study in the Ōtākaro/avon river catchment in christchurch, new zealand. *Sustainability (Switzerland)* 13(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126732>.
- Nolasco, Y. 2022. Plan especial de infraestructura verde urbana de Santo Domingo Este, República Dominicana. Tesis de Máster. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/187337>
- Ortiz, F. 2020. Servicios ecosistémicos y gestión del arbolado urbano en Santo Domingo, República Dominicana (en línea). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 54 p. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10350>
- Radford, JQ; Bennett, AF; Cheers, GJ. 2005. Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological Conservation* 124(3):317-337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.039>.
- Rodríguez, I. 2021. Plan especial de infraestructura verde urbana de la Ciudad Colonial, Santo Domingo, República Dominicana. Tesis de Máster. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/175519>.

- Rojas-Cortereal, G. 2016. Cuantificación de la mejora de las condiciones ambientales producidas por el arbolado urbano (en línea). Tesis Ph.D. Barcelona, España, UPC. 210p. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/107044>.
- Rojas-Cortereal, G; Peña, J; Roset Calzada, J; García, A. 2019. La infraestructura verde como herramienta de mitigación y adaptación urbana en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. :1-17. DOI: <https://doi.org/10.5821/ctv.8672>.
- Romero-Duque, LP; Trilleras, JM; Castellarini, F; Quijas, S. 2020. Ecosystem services in urban ecological infrastructure of Latin America and the Caribbean: How do they contribute to urban planning? (en línea). *Science of the Total Environment* 728:138780. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138780>.
- Sainz-borgo, C; Benaim, GA; Díaz, Z; Fernández, M; Formoso, I; González-, MDL; Marín, S; Montilla, LM; Riera, F; Rivera, A; Santana, I; Organismos, DB De; Bolívar, US. 2018. Avifauna de zonas verdes de la ciudad de caracas, venezuela: un estudio comparativo. 38: 125-143 p.
- Saura, S; Pascual-Hortal, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83(2-3):91-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>.
- Schneider, AK; Strohbach, MW; App, M; Schröder, B. 2020. The «GartenApp»: Assessing and communicating the ecological potential of private gardens. *Sustainability (Switzerland)* 12(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/SU12010095>.
- Sirko, W; Kashubin, S; Ritter, M; Annkah, A; Bouchareb, YSE; Dauphin, Y; Keysers, D; Neumann, M; Cisse, M; Quinn, J. 2021. Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery (en línea). Disponible en <http://arxiv.org/abs/2107.12283>.
- Staccione, A; Candiago, S; Mysiak, J. 2022. Mapping a green infrastructure network: a framework for spatial connectivity applied in Northern Italy (en línea). *Environmental Science and Policy* 131:57-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.01.017>.
- Suarez-Rubio, M; Thomlinson, JR. 2009. Landscape and patch-level factors influence bird communities in an urbanized tropical island (en línea). *Biological Conservation* 142(7):1311-1321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.035>.
- Sun, H; Wei, J; Han, Q. 2022. Assessing land-use change and landscape connectivity under multiple green infrastructure conservation scenarios (en línea). *Ecological Indicators* 142(May):109236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109236>.
- Sutherland, GD; Harestad, AS; Price, K; Lertzman, KP. 2000. Scaling of natal dispersal distances in terrestrial birds and mammals. *Ecology and Society* 4(1). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-00184-040116>.

- Szabó, M. 2010a. Arboles de Santo Domingo (en línea). Santo Domingo, D.N., s.e. 93 p. Disponible en https://www.academia.edu/16523768/Arboles_de_Santo_Domingo?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page.
- TEEB DE, 2017. Ecosystem services in the city – Protecting health and enhancing quality of life. Summary for decision-makers. Technical University of Berlin, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ. Berlin, Leipzig (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.ufz.de/export/data/global/190507_TEEB_De_Broschuere_KF_Bericht3_Stadt_engl_web.pdf.
- Valente de Macedo, LS; Barda Picavet, ME; Puppim de Oliveira, JA; Shih, WY. 2021. Urban green and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries. *Journal of Cleaner Production* 313(May). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>.
- Vergnes, A; Viol, I Le; Clergeau, P. 2012. Green corridors in urban landscapes affect the arthropod communities of domestic gardens (en línea). *Biological Conservation* 145(1):171-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.002>.
- White, TH; Collazo, JA; Vilella, FJ; Guerrero, SA. 2005. Effects of hurricane Georges on habitat use by captive-reared hispaniolan parrots (*Amazona ventralis*) released in the Dominican Republic. *Ornitologia Neotropical* 16(3):405-417.

5 Anexos

5.1 Anexo: Resultados de las entrevistas a los actores claves

Resumen de las entrevistas realizadas a los actores claves donde se detallan aspectos ligados a las funciones y percepciones de cada actor en el sector público, empresarial, civil y académico respectivo que representa y donde salen a relucir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se hallan en la planificación, diseño y gestión de la infraestructura verde.

5.1.1 Acción municipal en las áreas verdes intraurbanas

Según Rudy Díaz, coordinador de soporte técnico de la Dirección de Gestión Ambiental, en el monitoreo de las áreas verdes se da prioridad a las intervenciones en aceras, calles y avenidas por el riesgo que representan los árboles para el tránsito vehicular y del peatón. Desde la Dirección de Gestión Ambiental, en particular, se asignan varias brigadas las cuales ejecutan operativos periódicamente en las acciones de tala, poda y cultivo de árboles de forma mancomunada con el Jardín Botánico Nacional (JBN) y para los trabajos en las áreas ribereñas suele intervenir el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA). Tanto el JBN como el MIMARENA cuentan con un vivero de producción de plantas nativas y endémicas y un banco de semillas para garantizar el respaldo de estas especies que al mismo tiempo le sirven de abastecimiento al vivero municipal del ADN.

En declaraciones de Francisco Mets, ingeniero forestal de la Dirección de Gestión Ambiental, el plan “Siembra tu ciudad” ha propiciado el cultivo de especies nativas y endémicas en sustitución de aquellas exóticas o invasivas. Algunos ejemplos de especies invasoras que se ha previsto reemplazar son la Melina (*Gmelina arborea*) y el Laurel (*Laurus nobilis*), ambas especies que representan un daño para la infraestructura urbana debido a su sistema radicular invasivo, rompiendo las aceras y estrangulando los imbornales provocando inundaciones.

En cuanto al desempeño que han tenido las instituciones públicas en las labores de gestión de las áreas verdes, ha habido debilidades operativas por parte de algunas entidades que sirven en la poda de las áreas verdes públicas. El ing. Moisés Montero, encargado del diseño y mantenimiento de jardines del JBN, asegura que el principal problema que enfrenta el manejo del arbolado urbano es la falta de un plan regulador y la mala preparación técnica. Salvo las labores que ejecutan las brigadas del ADN, las instituciones y empresas que tienen jurisdicción en la poda urbana no ejecutan las operaciones acordes a los criterios técnicos establecidos y dañan la salud del árbol. De parte del JBN se han desarrollado cursos y talleres para la formación del equipo técnico de esas entidades, pero no ha habido un plan de continuidad en la formación que asegure el éxito en las operaciones. Actualmente, a nivel privado se han estado ofreciendo asesorías, pero no a las organizaciones que sirven a los espacios públicos.

El Ing. Mets comenta que al momento de hacer los levantamientos para el remozamiento de parques de un determinado sector, se realiza un inventario para evaluar las condiciones del arbolado y se les comunica a las juntas de vecinos cuales arboles deben ser eliminados y cuales se plantarán en su lugar. Luego de esto las juntas de vecinos firman una carta de no objeción antes de la Dirección de Gestión Ambiental empezar con los trabajos.

En revisión de los medios periodísticos al tiempo en que se desarrolló esta investigación, se pudo constatar que el ADN ha estado remozando parques y plazas públicas con el interés de revitalizar los espacios comunitarios para la recreación y el cuidado del ornato en la ciudad. Por otro lado, las juntas de vecinos entrevistadas y aquellas consultadas por medios periodísticos, afirman que el ADN realiza labores de poda en las vías públicas, así como en parques y plazas, pero que con frecuencia tienen que hacer solicitud para que el ADN envíe alguna brigada para podar áreas puntuales de la comunidad o sino contratar a jardineros para hacer dicha labor.

5.1.2 Participación de las juntas vecinales y situación de las áreas verdes privadas

En las urbanizaciones privadas (residenciales), el cultivo y riego de plantas se lleva a cabo en jornadas de trabajo realizadas por la propia comunidad y se comenta que las áreas verdes han ido perdiendo terreno debido a la densificación intraurbana no planificada.

Las juntas de vecinos de las urbanizaciones privadas (residenciales) entrevistadas como el Res. José Contreras o Ciudad Real II, sostienen que las actividades de remozamiento de las áreas verdes en parques y plazas, así como de las calles y aceras de sus demarcaciones, son realizadas por las propias juntas con los fondos recolectados de la cuota de seguridad y mantenimiento que pagan los vecinos. Por otro lado, han tenido inconvenientes con la poda continua del arbolado y con la tala de árboles que dañan las aceras. Constantemente están requiriendo la intervención del ADN y esta institución no siempre responde, alegando que no les corresponde intervenir en urbanizaciones privadas.

En lo que concierne a las torres de apartamentos o edificios comerciales, no se ha creado un marco regulatorio que garantice la preservación de áreas verdes. En lo que sí el ADN tiene autorización, al igual que el Ministerio de la Vivienda y Edificaciones (MIVED), es en la certificación de permisos para la construcción de cualquier tipo de edificación sobre el municipio. En este sentido, las empresas de construcción tienen que regirse por las regulaciones y ordenanzas establecidas por ambos organismos del Estado. En estas regulaciones y ordenanzas se establecen los retiros a linderos de las edificaciones según su localización, que no necesariamente tienen que estar ajardinados y en el caso de las urbanizaciones se exige de un 8 a un 10% de áreas verdes en lotes que superan los 8,000 m².

Algunos edificios comerciales e industriales, sin embargo, han tomado la iniciativa de aplicar otras soluciones como parte de su programa de responsabilidad social para contribuir con el verde de la ciudad, como por ejemplo instalar jardines verticales. Estas son iniciativas que se han adoptado en algunas ocasiones, pero con el inconveniente de que ninguna perdura en el tiempo ya sea por los altos costos de mantenimiento, por desconocimiento de los requerimientos para ello o por desinterés.

5.1.3 Situación de los ríos y las áreas verdes periurbanas

Waldys Taveras, director ejecutivo de la Mancomunidad del Gran Santo Domingo (MGSD), sostiene que, para acabar con el problema de la basura en la ribera de los ríos y el litoral costero, se debe producir una alianza estratégica entre todos los ayuntamientos del Gran Santo Domingo (GSD), algo que ya está contemplado en el decreto 260-14 que declara de alta prioridad nacional la preservación, saneamiento y rehabilitación de la cuenca alta, media y baja de los ríos Ozama e Isabela.

El arquitecto Bichara Khoury, presidente de “Khoury y asociados” y docente de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), sostiene que si lo que prima son las necesidades de la población sería urgente empezar a rehabilitar las áreas de los sectores más pobres, ya que muchas familias viven en hacinamiento y lo preferible sería que las áreas exteriores existentes sean favorables para el crecimiento de la vegetación, ya que estas permiten que las comunidades convivan con su entorno y se puedan desarrollar actividades al aire libre de forma participativa.

En línea con estas declaraciones, la investigadora Rosaura Pimentel, del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), comenta que la circunscripción no.3 es la zona del D.N. más pequeña, la de mayor densidad poblacional y la que muestra los mayores índices de pobreza. No es de extrañar que a la vez sea la zona ambientalmente más degradada y con los mayores índices de criminalidad. Destaca lo importante que debe ser para el Estado elaborar un plan para la recuperación de terrenos en esa zona que rehabiliten espacios destinados a la cobertura verde y que al ser una zona adyacente al casco histórico del D.N., se le aporten las condiciones para que pueda florecer el turismo, recuperando las márgenes de los ríos Ozama e Isabela y facilitando los medios para el desarrollo de actividades comerciales que beneficien a la comunidad.

5.1.4 Fomento de la biodiversidad y del bienestar humano

En palabras de la profesora Guerrero, el cultivo de plantas nativas y endémicas constituye un soporte ecológico para las especies de fauna y un refuerzo para la infraestructura verde. En este contexto, expresa que los planes para la recuperación de áreas verdes deben incluir el reemplazo de especies invasoras y exóticas por aquellas nativas y endémicas para asegurar el equilibrio ecológico.

El Ing. Montero comenta que en el vivero del JBN se producen tanto plantas nativas y endémicas como ornamentales para la adquisición del público en general. Junto con el vivero municipal del ADN se ha fomentado el uso de plantas nativas y endémicas en lugares como el Parque Mirador Sur, el Parque Mirador Norte, el Zoológico Nacional, INTEC, y el Bosque de la Vida. Entre las especies más utilizadas que muestran alta resistencia a la salinidad y la sequía está la Uva de Playa (*Coccoloba uvifera*), la Palma Cana (*Sabal domingensis*), la Palma Real (*Roystonea hispaniolana*), la Caoba (*Swietenia mahagoni*), siendo esta última la que cuenta con la población más grande en varias avenidas de la ciudad. También hay árboles en peligro de extinción que se han implementado, por ejemplo, en el Centro olímpico está el Tamarindo Cimarrón (*Arcoa gonavensis*), el Cacheo de Oviedo (*Pseudophoenix ekmanii*), el Roble criollo *Catalpa longissima*, el Juan Primero (*Simarouba glauca*), el Olivo (*Simarouba berteroa*).

Entre las especies nativas y endémicas que más se han extendido en las residencias y espacios públicos por sus cualidades ornamentales y por ser resistentes a plagas y enfermedades están El Caimito (*Chrysophyllum cainito*), la Guayiga (*Zamia debilis*), la Mara (*Calophyllum calaba*), el Arrayán (*Eugenia monticola*), la Pitanga (*Eugenia uniflora*), el Grigri (*Bucida buceras*), el Almácigo (*Bursera simaruba*), la Lengua de Buey (*Clavija domingensis*), y el palo de cruz (*Isidorea Pungens*).

El Sr. José Ramón, presidente de la Junta de Vecinos del Residencial José Contreras, expresó que a raíz de la puesta en circulación del libro sobre arbolado urbano de Szabó (2010), en el residencial se empezaron a utilizar las especies nativas, endémicas y ornamentales recomendadas y que no afectan la infraestructura del residencial. También comentó que con el desarrollo arbóreo nativo y endémico que ha tenido el residencial, se ha notado la presencia cada vez más creciente de aves como la Cigua Palmera (*Dulus dominicus*), el Carpintero de la Hispaniola (*Melanerpes striatus*), el Madame Saga (*Ploceus cucullatus*) entre otras especies.

La bióloga Ángela Guerrero, docente de la UASD, plantea que, de llevarse a cabo la adecuación de espacios verdes urbanos, es necesario un desarrollo inclusivo y multifuncional donde, además de la conservación de la biodiversidad, se necesitan espacios para la recreación y la educación. Desde los años 70 con la creación de parques ecológicos se empezaron a tomar en cuenta estas iniciativas en el país con parques urbanos donde se dan actividades para la educación y que albergan equipamientos como la Escuela de Bellas Artes y el Conservatorio de Música en el Parque Iberoamérica, la Biblioteca Nacional y los museos de historia, arte y ciencias de la Plaza de la Cultura o el Centro Cultural del Parque Mirador Sur y el Centro Olímpico con actividades deportivas.

Cabe decir que varias universidades tanto del país como del exterior han realizado importantes investigaciones de campo para el conocimiento de especies de flora y fauna en Santo Domingo (Almonte-Espinosa 2018; Meléndez-Ackerman et al. 2022). También la aplicación de herramientas como ITREE y SIG ha permitido muestrear y mapear poblaciones significativas de la biodiversidad existente y su valor multifuncional (Ortiz 2020; Bonilla-Duarte et al 2021). Estos datos son de crucial importancia tanto para el presente trabajo de investigación como para los trabajos futuros que se propongan en temas de la ecología urbana.

Solo queda por ver la receptividad que puedan tener las autoridades ante tales hallazgos científicos. En declaraciones de la profesora Guerrero, las autoridades locales no han mostrado mucha disposición en impulsar los procesos de investigación desarrollados por los estudiantes de las universidades, por lo que se ha hecho muy difícil llegar a negociaciones entre el Estado y las academias para poner en práctica el trabajo científico.

5.2 Anexo: Protocolo de las entrevistas a los actores claves

Descripción

Protocolo para el acopio de la información realizada a los actores claves donde se establece el perfil laboral del entrevistado y las preguntas vinculantes al sector que pertenece.

5.2.1 Entrevista tipo # _____. Audiencia: dirigentes de la municipalidad

Perfil del entrevistado

Nombre _____

Institución donde labora _____

Cargo que ocupa _____

Preguntas para la obtención de datos

- Con base en su conocimiento, ¿Cuáles instituciones están encargadas de velar por el cuidado de las áreas verdes en el DN? ¿Hay coordinación entre estas instituciones para la ejecución de los trabajos?
- ¿Se han desarrollado trabajos en conjunto con el Empresariado y las comunidades para gestionar labores de remozamiento de áreas verdes (poda, cultivo de especies)? ¿De qué tipo (¿parques, plazas, huertos comunitarios, ajardinamiento de cementerios)? ¿Cuáles son estos lugares? ¿Cuáles empresas y juntas de vecinos han participado? ¿Cómo contactarlos?
- ¿Se le da seguimiento al cuidado de las áreas verdes una vez concluyen las labores de remozamiento? ¿Como las monitorean? ¿Quién lo hace?
- ¿Se han llevado a cabo acuerdos entre las comunidades y el Empresariado para mantener las áreas verdes en uso mediante actividades recreativas (arte, deporte, fomento a la lectura...)? ¿Cuáles se han ejecutado? ¿Cuáles están en propuesta? ¿Cuáles juntas de vecinos han sido parte? ¿Cómo se les puede contactar?
- ¿Cuáles han sido los mecanismos de gestión para la protección de zonas ribereñas en ríos, arroyos y cañadas? ¿Se le ha dado fomento a algún medio productivo que sirva para el cuidado de las zonas ribereñas por parte de la comunidad (pesquera, forestal)?
- ¿Existen planes a futuro para el reasentamiento de comunidades que se hallan actualmente en zonas ribereñas, arroyos y cañadas? ¿Cuáles instituciones toman parte en esta labor? ¿Hay participación de las comunidades y las empresas? ¿Cuáles?
- ¿Con cuáles instituciones y/o empresas trabajan para el saneamiento de los ríos, arroyos y cañadas? ¿Cuál es el estado actual de sanidad?

- ¿Trabajan de la mano con los organismos de prevención de riesgos (COE, cuerpo de bomberos) para gestionar la tala y poda de árboles y arbustos? ¿Cuáles son los departamentos? ¿Cómo contactarlos?
- ¿Trabajan de la mano con los agentes de servicios de la sanidad y la electricidad (CAASD, CDEEE) para gestionar la tala y poda de árboles y arbustos? ¿Cuáles son los departamentos? ¿Cómo contactarlos?
- ¿Se ha tomado en cuenta la conservación de la biodiversidad en las estrategias de diseño urbano y arquitectónico? ¿cuáles han sido los criterios para su conservación? ¿Ha habido acuerdos de cogestión entre el Estado, el Empresariado y las comunidades? ¿Se seleccionan especies de plantas en particular?
- ¿Cuál ha sido el fomento a la producción de plantas nativas y endémicas? ¿Se han elaborado propuestas de la mano con viveristas para impulsar su mercado?
- ¿Poseen una lista de las juntas de vecinos involucradas en estas acciones mencionadas? ¿Las tienen georreferenciadas? ¿Dónde se puede solicitar?
- ¿Poseen un mapa de las áreas verdes públicas del DN? ¿Las tienen georreferenciadas? ¿Dónde se puede solicitar?
- ¿Puedo incluir su nombre en los agradecimientos de la tesis?

5.2.2 Entrevista tipo # _____. Audiencia: dirigentes empresariales

Perfil del entrevistado

Nombre _____

Compañía donde labora _____

Cargo que ocupa _____

Preguntas para la obtención de datos

- ¿Qué criterios toman para establecer las reservas de áreas verdes en edificaciones según su tipo (residencial, comercial, industrial, etc.)? ¿Se supervisa su manejo en el tiempo? ¿Quiénes se encargan de esta supervisión?
- ¿Se han ejecutado proyectos para la instalación de áreas verdes proponiendo otras soluciones (jardines verticales, cubiertas ajardinadas, etc.)? ¿Cuáles han permanecido en el tiempo? ¿Dónde están ubicadas?
- ¿Se le da seguimiento al cuidado de las áreas verdes instaladas? ¿Como las monitorean? ¿Quién lo hace?
- ¿Se ha tomado en cuenta la conservación de la biodiversidad en las estrategias de diseño urbano y arquitectónico? ¿cuáles han sido los criterios para su conservación? ¿Se seleccionan especies de plantas en particular?
- ¿Han desarrollado trabajos en conjunto con el Estado para las labores de remozamiento de áreas verdes públicas (poda, cultivo de especies)? ¿De qué tipo (parques, plazas, huertos comunitarios, ajardinamiento de cementerios, bulevares, isletas)? ¿Cuáles son estos lugares? ¿Cuáles empresas y juntas de vecinos han participado? ¿Cómo contactarlos?
- ¿Han tenido participación en los trabajos de recuperación de las riberas de los ríos Haina, Isabela y Ozama? ¿Cuáles han sido? ¿Han permanecido en el tiempo?
- ¿Puedo incluir su nombre en los agradecimientos de la tesis?

5.2.3 Entrevista tipo # _____ Audiencia: dirigentes de la sociedad civil

Perfil del entrevistado

Nombre _____

Organización civil que representa _____

Cargo que ocupa _____

Preguntas para la obtención de datos

- ¿Cuáles proyectos están en marcha recientemente para la recuperación o mejora de áreas verdes en el DN? ¿En cuales comunidades? ¿Tiene participación la junta de vecinos? ¿Cómo se contacta?
- ¿Se han llevado a cabo acuerdos entre las comunidades, el Estado y el empresariado para mantener las áreas verdes en uso mediante actividades recreativas (arte, deporte, fomento a la lectura, etc.)? ¿Cuáles se han ejecutado? ¿Cuáles están en propuesta? ¿Cuáles juntas de vecinos han sido parte? ¿Cómo se les puede contactar?
- ¿Se ha tomado en cuenta la conservación de la biodiversidad en la gestión de las áreas verdes? ¿cuáles han sido los criterios para su conservación? ¿Ha habido acuerdos de cogestión entre el estado, el empresariado y las comunidades? ¿Se seleccionan especies de plantas en particular?
- ¿Existen propuestas para el reasentamiento de comunidades ubicadas en las márgenes de los ríos, arroyos y cañadas? ¿Cuáles? ¿Las comunidades tendrán participación en los procesos?
- ¿Poseen una lista de las juntas de vecinos involucradas en estas acciones mencionadas? ¿Las tienen georreferenciadas? ¿Dónde se puede solicitar?
- ¿Puedo incluir su nombre en los agradecimientos de la tesis?

5.2.4 Entrevista tipo # _____ Audiencia: docentes/investigadores

Perfil del entrevistado

Nombre _____

Institución a la que pertenece _____

Cargo que ocupa _____

Preguntas para la obtención de datos

- ¿Con base en su conocimiento, cuáles son las investigaciones o propuestas más recientes y relevantes destinadas a la recuperación y mejoramiento de las áreas verdes en el DN? ¿Alguna se ha logrado implementar con éxito en la ciudad? ¿Dónde encuentro esa información?
- ¿Se ha tomado en cuenta la conservación de la biodiversidad en estas investigaciones? ¿cuáles criterios se han tomado en cuenta? ¿Se han orientado investigaciones hacia el análisis de la conectividad ecológica?
- ¿Por cuáles sitios usted cree que debería empezar una propuesta para la recuperación de áreas verdes? ¿Cuáles serían los sectores involucrados?
- ¿Cuáles acuerdos se han llevado a cabo entre las universidades, el estado y la sociedad civil para implementar propuestas destinadas al desarrollo de las áreas verdes en el DN?
- ¿Puedo incluir su nombre en los agradecimientos de la tesis?

5.3 Anexo: Medios periodísticos consultados

Descripción

Consulta a medios periodísticos compuestos por diarios nacionales y plataformas multimedia donde se provee de información complementaria de actores contactados y no contactados. Entre las informaciones recabadas se documentaron denuncias de juntas vecinales, acciones de remozamiento municipal de las áreas verdes, estado de las áreas verdes y las cuencas hidrográficas del Gran Santo Domingo, así como operativos de mantenimiento de las áreas verdes en el DN.

Acento. Mayo 2022. Estos son los parques de la ciudad en los que se han invertido RD\$226 millones (en línea). Consultado el 14 de enero 2023. <https://acento.com.do/el-financiero/estos-son-los-parques-de-la-ciudad-en-los-que-se-han-invertido-rd226-millones-9060041.html>

Acento. Enero 2023. Banco Popular: La experiencia de recorrer las cuencas hidrográficas dominicanas, comenzando por el Ozama (en línea). Consultado el 12 de marzo 2023. <https://acento.com.do/ecologia/banco-popular-la-experiencia-de-recorrer-las-cuencas-hidrograficas-dominicanas-comenzando-por-el-ozama-9149253.html>

Acento. Febrero 2023. USAID presenta programa de Agricultura Resiliente con un presupuesto de US\$ 2.7 millones (en línea). Consultado el 11 de noviembre de 2023. <https://acento.com.do/economia/usa-id-presenta-programa-de-agricultura-resiliente-con-un-presupuesto-de-us-2-7-millones-9161904.html>

Agropecuaria siglo XXI. 2022. Entrevista a Claritza de los Santos. Sobre las Funciones del Jardín Botánico y el festival internacional de plantas y flores (en línea). Consultado el 07 de febrero 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=WbNsa27pwos>

Centro Cultural Babeque. 2023. Charla divulgativa por Adolph Gottschalk. Plantas de la Hispaniola: ventajas, problemas y soluciones. Consultado el 21 de febrero 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=0H57MSbbYEK&t=1061s>

CDN. Julio 2020. Junta de vecinos de La Esperilla afirma no estuvo de acuerdo con tala de bambúes en Parque Iberoamérica (en línea). Consultado el 09 de febrero 2023. <https://cdn.com.do/nacionales/junta-de-vecinos-de-la-esperilla-afirma-no-estuvo-de-acuerdo-con-tala-de-bambues-en-parque-iberoamerica/>

Diario Libre. Enero 2007. La poda de los árboles en la agenda ambiental (en línea). Consultado el 15 de febrero 2023. <https://www.diariolibre.com/revista/la-poda-de-los-rboles-en-la-agenda-ambiental-KLDL123669>

Diario libre Mayo 2016. Viveros municipales del Distrito Nacional producen 34,522 plantas (en línea). Consultado el 30 de enero 2023. <https://www.diariolibre.com/actualidad/ciudad/viveros-municipales-del-distrito-nacional-producen-34-522-plantas-XE3622000>

Diario libre. Agosto 2018. Residentes del Mirador Sur se quejan por el ruido dentro del parque (en línea). Consultado el 09 de febrero 2023. <https://www.diariolibre.com/actualidad/ciudad/residentes-del-mirador-sur-se-quejan-por-el-ruido-dentro-del-parque-OA10673872>

Diario libre. Junio 2022. Edesur lanza Plan de Contingencia por Temporada Ciclónica 2022 (en línea). Consultado el 15 de febrero 2023. <https://www.diariolibre.com/economia/energia/2022/06/01/por-temporada-ciclonica-edesur-lanza-plan-de-contingencia/1863975>

Diario libre. Octubre 2022. Anuncian remozamiento del parque las praderas en el DN (en línea). Consultado el 14 de enero 2023. <https://www.diariolibre.com/actualidad/nacional/2022/10/14/anuncian-el-remozamiento-del-parque-las-praderas-en-el-dn/2108952>

El Caribe. Septiembre 2020. Guajimía: 15 años en la agenda de gobiernos y sin solución definitiva (en línea). Consultado el 21 de enero 2023. <https://www.elcaribe.com.do/panorama/pais/guajimia-15-anos-en-la-agenda-de-gobiernos-y-sin-solucion-definitiva/>

El Día. Noviembre 2022. Mala gestión de arbolado urbano, motivo accidentes (en línea). Consultado el 15 de febrero 2023. <https://eldia.com.do/mala-gestion-de-arbolado-urbano-motivo-accidentes/>

El Nuevo Diario. Mayo 2022. ADN realiza recorrido de parques remozados; inversión ronda los RD\$226 MM (en línea). Consultado el 14 de enero 2023. <https://elnuevodiario.com.do/alcaldia-del-dn-realiza-recorrido-por-parques-remozados-inversion-ronda-por-los-rd226-mm/>

Esta Noche Mariasela. Enero 2023. Conoce todos los ríos y sus afluentes de RD en este majestuoso libro, elaborado por Domingo Marte (en línea). Consultado el 13 de marzo 2023. https://www.youtube.com/watch?v=a_YG1yQkciA

Fundación solidaridad. Abril 2018. Organizaciones de la sociedad civil anuncian iniciativas para promover gestión municipal más inclusiva, participativa y transparente (en línea). Consultado el 16 de enero 2023. <https://solidaridad.do/organizaciones-de-sociedad-civil-anuncian-iniciativas-para-promover-gestion-municipal-mas-inclusiva-participativa-y-transparente/>

Hoy. Noviembre 2019. Ampliación de avenida Anacaona (en línea). Consultado el 23 de febrero 2023. <https://hoy.com.do/ampliacion-de-avenida-anacaona/>

Hoy. Noviembre 2020. Convierten en vertederos espacios de la Urbe proyecto Nuevo Domingo Savio (en línea). Consultado el 15 de marzo 2023. <https://hoy.com.do/convierten-en-vertederos-espacios-deja-urbe-proyecto-nuevo-domingo-savio/>

Hoy. Septiembre 2023. Usaid y ABA inician plan financiar energía limpia (en línea). Consultado el 11 de noviembre 2023. <https://hoy.com.do/usaid-y-aba-inician-plan-financiar-energia-limpia/>

Hoy. Mayo 2023. Hábitat para la Humanidad República Dominicana presenta campaña “Hogar es...” (en línea). Consultado el 18 de noviembre 2023. <https://hoy.com.do/habitat-para-la-humanidad-republica-dominicana-presenta-campana-hogar-es/>

INTRANT. Septiembre 2018. INTRANT interviene con mantenimiento en semáforos de la capital (en línea). Consultado el 15 de febrero 2023. <https://intran.gov.do/index.php/noticias/item/421-intrant-interviene-con-mantenimiento-semaforos-de-la-capital>

Junta de vecinos mirador sur. Enero 2023. Autoridades y juntas de vecinos se reúnen por la seguridad ciudadana (en línea). Consultado el 09 de febrero 2023. <https://www.instagram.com/p/CnzIvMcLsL7/>

Jardín Botánico Nacional RD. 2022. Reportaje sobre el Jardín Botánico (en línea). Consultado el 07 de febrero 2023. https://www.youtube.com/watch?v=pDCX95KPe_4

- Listín diario. Agosto 2008. Pasos para crear una junta de vecinos (en línea). Consultado el 08 de febrero 2023. <https://listindiario.com/economia/2008/08/29/71691/pasos-para-crear-una-junta-de-vecinos>
- Listín Diario. Marzo 2022. Algunos residentes les preocupan los cambios en el parque La Arboleda en el Ensanche Naco (en línea). Consultado el 03 de febrero 2023. <https://listindiario.com/la-republica/2022/03/20/713618/algunos-residentes-les-preocupan-los-cambios-en-el-parque-la-arboleda-en-el-ensanche-naco>
- MEPyD. Marzo 2019. Priorizan cuencas Ozama-Isabela y Yaque del Norte para proyecto de manejo sostenible (en línea). Consultado el 15 de febrero 2023. <https://mepyd.gob.do/priorizan-cuencas-ozama-isabela-yaque-del-norte-proyecto-manejo-sostenible/>
- MEPyD. Febrero 2023. Ministerio de Economía y Fundación Sur Futuro articulan acciones de seguimiento a los planes de ordenamiento territorial de los municipios Hondo Valle, Padre Las Casas y Bohechío (en línea). Consultado el 18 de noviembre 2023. <https://mepyd.gob.do/ministerio-de-economia-y-fundacion-sur-futuro-articulan-acciones-de-seguimiento-a-los-planes-de-ordenamiento>
- Presidencia de la República. Junio 2021. Presidente Luis Abinader da inicio al Plan de Manejo Integral de las Cuencas Hidrográficas (en línea). Consultado el 14 de enero 2023. <https://presidencia.gob.do/noticias/presidente-luis-abinader-da-inicio-al-plan-de-manejo-integral-de-las-cuencas-hidrograficas>
- Presidencia de la República. Enero 2022. Ministerios de Medio Ambiente y Cultura inician proyecto para el manejo de áreas verdes de la Plaza de la Cultura (en línea). Consultado el 18 de febrero 2023. <https://presidencia.gob.do/noticias/ministerios-de-medio-ambiente-y-cultura-inician-proyecto-para-el-manejo-de-areas-verdes-de>
- Presidencia de la República. Agosto 2022. CAASD interviene más de 40 kilómetros de cañadas en el Gran Santo Domingo (en línea). Consultado el 16 de enero 2023. <https://presidencia.gob.do/noticias/caasd-interviene-mas-de-40-kilometros-de-canadas-en-el-gran-santo-domingo>
- Presidencia de la República. Agosto 2022. Presidente Abinader supervisa obras para el embellecimiento y esparcimiento en el Distrito Nacional (en línea). Consultado el 16 de enero 2023. <https://presidencia.gob.do/noticias/presidente-abinader-supervisa-obras-para-el-embellecimiento-y-esparcimiento-en-el-distrito>
- Presidencia de la República. Agosto 2023. FEDA y Sur Futuro desarrollarán proyectos en beneficio de productores agrícolas de la región Sur del país (en línea). Consultado el 18 de noviembre 2023. <https://presidencia.gob.do/noticias/feda-y-sur-futuro-desarrollaran-proyectos-en-beneficio-de-productores-agricolas-de-la>
- Popular en línea. Enero 2023. Redes de vida, episodio I: la experiencia (en línea). Consultado el 12 de marzo 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=r9vZFxvRjfA>
- Revista Tinglar. 2019. Oposición a la ampliación de la avenida Anacaona y reducción de espacios alrededor del Zoológico (en línea). Consultado el 23 de febrero 2023. <https://revistatinglar.com/?p=1903>

5.4 Anexo: actores claves caracterizados e información consultada.

Descripción

En el cuadro 8 se describen los actores del sector público, empresarial, civil, académico y ONG internacionales que fueron caracterizados en el proceso de la toma de datos por entrevistas y medios periodísticos. En el cuadro 9 se especifican las instituciones, departamentos y personas que sirvieron para las entrevistas, así como aquellas consultadas por medios periodísticos y la información extraída de las consultas.

Cuadro 8. Lista de actores claves caracterizados

	Lista de actores claves caracterizados				
	Sector público	Sector empresarial	Sociedad civil	Sector académico	Org. internacionales
Entrevistados	Dirección de Gestión Ambiental	Constructora Domarq	Ciudad alternativa	Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	
	Jardín Botánico Nacional (JBN)	Grupo de Moya Simó	Participación ciudadana	Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	
		Fundación Propagás	Junta de vecinos Asociación de Propietarios de Las Praderas (Asopradera)	Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU)	
		Vivero Green	Junta de vecinos San Antón		
		Vivero Inmaculada	Junta de vecinos José Contreras		
			Junta de vecinos Cerros y Altos de Arroyo Hondo		
			Junta de vecinos Ciudad Real II		

	Lista de actores claves caracterizados				
	Sector público	Sector empresarial	Sociedad civil	Sector académico	Org. internacionales
Consultados por medios periodísticos	Asociación Dominicana de Constructores y Promotores de la Vivienda (ACOPROVI)	Fundación Tropigas	Fundación de Saneamiento Ambiental Comunitario (FUNSACO)		Delegación de la Unión Europea en la República Dominicana
	Ministerio de la vivienda y edificaciones (MIVED)	Grupo Mallén	Fundación de Saneamiento Ambiental de la Zurza (FUNDSAZURZA)		Hábitat para la Humanidad
	Mancomunidad del Gran Santo Domingo (MGSD)	Mejía Arcalá	Comité para la Defensa de los Derechos Barriales (COPADEBA)		Oxfam International
	Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF)	Moré Arquitectos	Consejo de Organizaciones de Los Guandules (CODEGUA)		Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

	Lista de actores claves caracterizados				
	Sector público	Sector empresarial	Sociedad civil	Sector académico	Org. internacionales
Consultados por medios periodísticos	Centro de operaciones de emergencias (COE)	Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (ECORED)	Junta de vecinos Ensanche Naco		
	Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU)	Sociedad Dominicana de Arquitectura del Paisaje y la Planificación Ambiental (ARPA)	Junta de vecinos Ensanche Serrallés		
	Vic. de Recursos Forestales	Fundación Solidaridad	Junta de vecinos La Esperilla		
	Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)	Fundación Sur Futuro	Junta de vecinos Mirador Sur		

	Lista de actores claves caracterizados				
	Sector público	Sector empresarial	Sociedad civil	Sector académico	Org. internacionales
Consultados por medios periodísticos	Dirección General de Desarrollo de la Comunidad				
	Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo (MEPyD)				
	Vic. de Suelos y Agua				
	Vic. de Áreas Protegidas y Biodiversidad				
	Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT)				
	Defensa Civil				
	Cuerpo de Bomberos del Distrito Nacional (CBDN)				

Fuente: elaboración propia

Cuadro 9. Información consultada a los actores claves.

Recolección de la información mediante entrevistas		
	Actores caracterizados	Información consultada
Sector público	Rudy Díaz y Francisco Mets Coordinadores de soporte técnico. Dirección de Gestión Ambiental. Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN)	Gestión del arbolado urbano y vinculación con otras instituciones y la sociedad civil.
	Moisés Montero Enc.Diseño y mantenimiento de jardines. Jardín Botánico Nacional (JBN)	1. Gestión y comercialización de plantas nativas y endémicas a través de los viveros municipales y su distribución en parques municipales del DN.
Sector privado	Néstor Arias Arquitecto Constructora Domarq	Ejecución de proyectos arquitectónicos con criterios ecológicos.
	Bichara Khoury Arquitecto Khoury & Asociados	
	Heidi de Moya Arquitecta Grupo de Moya Simó	
	Manuel izquierdo Arquitecto Vivero Green	Comercialización de especies nativas y endémicas a minoristas.
	Darío Sosa Jardinero Vivero Inmaculada	

	Recolección de la información mediante entrevistas	
	Actores caracterizados	Información consultada
Sociedad civil	Argentina Gutiérrez Encargada de proyectos. Participación ciudadana	Participación de la sociedad civil en las estrategias de recuperación y mejoramiento de áreas verdes.
	Juan Manuel Grillo Gestor Ambiental. Ciudad participativa	
	Manuel Valdés Secretario general. Asociación de Propietarios de las Praderas (Asopradera)	Participación, denuncias y quejas por parte de las juntas de vecinos en el manejo y conservación de las áreas verdes públicas.
	Wilson Lopez Presidente Junta de Vecinos Barrio San Antón	
	José Ramón Presidente Junta de Vecinos Residencial José Contreras	
	Junta de vecinos Cerros y Altos de Arroyo Hondo III	
	Junta de vecinos Ciudad Real II	

	Recolección de la información mediante entrevistas	
	Actores caracterizados	Información consultada
Sector académico	<p>Rosaura Pimentel Docente e investigadora. Observatorio de Cambio Climático y resiliencia. Instituto tecnológico de Santo Domingo (INTEC)</p>	<p>Posibles soluciones para la recuperación y mejora de las áreas verdes de la ciudad.</p>
	<p>Heidi de Moya Arquitecta. Directora de la Unidad de Arquitectura Avanzada. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU)</p>	
	<p>Angela Guerrero Bióloga. Docente e investigadora. Facultad de Biología Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)</p>	
	<p>Bichara Khoury Arquitecto. Docente e investigador. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).</p>	

Recolección de la información por medios periodísticos		
Actores caracterizados		Información consultada
Sector público	Vic. de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Regional (VIOTDR)	Reasentamiento de las comunidades que viven en zonas ribereñas y asignación de dotaciones para los usos productivos y medios de vida.
	Mancomunidad del Gran Santo Domingo (MGSD)	
	Dir. General de Desarrollo de la Comunidad	Listado de Juntas de Vecinos de Santo Domingo, D.N.
	Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)	Intervención de las cuencas hidrográficas del Gran Santo Domingo
	Viceministerio de Suelos y agua	
	Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad	Estrategias para la mejora de la biodiversidad
Sociedad civil	Defensa Civil / CBDN / EDES / INTRANT	Plan de poda anual en espacios públicos
	Juntas de Vecinos Ensanche Naco / Ensanche Serrallés / La Esperilla / Mirador Sur	Participación, denuncias y quejas en el manejo y conservación de las áreas verdes públicas.

Fuente: elaboración propia.

5.5 Anexo: Descripción de las clases temáticas del mapa de infraestructura verde y sus componentes.

Descripción

En el cuadro 10 se describen las clases etiquetadas para el mapa de infraestructura verde de Santo Domingo y se identifican los usos y coberturas que las complementan. En el cuadro 11 se detallan los elementos que componen la infraestructura verde de Santo Domingo donde se definen sus atributos de vegetación, cuerpos de agua y elementos construidos.

Cuadro 10. Conceptualización de las clases temáticas del mapa de infraestructura verde.

Código	Clases	Descripción
1	Vías	Constituyen el tráfico rodado y peatonal de la ciudad y se clasifican en arterias principales, arterias menores o secundarias, calles colectoras, calles locales y caminos peatonales.
2	Bosque y arbolado	Representa la cobertura arbórea de alto dosel que se encuentra en bosques, zonas ribereñas y entornos urbanos.
3	Edificios	Forman parte de la trama urbana gris y sus usos los cuales van desde residencias, comercios, industrias e instituciones.
4	Cuerpos de agua	Componen la superficie hídrica de la ciudad compuesta por ríos, arroyos, cañadas, lagos y lagunas.
5	Pasto	Superficie compuesta por plantas herbáceas de uso ornamental o recreativo (césped) y para alimentación de ganado (pastura) pudiéndose encontrar de manera complementaria en cualquiera de los componentes de la infraestructura verde.
6	Matorrales	Cobertura compuesta mayoritariamente de arbustos y árboles de bajo porte en áreas de sucesión hallándose sobre todo en vegetación ribereña y lotes baldíos de la ciudad.
7	Superficie pavimentada y/o desnuda	Es la infraestructura gris de aquellas áreas que incluyen parqueos, vertederos, plazas, cementerios y campos deportivos.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 11. Componentes de la infraestructura verde definidos para Santo Domingo.

Componente	Definición	Fotografía
Bosques periurbanos		
Bosque húmedo	Conformado por una vegetación arbórea alta y densa, con variaciones térmicas cálidas y un régimen de lluvia casi todo el año.	
Bosque ribereño	Lo componen las áreas de matorral y de masa arbórea de porte medio y bajo ubicadas en las márgenes de los ríos, arroyos y lagunas.	
Bosques urbanos		
Parques municipales	Se distinguen por su ubicación y tamaño próximos a vías principales permitiendo el fácil acceso a los habitantes del municipio.	

Áreas verdes vecinales		
Parques, plazas y jardines vecinales	Áreas con superficie pavimentada y vegetación de distinto porte, así como mobiliario urbano para la recreación de las personas.	
Vegetación complementaria		
Campos deportivos (+/- 400 m2)	Áreas habilitadas para la práctica de distintas actividades deportivas. Suelen estar próximos o dentro de los centros educativos y clubes. Su tamaño mínimo está normalizado en 400 m2.	
Cementerios	Terreno destinado al depósito de los restos mortales. Estas áreas suelen estar provistas de césped, arbustos y arboles agrupados y dispersos.	
Rotondas en carreteras	Zonas dispuestas en las carreteras con vegetación diversa para canalizar el tráfico rodado.	

<p>Terrenos baldíos</p>	<p>Terreno desprovisto de edificaciones, pavimentación y uso agrícola. Puede estar compuesto por pasto, matorral y suelo desnudo.</p>	
<p>Árboles en calles y avenidas</p>	<p>Arbolado dispuesto de forma longitudinal en isletas de tráfico rodado.</p>	
<p>Árboles en aceras</p>	<p>Arbolado dispuesto en los pasos peatonales.</p>	
<p>Cercas vivas</p>	<p>Vegetación compuesta por plantas leñosas y no leñosas colocadas en los límites de una propiedad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

5.6 Anexo: Caracterización de las especies y cálculo de su dispersión en el paisaje urbano.

Descripción

En el cuadro 12 se describen las características ecológicas del *P. chloropterus* y el *A. dominicus* desde sus rasgos corporales y de comportamiento como su masa corporal, gremio trófico y preferencia de hábitat, hasta su estatus biogeográfico y de conservación. Se calculó su capacidad de dispersión con base en la ecuación de Sutherland et al. (2000). En el cuadro 13 se asignan los valores de resistencia de las observaciones con base en las ocurrencias de las especies por tipo de suelo (clases temáticas) y en el cuadro 14 se muestran las rutas de menor costo obtenidas en la modelación de la red de grafos al asignar la capa de fricción, el umbral de hábitat y la distancia de dispersión como parámetros de cálculo.

Cuadro 12. Datos descriptivos de la ecología del *P. chloropterus* y el *A. dominicus*.

Espece	Estado biogeográfico	Estado de conservación UICN	Hábitat	Masa corporal	Gremio alimenticio	Capacidad de dispersión
 <p><i>Psittacara chloropterus</i></p>	<p>Generalista</p> <p>Endémico</p>	Vulnerable	<p>En zonas rurales suele ser avistado entre los 900 y los 1,800 metros en bosques de pino. Anida en cavidades de los árboles y en nidos arbóreos de termitas entre 10-26 m de altura.</p> <p>En zonas urbanas se encuentra ampliamente distribuido con mayores posibilidades de ocurrencia en las áreas verdes de mayor riqueza arborea nativa y no nativa.</p>	145 g	Frugívoro	<p>Dmed= 1.483 kms</p> <p>Dmax= 27.777 kms</p>
 <p><i>Anthracothorax dominicus</i></p>	<p>Generalista</p> <p>Endémico</p>	Preocupación menor	Se encuentra distribuido por toda la isla desde el nivel del mar hasta las altas montañas a 2,600 m. Ocurre en hábitats húmedos y áridos y anida en árboles o arbustos entre 1.5-10 m de altura.	5.4 g	Nectarívoro	<p>Dmed= 0.809 kms</p> <p>Dmax= 17.336 kms</p>

Fuente: *Elaboración propia. Basada en las investigaciones de Sutherland et al. (2000), Latta et al. (2006), y Geary et al. (2021).*

Cuadro 13. Valores de resistencia estimados para el *P. chloropterus* y el *A. dominicus*

Código	Clases	<i>P. chloropterus</i>			<i>A. dominicus</i>		
		# observaciones	%	Resistencia	# observaciones	%	Resistencia
1	Vías	140	8	92	49	10	90
2	Bosque y arbolado	475	29	71	239	47	53
3	Edificios	685	41	90	107	21	100
4	Cuerpos de agua	13	1	99	3	1	99
5	Pasto	23	1	99	17	3	97
6	Matorrales	5	0	100	3	1	99
7	Pavimento/S. desnudo	325	20	80	91	18	82
		1666			509		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 14. Cálculo de las rutas de menor costo para las distancias mediana y máxima del *P. chloropterus* y el *A. dominicus*.

Especies	Umbral de hábitat (ha)	Peso (kg)	dmed (km)	costo	dmax (km)	costo
Psittacara chl.	0.25	0.145	1.483	10385.40	27.777	338286.00
	0.50			7394.66		202067.00
	1.00			5473.25		125712.00
	2.00			4672.35		101166.00
	4.00			4654.66		110751.00
Anthracothorax do.	0.25	0.005	0.809	7238.14	17.336	289126.00
	0.50			5024.12		161356.00
	1.00			3623.92		95716.10
	2.00			2927.80		68624.60
	4.00			2816.05		75066.00

Fuente: elaboración propia.