

Corredores Ecológicos como estrategia para la conservación y mantenimiento de áreas verdes. Maracay, Municipio Girardot, estado Aragua

Ecological Corridors as strategy for the conservation and maintenance of green areas., Maracay, Girardot Municipality, Aragua state

recibido 19.01. 2022 aceptado 30.05.2022

<https://doi.org/10.69572/Terra.2024.63.38.04>

***Carlos Enrique González**

*Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Modelado Ambiental - Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. www.lsigma.usb.ve. email: carlosgonzalez@usb.ve

Resumen

Los procesos de urbanización son una de las causas más ubicuas de pérdida de hábitat y fragmentación para la gran mayoría de la vida silvestre (Kattan, 2001). Aquí, modelamos la conectividad del hábitat para *Glaucis hirsutus* (colibrí pecho canela) en la ciudad Maracay en Venezuela y proponemos un corredor ecológico para conservar especies y hábitats altamente intervenidos entre el Parque Nacional Henri Pittier (PNHP) y el lago Valencia. Se seleccionó el mejor corredor utilizando Corridor Designer, basado en el mapa de idoneidad del hábitat a escala urbana de 1:5.000. El mosaico urbano de Girardot posee apenas el 13% de su superficie cubierta de bosques (11.280.132 m²), aunque la ciudad tiene un área importante con cobertura vegetal, estos parches "verdes" son en su mayoría adecuados para el movimiento y solo el 9% de ellos se consideran hábitat adecuado para *G. hirsutus*. El Calvario cerca de HPNP y la zona Sur de La Hamaca, en la zona de inundación del lago de Valencia, fueron seleccionados como núcleos de biodiversidad, siendo el corredor resultante la mejor ruta en términos de los criterios utilizados para *G. hirsutus*. El área total del corredor fue de 167,57 ha con una distancia lineal de 4.948 m, de los cuales el 17% son áreas adecuadas para el mantenimiento de las poblaciones de *G. hirsutus* y el 39% son adecuados para actividades reproductivas ocasionales. Por lo tanto, ambos necesitan ser protegidos y gestionados porque su extensión no es suficiente para actuar como áreas funcionales completas.

Palabras clave: Corredores ecológicos, conservación, áreas verdes urbanas.

Abstract

Urbanization processes are one of the most ubiquitous causes of habitat loss and fragmentation for the vast majority of wildlife (Kattan, 2001). Here, we model habitat connectivity for *Glaucis hirsutus* (cinnamon-breasted hummingbird) in the city Maracay in Venezuela and propose an ecological corridor to conserve highly intervened species and habitats between Henri Pittier National Park (PNHP) and Lake Valencia. The best corridor was selected using Corridor Designer, based on the 1:5,000 urban-scale habitat suitability map. The urban mosaic of Girardot has only 13% of its area covered by forests (11,280,132 m²), although the city has an important area with vegetation cover, these "green" patches are mostly suitable for movement and only 9% of them are considered suitable habitat for *G. hirsutus*. El Calvario near HPNP and the southern area of La Hamaca, in the flood zone of Lake Valencia, were selected as biodiversity hubs, with the resulting corridor being the best route in terms of the criteria used for *G. hirsutus*. The total area of the corridor was 167.57 ha with a linear distance of 4,948 m, of which 17% are areas suitable for the maintenance of *G. hirsutus* populations and 39% are

suitable for occasional reproductive activities. Therefore, both need to be protected and managed because their extension is not sufficient to act as complete functional areas.

Keywords: Ecological corridors, conservation, urban green areas.

1. Introducción

El incremento de la fragmentación y pérdida del hábitat causada por las actividades humanas son considerados como los mayores elementos de amenaza para la biodiversidad (Kattan 2001). Esta situación hace cada vez más pertinente la revisión y actualización de instrumentos de ordenación territorial a todas las escalas, desde decretos de Parques Nacionales hasta Planes Especiales Urbanos, que permitan incorporar criterios de conservación como la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (González et al., 2016), que den paso al diseño de estrategias de manejo y conservación asociadas a las políticas públicas y tengan como fin garantizar la viabilidad a largo y corto plazo de especies y ecosistemas amenazados o sensibles.

El desarrollo de estrategias de conservación adecuadas en áreas urbanas podría tener un papel decisivo en el mantenimiento o mejoramiento de la diversidad, y en el restablecimiento del vínculo entre seres humanos y naturaleza (Niemelä, 1999; Jensen et al., 2000; Maurer, 2000; Clergeau et al., 2001; Fernández-Juricic & Jokimäki, 2001) en Caula, S., S. Giner, & R. DeNóbrega. (2003).

Los diferentes niveles de gobierno nacional y los tomadores de decisiones en conservación no cuentan con herramientas apropiadas para proponer e implementar estrategias de manejo en sus territorios, ni el soporte científico necesario que justifique las políticas de conservación y gestión. Asimismo, hasta el momento son pocas las iniciativas que pretenden integrar las nuevas tecnologías de información geográfica y la información biológica de las especies enfocadas en la generación de modelos que aborden la idoneidad de hábitat y la conectividad.

Un corredor ecológico es aquel que está constituido por un conjunto de territorios que conectan hábitats naturales o modificados (Cadena González et al., 2003). Son espacios seleccionados biológica y estratégicamente como unidades de planificación, que involucran como componentes fundamentales de las áreas protegidas, en los que se implementan acciones de conservación y prácticas de uso sostenible (UICN, 2004; Gilbert-Norton et al., 2010).

Los corredores ecológicos urbanos son una propuesta que permite contrarrestar la fragmentación de los hábitat y mitigar los impactos causados por actividades domésticas e industriales, tales como la agricultura, la deforestación, la urbanización y las obras de infraestructura (como carreteras, líneas de transmisión, etc.); lo que facilita la migración y la dispersión de especies de flora y fauna silvestre y permite la preservación de servicios

ambientales que ellos brindan como el esparcimiento de los ciudadanos, en el mantenimiento de la calidad del paisaje, el confort ambiental, entre otros.

Según WWF (2023), los corredores ecológicos son herramientas vitales para preservar la biodiversidad y garantizar la supervivencia de las especies, especialmente en un mundo cada vez más fragmentado y perturbado por las actividades humanas.

Esta investigación tiene como propósito presentar una metodología basada en Sistemas de Información Geográfica (GIS) y en principios de ecología del paisaje para evaluar aspectos relacionados con el mosaico urbano y su conectividad ecológica, que podría aplicarse a la planificación municipal y metropolitana o a la gestión del territorial a través del diseño de corredores ecológicos urbanos. Para poner a prueba la metodología planteada utilizamos como caso de estudio el área urbana del municipio capital Girardot en la ciudad de Maracay estado Aragua, Venezuela, mostrando algunos resultados preliminares y discutiendo sus implicaciones.

La propuesta de corredores ecológicos urbanos que aquí se plantea es parte de los esfuerzos realizados en la Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL en el año 2019, llevado adelante por la Alcaldía del municipio Girardot del estado Aragua, atendiendo al interés de los habitantes por corregir problemas relacionados con la degradación del ambiente natural y antrópico.

2. Área de estudio

El área de estudio abarca 8.810 ha de áreas urbanas establecidas en el Plan de Ordenación Urbanística (POU) de la ciudad de Maracay, municipio Girardot, Venezuela en 1993.

La ciudad de Maracay emplaza entre dos regiones naturales la Depresión del Lago de Valencia o lago de Los Tacariguas y la Serranía Litoral, ubicada entre los estados de Aragua y Carabobo; este territorio concentra tierras de primera calidad para la agricultura, instaurándose desde hace por lo menos dos siglos sistemas de producción que han modificado la cobertura vegetal y la biodiversidad autóctona (SAV 1983 y 1988).

Ya a principios del siglo XIX, Alexander von Humboldt hace referencia a un proceso de destrucción de los bosques de las llanuras y montañas de Aragua por el uso agrícola. Humboldt comenta que hasta mediados del siglo XVIII los valles de Aragua estaban cubiertos por selvas, constituidas por individuos de la familia *mimosaceae*, Ceibas e Higueros, llenas de matorrales y árboles sobre suelos de una espesa hojarasca que garantizaban la sombra y el frescor en las riberas del lago. A diferencia del calor que caracterizaban los suelos cultivados, entre los que predominaba la caña, el añil y el algodón, que ya tenían efecto en la disminución paulatina en los niveles de los manantiales y todos los afluentes naturales del Lago de Valencia.

A finales del siglo XX, Alfred Zinck (1989) alerta que el medio natural de la depresión del lago ha desaparecido y explica que la modificación de la cobertura vegetal y las condiciones edáficas; así como los desvíos y polución de los ríos; las fluctuaciones en el nivel y la contaminación de las aguas; la explotación intensiva de aguas subterráneas; la contaminación atmosférica, entre otras, son las principales causas que han convertido a esta región en un espacio profundamente afectado por la acción antrópica.

Las amenazas derivadas de las quemas y las actividades agropecuarias en la depresión del Lago de Valencia, adyacente a la cordillera de la costa, dieron lugar a la creación en 1937 del primer Parque Nacional en Venezuela, Henri Pittier, con la finalidad de preservar los ecosistemas de selva nublada, su biodiversidad e importantes recursos hídricos que abastecen de agua a las poblaciones cercanas, entre otras a la ciudad de Maracay (Abarca, 2005).

En las últimas décadas, la acción del hombre, en este valle, ha venido generando una gama de problemas derivados de la competencia por el espacio disponible, destacándose la intensa degradación del medio natural que inició hace más de dos siglos, la pérdida de tierras de primera calidad agrícola por la expansión de los usos urbanos e industriales y el deterioro de la calidad de vida de la población de la ciudad de Maracay debido a la pérdida de espacios para la recreación y el esparcimiento, la generación de islas de calor entre otros problemas derivados de la eliminación de la vegetación remanente o verde urbano. (Sánchez, et al. 1998).

El corredor ecológico como estrategia para la conservación y mantenimiento de las áreas verdes arboladas pasa por la conciliación de la pugna existente entre desarrollo y conservación en ciudad de Maracay, Municipio Girardot, estado Aragua.

3. Materiales y métodos

El método que se propone para evaluar la conectividad ecológica en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay permite evaluaciones rápidas y aplicaciones que pueden ser muy efectivas en la gestión territorial municipal y la planificación estratégica. Una ventaja de esta metodología es que no requiere bases de datos extensas sino solo de dos mapas digitales: el primero de las áreas arboladas de la ciudad y el segundo de un mapa de uso de la tierra, a escala de detalle a 1:5.000, e información confiable de infraestructuras y equipamientos urbanos como parques, aquellas áreas verdes municipales consideradas como verde territorial, plazas usos recreativos. Otra ventaja significativa es que es un método sencillo, donde todos sus componentes clave (funciones, constantes y variables) son visibles y puede ajustarse a las condiciones locales, permitiendo la utilización empírica de los datos disponibles, además permite mejoras adicionales cuando aparece nueva información relevante.

Este método ha sido diseñado principalmente para aplicaciones en la planificación regional y la evaluación ambiental estratégica dado que se basa en datos cuantitativos y en la ecología del paisaje. Este tipo de índices son modelos simplificados de una realidad compleja; es decir, son muy útiles para comparar diferentes alternativas de forma cuantitativa, como apoyo para el proceso de toma de decisiones.

Este es el primer estudio sobre conectividad biológica o ecológica en la ciudad de Maracay, y posiblemente en áreas urbanas venezolanas, que aborda el problema de la fragmentación del mosaico urbano a una escala de planificación urbana y municipal. Se espera sea una contribución al futuro Plan de Desarrollo Urbano Local de la ciudad de Maracay en el municipio Girardot que permita revertir las tendencias históricas de degradación ambiental, creando un escenario más sostenible, a través del establecimiento de un corredor ecológico funcional y factible de áreas naturales y secundarias que restablezca la conectividad ecológica entre el Parque Nacional Henri Pittier (PNHP) y el lago de Valencia.

El enfoque de este modelo se basa en el inventario de las áreas arboladas de la ciudad. La razón para eso es que los datos sobre las áreas arboladas, el uso de la tierra y el equipamiento urbano están a la misma resolución espacial, producto de un reciente estudio que incorporó imágenes de alta resolución espacial. La metodología aplicada con algunos ajustes podría ser válida para estos mismos usos en otras áreas urbanas tomando en cuenta las dinámicas ecológicas locales, hábitats de especies clave, corredores, barreras; utilizando métodos empíricos y datos basados en expertos.

Este tipo de ejercicios tienen la finalidad de fomentar la incorporación de principios y criterios para un ambiente sano, tales como la conectividad en los planes locales, urbanos, metropolitanos y regionales. En este sentido la metodología expuesta representa una alternativa rentable cuando se evalúan los posibles impactos del desarrollo en el paisaje y la conectividad ecológica.

3.1. Colibríes como especie sucedánea o indicadora en la ciudad de Maracay

El análisis para la valoración de las áreas arboladas se basó en características morfológicas y topológicas de los parches arbolados, de acuerdo a la selección de una especie sucedánea; teniendo como objetivo la selección de una especie indicadora del estado de conservación actual de del mosaico urbano como hábitat de especies.

Se seleccionó al colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*) por ser una especie con mayores limitaciones en su capacidad de dispersión (Stiles, 2004) de los colibríes reportados para el área de estudio (Caula, 2010; Vereá, 2001; Vereá *et al.*, 2000; MARNR, 1998; Vereá y Solórsano

1998; Vereza, 1993 y Lentino, 1990), a través del cual se puede estudiar y/o cuantificar, de manera sencilla, los elementos y el funcionamiento del mosaico urbano (Ver Figura 1).

Por ser la ciudad de Maracay un ambiente urbano altamente intervenido, las variables que fueron utilizadas para establecer la idoneidad del hábitat para el colibrí Pecho de Canela, que es una especie con movimientos limitados, permitirán la evaluación más estricta del mosaico urbano, definiendo un potencial corredor ecológico que podrán utilizar esta y otras especies que usan menores rangos de hábitat e incluso con otros requerimientos como otras especies de aves, murciélagos, ranas así como espacios para usos urbanos compatibles.

La estrategia de conectividad planteada debe reconocer el hecho que la mayoría de las áreas funcionales están constituidas por parches dispersos que sirven como sitios de paso las especies, siendo esto más deseable que la desaparición total de las coberturas originales (Wang et al., 2008). Aumentar los espacios continuos arbolados, acortar las distancias entre parches a través del necesario manejo de las matrices antropogénicas reducirá los efectos de borde e incrementará la calidad del hábitat en el corredor.

Figura 1. Colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*)



Fuente: Phelps, W. H., & de Schauensee, R. M. (1994). Una guía de las aves de Venezuela

El colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*), para este estudio, es considerado como una especie de tipo Paragua ya que garantiza la conservación de sus poblaciones y pudiera implicar la protección de poblaciones de otras especies simpátricas de su mismo gremio, sin embargo también tiene la tipología de Vulnerable (Noss, 1990), o especies limitadas por su capacidad de dispersión que requieren pequeñas extensiones para el mantenimiento de sus poblaciones; además la familia de los *Trochilinae* pueden estar categorizadas como especies Bandera, ya que son especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer el apoyo gubernamental, del público o de posibles donantes, para la implementación y desarrollo de programas de conservación que involucren a la especie bandera y las especies menos llamativas con las que pudiera estar asociada (Isasi Catalá, 2011).

3.2. Modelo de Idoneidad del Hábitat (MIH)

La determinación de corredores ecológicos se realizó con base al análisis del mosaico conformado por la cobertura vegetal arbórea y la matriz representada los usos del suelo y la infraestructura de comunicación vial e hidrografía presente en el área urbana del municipio Girardot del estado Aragua a escala urbana 1:5.000, mediante la interpretación visual supervisada de una imagen en color real del satélite Pléyades de enero de 2016. El mapa de cobertura vegetal arbórea representa 19.388 parches de vegetación en las cuatro categorías de cobertura vegetal identificadas: bosques urbanos, árboles aislados, palmas y palmares y bosques ribereños, con un área total de 11.280.132 m², representando el 13% del área urbana.

Se aborda el estudio de la conectividad funcional a partir de modelos de Idoneidad del hábitat de la especie *Glaucis hirsutus* expresada en capas de costo que se asocian a la idoneidad del hábitat. En un SIG los modelos de idoneidad de hábitat se relacionan con la disponibilidad de capas en formato raster que representan atributos particulares asociados a las métricas del paisaje (Tamaño, Forma, Proximidad a cuerpos de agua y Áreas núcleos) que permite la valoración de las Áreas funcionales ecológicas, así como los asociados a las barreras o disturbios como (distancia a vías, asentamientos, densidad) denominados variables o factores que inciden sobre la presencia de la especie (Beier et al., 2007).

El procedimiento requiere que sean asignados valores de peso para cada variable o factor y un rango de disponibilidad de hábitat por cada variable. Estos valores para cada variable del hábitat son combinados para formar un mapa de idoneidad de hábitat con un puntaje para cada píxel (Beier et al., 2007, Majka et al., 2009).

Todo ello tomando en consideración, la selección de un objeto de conservación o la especie focal o sucedánea, esta especie debe ser sensible al tamaño del área, la forma y un área núcleo, de manera que al perderse los corredores se vea afectada; con dispersión limitada o que requieran de flujo genético para evitar la endogamia; sensible a barreras físicas que le impidan su movimiento como áreas urbanas, vías de comunicación y ecológicamente importantes para la conservación (Theobald et al., 2006, Beier et al., 2007, Majka et al., 2009).

3.3. Áreas funcionales ecológicas (AFE)

El análisis para la valoración de las áreas arboladas se basó en características morfológicas y topológicas de los parches arbolados, de acuerdo a criterios establecidos a partir de información publicada sobre la biología, uso de hábitat y comportamiento de una especie de la familia

Trochilidae (*Glaucis hirsutus*). Se integraron cuatro métricas para identificar las áreas funcionales ecológicas (AFE):

1) **Tamaño.** Estima el área del parche. Los criterios para la asignación de categorías (Tabla 1) se basaron en el tamaño mínimo necesario para la permanencia de una población del colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*), la especie con mayores limitaciones en su capacidad de dispersión (Stiles, 2004) de los colibríes reportados para el área de estudio (Caula, 2010; Vereá, 2001; Vereá *et al.*, 2000; MARNR, 1998; Vereá y Solórsano 1998; Vereá, 1993 y Lentino, 1990).

2) **Forma.** Esta métrica se calculó en base a la relación área/perímetro. La categorización se realizó por el método de distribución natural de Jenks (Chen, et al. 2013) donde, las áreas arboladas más irregulares y entreveradas con mayor efecto de borde son clasificadas en las categorías con mayores puntajes debido a que favorecen los flujos transversales (Forman, 1995).

3) **Proximidad a cuerpos de agua.** Estima la distancia lineal a través de áreas de influencia (buffer) en metros desde todos los cuerpos de agua y se seleccionan las áreas arboladas que se intersectan con cada buffer. Se incluyeron la totalidad de los cuerpos de agua presentes en el área de estudio desde el lago de Valencia, los ríos Limón, Güey, Maracay y Colorado, así como una red de canales, caños y pequeños cuerpos de agua como lagunas y áreas inundables. Esta métrica fue seleccionada debido a que los bosques ribereños aumentan la conectividad de los colibríes ermitaños entre parches, actuando como vías de comunicación (Gilbert-Norton et al., 2010).

4) **Área núcleo.** Representa la cantidad de hábitat remanente inalterado que garantiza la supervivencia y éxito reproductivo del grupo. La categorización se basó en el rango mínimo de movimiento reportado para el colibrí ermitaño (Volpe, 2014; Tabla 1).

Con el fin de identificar los parches cuyas características morfológicas y topológicas garanticen el mantenimiento de las poblaciones del grupo focal, las cuales llamamos áreas funcionales ecológicas en base a la sumatoria de las métricas estimadas, se calculó el valor del estadístico Getis Ord G_i^* (Getis y Ord, 1992) para cada parche, utilizando la herramienta Hot Spot Analysis en ArcGIS Desktop 10.5. Este estadístico local permite identificar las mejores áreas funcionales ecológicas en base no sólo a los criterios morfológicos y topológicos estimados de un parche, sino también a los de éste en relación a sus vecinos (Gráfico 1). Se utilizó una distancia crítica fija mínima de 50 m ya que la probabilidad de movimiento del colibrí ermitaño entre parches disminuye casi en un 50% a partir de esta distancia (Volpe, 2014). De esta manera, los parches con mayores valores estadísticamente significativos de Z son aquellos que indican un

agrupamiento local de áreas funcionales ecológicas dentro de la matriz. El mapa obtenido fue reclasificado en seis categorías (Tabla 2; Fig. 2).

Tabla 1. Criterios para la definición de áreas funcionales ecológicas por rangos, superficie y número de parches.

Tamaño	Superficie en m ²	Área total m ²	Nº Áreas arboladas	Criterio
MUY MALA	3 - 1.000	3.270.039,8	17.426,0	Rangos de movimiento reportados para el colibrí ermitaño, con un rango mínimo y máximo de desplazamiento diario de 0,25 a 6,8 ha con una media de 3,12 ha y 1,50 ha, para los machos y las hembras, respectivamente (Volpe, 2014)
MALA	1.000,1 - 2.500	1.894.581,6	1.251,0	
REGULAR	2.500,1 - 15.000	3.262.199,5	621,0	
BUENA	15.000,1 - 68.000	2.210.210,9	85,0	
MUY BUENA	68.000,1 - 198.419	643.100,9	5,0	
		11.280.132,7	19.388,0	
Forma (Área/Perímetro)	Cociente de Área/Perímetro	Área total m ²	Nº Áreas arboladas	Criterio
MUY MALA	0,1 - 2,71	270.961,5	6.550	Las áreas arboladas con más irregulares y entreverados, con mayor efecto de borde favorece los flujos transversales (Forman, 1995). Se clasificarán con una distribución natural de clases (Jenks)
MALA	2,7 - 4,81	234.326,1	2.472	
REGULAR	4,8 - 8,01	1.678.067,1	6.571	
BUENA	8,0 - 15,61	7.192.019,1	3.733	
MUY BUENA	15,6 - 43,2	1.904.759,0	62	
		11.280.132,7	19.388	
Proximidad a cuerpos de agua	Distancia en metros	Área total m ²	Nº Áreas arboladas	Criterio
MUY MALA	mayor que 160	4.349.448,3	12096	Los ermitaños evitan su movimiento a través de la matriz y, cuando es posible, se mueven dentro del bosque en áreas con alta conectividad, asociadas a las riberas de los ríos y cuerpos de agua (Gilbert-Norton et al., 2010).
MALA	50,1 a 160	1.841.629,3	3914	
REGULAR	25,1 a 50	663.404,0	1401	
BUENA	5 a 25	752.195,3	922	
MUY BUENA	menor que 5	3.673.455,8	1055	
		11.280.132,7	19388	
Área Núcleo	Superficie en m ²	Área total m ²	Nº Áreas arboladas	Criterio
MUY MALA	menos que 1000	10.142.988,6	19358	Es el hábitat que garantiza la supervivencia y éxito reproductivo de la especie, el colibrí ermitaño tiene un desplazamiento diario de 0,25 a 6,8 ha con una media de 3,12 ha y 1,50 ha, para los machos y las hembras, respectivamente (Volpe, 2014).
MALA	1.000,1 - 2.500	811.640,0	25	
REGULAR	2.500,1 - 15.000	325.504,2	5	
BUENA	15.000,1 - 68.000	0	0	
MUY BUENA	mas que 68.000,1	0	0	
		11.280.132,7	19388	

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Modelado del Efecto de barrera

Para obtener el modelo del efecto de barrera, se consideró que los usos artificiales de la tierra crean obstáculos, a través de la matriz y en los propios parches, es decir, la resistencia o impedancia en el mosaico urbano (Forman, 1995).

Para ello se utilizó un índice de barrera (IB) que define la impedancia o las limitaciones que el medio urbano (incluyendo los parches arbolados) tiene como hábitat o para el desplazamiento de las especies de colibrí entre las áreas funcionales ecológicas; y al mismo tiempo corresponde al potencial impacto de las actividades humanas para cada tipo de IB (Fig. 3).

Tabla 2, Criterios para la definición del Índice de barrera por rangos, superficie y número de parches.

Índices de barrera (IB)		
Llenos y vacíos	Áreas impermeables (Edificaciones y Vías)	5
	Áreas no impermeabilizadas (áreas que potencialmente pudieran tener cubiertas de algún tipo de vegetación o pudieran ser re-vegetadas)	1
Densidad de vías por Jerarquía (Kerner density)	Troncal - 128,1 - 317,326172	5
	Autopista - 67,1 - 128	4
	Arterial - 28,1 - 67	3
	Locales o Colectora - 8,1 - 28	2
	Sin vías	1
Niveles o N° de pisos	Mayor que 10	5
	7 y 10	4
	4 y 6	3
	1 y 3	2
	0	1
Usos del suelo como hábitat urbano	Residencial multifamiliar	5
	Mixto (Residencial / Comercial / Oficina)	5
	Comercial	5
	Industrial	5
	vías	5
	Terminal de Transporte	4
	Institucional-Gubernamental	4
	Aeropuerto	4
	Residencial unifamiliar	3
	Sociocultural y Religioso	3
	Asistencial	3
	Militar	3
	Zona inundable con ocupación dispersa	2
	Educacional	2
	Recreacional Deportivo	2
	Recreacional	2
	Verde territorial	1
Zona residual	1	
Vacante	1	
cuerpos de agua	1	

Fuente: Elaboración propia.

La caracterización del IB se realizó con base al mapa de usos generalizados del suelo y la infraestructura de comunicación vial e hidrografía a escala 1:5000 elaborado en el marco del proyecto de Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local de Maracay 2016. El análisis se basó en técnicas de análisis de espacial de superposición de capas y la actualización de bases de datos en formato ráster, realizando la suma simple de los pesos asignados, de acuerdo con los siguientes criterios: Áreas impermeabilizadas o no impermeabilizadas, densidad de vías, niveles o número de pisos y usos del suelo como hábitat urbano. El IB se define como la adición de los efectos de todos los tipos de barrera en un área dada (Tabla 2).

En base a las áreas funcionales ecológicas y el índice de barrera, se realizó el Modelo de Idoneidad del Hábitat (MIH) para obtener una imagen raster o mapa de idoneidad de hábitat. El puntaje de idoneidad se estimó en base a la sumatoria de los pesos de las áreas funcionales ecológicas asignados en la reclasificación basada en el Getis Ord G_i^* y el inverso de los pesos obtenidos por el índice de barrera. La resolución espacial del mapa de idoneidad de hábitat fue de 1x1 m estableciendo 5 categorías por el método de cortes naturales de Jenks (Chen, et al. 2013).

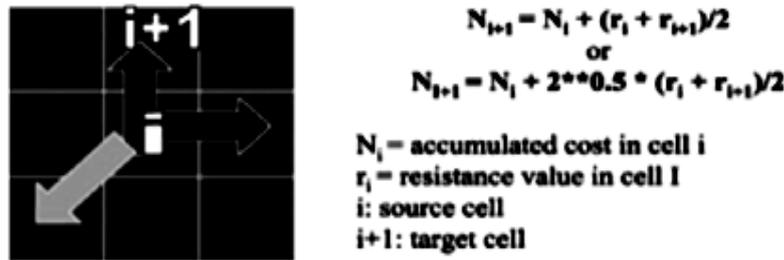
3.5. Generación de corredores ecológicos.

El proceso de generación de modelos de corredores ecológicos urbanos en el área de estudio requiere de capas espaciales importantes para su delimitación, tales como el Modelo de Idoneidad de Hábitat y los núcleos de biodiversidad que en este caso corresponden a Parque Nacional Henri Pittier, ocupando el perímetro Norte y el Lago de Valencia al Sur de la ciudad de Maracay.

La modelación de los corredores ecológicos urbanos se realizó mediante la herramienta SIG Corridor Designer, la cual opera en la plataforma SIG Arcgis 10.5 y está avalada por variados estudios (CorridorDesigner.org).

Esta herramienta tiene varias funciones y opciones asociadas al tema de conectividad, en este estudio sólo se utilizó la herramienta (create corridor model), que evalúa las rutas de menor costo (least cost path), que se basan en un algoritmo que considera una grilla de fricción o resistencia donde cada celda indica la dificultad o costo de moverse a través de ella y busca el camino con la menor suma de fricciones denominada como la distancia de menor costo (least-cost distance); (Adriaensen et al., 2003; Hargrove et al., 2004).

Figura 2, Algoritmo de la distancia de menor costo (least-cost distance).



Fuente: F. Adriaensen et al. (2003)

Por lo tanto, se basa en un algoritmo, en donde cualquier movimiento dada la celda N_i a N_{i+1} , el coste acumulativo se calcula como el coste para alcanzar la celda N_i más el coste promedio para moverse a través de las celdas N_i y N_{i+1} (Adriaensen et al. 2003) (Ver Figura 2). El método usa características de movimiento por celdas y, por lo tanto, es necesario que la data espacial sea en formato ráster para facilitar su proceso.

Finalmente, se obtienen 11 capas, la primera de 0,1% y el resto de uno a diez por ciento (1-10%) de ancho del corredor en (km) y una capa de punto de inicio y llegada del corredor (Majka et al., 2009) seleccionando de ellos el que mejor se adapta al estudio planteado.

4. Resultados

El estudio del mosaico urbano de la ciudad de Maracay conformado por una matriz con diferentes niveles de urbanización, interrumpida por 19.391 áreas arboladas de las cuales 6.966 fragmentos o parches son bosques urbanos, 11.510 árboles aislados, unos 908 parches conformados por Palmas y Palmares, así como 7 de bosques ribereños del lago de Los Tacariguas con un total de 11.280.132 m² de áreas arboladas discontinuas.

4.1. Áreas funcionales ecológicas

El análisis de áreas funcionales ecológicas en el mosaico urbano en la ciudad de Maracay, basado en el análisis de vecindad Getis-Ord, indicó que las áreas arboladas naturales o secundarias con la más intensa agrupación (hot spot) se caracterizan porque están distanciadas entre ellas no más de 50 m de los ejes de drenaje o cuerpos de agua como el lago de Valencia y los ríos Limón, Guey y Maracay; poseen formas irregulares que pudiese contribuir a los flujos transversales y el tamaño con rangos de desplazamiento del colibrí Pecho de Canela (Ver Tabla 3 y Mapa 1).

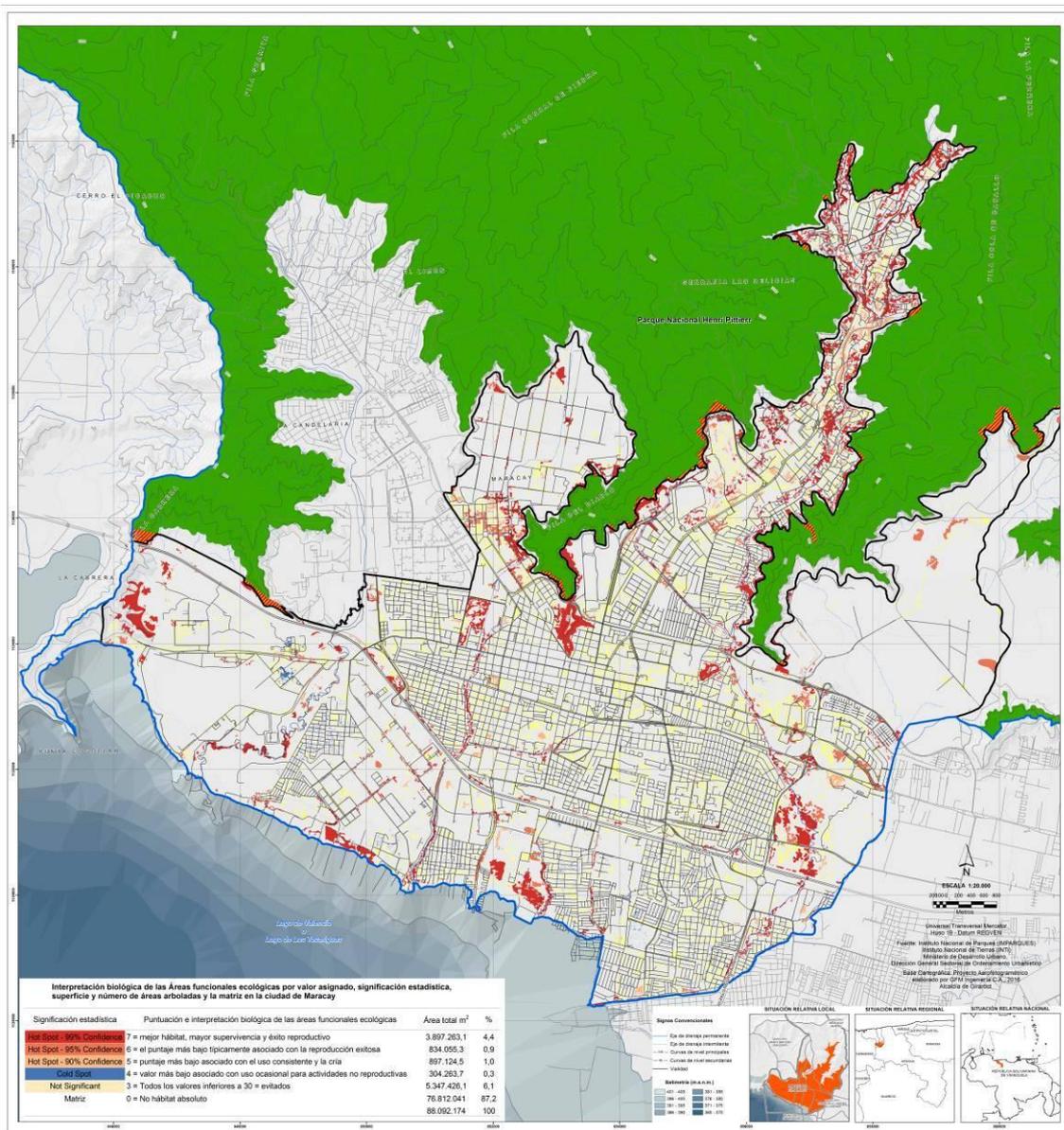
Tabla 3, Puntuación e interpretación biológica de las Áreas funcionales ecológicas por valor asignado, significación estadística, superficie y número de áreas arboladas y la matriz en la ciudad de Maracay.

Significación estadística	Puntuación e interpretación biológica de las áreas funcionales ecológicas	Área total m ²	%
Hot Spot - 99%	7 = mejor hábitat, mayor supervivencia y éxito reproductivo	3.897.263,1	4,4
Hot Spot - 95%	6 = el puntaje más bajo típicamente asociado con la reproducción exitosa	834.055,3	0,9
Hot Spot - 90%	5 = puntaje más bajo asociado con el uso consistente y la cría	897.124,5	1,0
Cold Spot	4 = valor más bajo asociado con uso ocasional para actividades no reproductivas	304.263,7	0,3
Not Significant	3 = Todos los valores inferiores a 30 = evitados	5.347.426,1	6,1
Matriz	0 = No hábitat absoluto	76.812.041	87,2
		88.092.174	100

Fuente: Elaboración propia.

Están conformadas apenas por 2.072 parches arbolados con un área total de 563 ha lo que representa menos del 6% de la superficie total de áreas arboladas en la ciudad y son aquellos que garantizan la supervivencia la reproducción exitosa y la cría del Colibrí.

Mapa 1, Áreas funcionales ecológicas en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay.



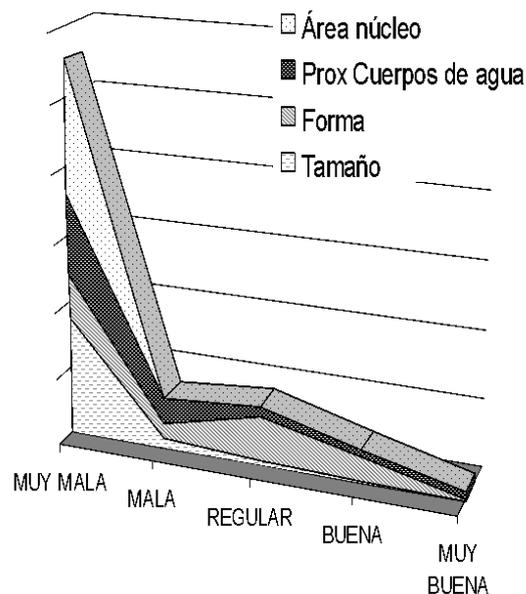
Fuente: Elaboración propia, con base en levantamiento aerofotogramétrico elaborado por GMF Ingeniería C.A. para la alcaldía del municipio Girardot, estado Aragua 2016. En el marco del proyecto Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL), Maracay, Municipio Girardot, Estado Aragua, elaborado por Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles C.A.

De los 2.270 parches aptos para la conexión; y siendo los parches con más de 10 ha: el Cerro El Calvario, Un parche boscoso en la fila de La Cabrera y otro lote boscoso en la Zona Industrial La Hamaca que es adyacente a las riberas del lago con 19,5, 14,7 y 17 ha respectivamente; sólo el parche boscoso de la fila de La Cabrera tiene la suficiente área continua para cumplir con el área núcleo y la persistencia de las especies en estas áreas, categorizadas como regular, habiendo sólo 5 áreas arboladas con esta misma categoría de área núcleo. Esto empieza a explicar el grado de fragmentación y de intervención.

La variable que está valorando mayor cantidad de parches arbolados como muy buenos, buenos y regulares es la proximidad a los cuerpos de agua con apenas una superficie de 580 ha y 3.338 parches de conectividad por donde potencialmente se desplazarán los colibríes para moverse a través de las áreas arboladas.

El criterio de forma de los parches es un poco mejor, se distinguen 1.077 ha constituidas por 10.366 parches que poseen mayor efecto de borde y favorecen los flujos transversales donde se afianza el rol de la conectividad en detrimento de la persistencia de la especie en el interior de estas áreas arboladas (Forman, 1995).

Gráfico 1, Contribución de cada uno de los criterios para la definición de áreas funcionales por número de parches y rango.



Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que el 72% de todas las áreas arboladas 13.880 están consideradas como aisladas con poca conectividad, que aun cuando cuentan con características para la supervivencia, la reproducción exitosa y la cría del Colibrí se encuentran distanciadas en más de 50 de parches con las mismas características con una superficie de 30,4 ha ocupado el 2% de estas áreas, en estos lugares potencialmente pueden existir poblaciones aisladas comprometiendo su permanencia.

Además, la mayor superficie de áreas arboladas 534 ha representando el 47% no cumplen con los requerimientos ecológicos de los colibríes para la supervivencia, la reproducción exitosa y la cría del Colibrí donde puede haber un uso ocasional para actividades no reproductivas o de forrajeo, así como sitios de paso claves en la conectividad urbana (Volpe, 2014).

Según las métricas del paisaje utilizadas como un indicador inicial para el análisis de conectividad conformada por el mosaico urbano de la ciudad de Maracay en el municipio Girardot, podemos decir que es de tipo muy fragmentado según la clasificación para determinar el grado de fragmentación del hábitat propuesta por (Hobbs *et al.*; 2006), con apenas el 13% de áreas arboladas.

Estas áreas arboladas se caracterizan por presentar mayor número de parches pequeños y aislados (Apan *et al.*; 2000), esta medida puede ser un indicador de fragmentación y también del estado de salud del ambiente o el entorno urbano.

El término fragmento lo propone (Viana, 1990) como un área interrumpida por barreras antrópicas (áreas urbanas, industriales, comerciales o áreas verdes sin cobertura arbórea) que ocupan el 87 % del área de estudio, que tienen la capacidad de reducir el flujo de animales, polen, etc. De la misma manera (Cerqueira *et al.*; 2003), define la fragmentación como un proceso en el cual un hábitat continuo es dividido en manchas o fragmentos más o menos aislados.

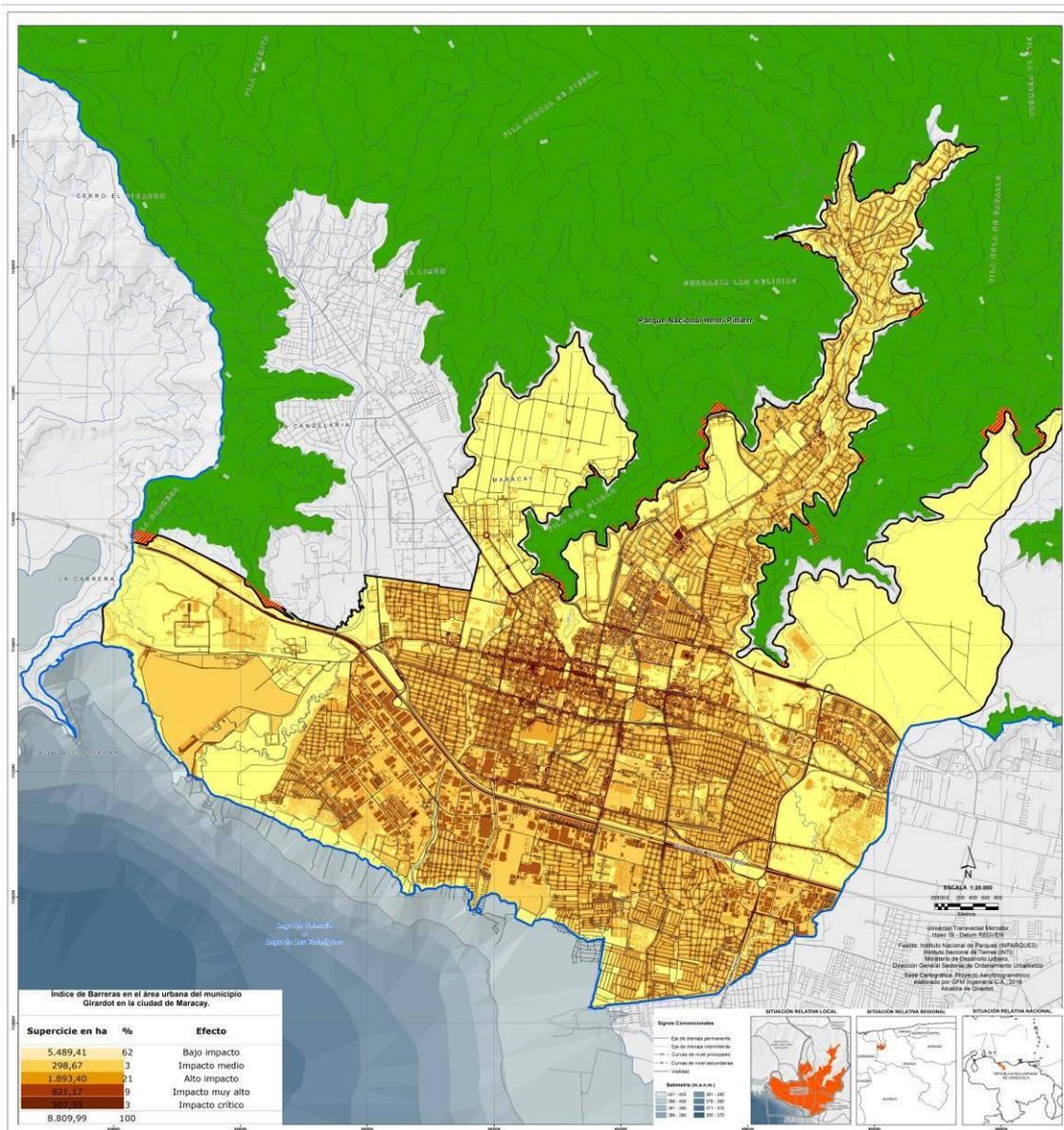
4.2. Índice de Barrera

El 66% del área de estudio 5.298 tiene un IB de **bajo impacto** que se caracteriza por espacios no impermeabilizados donde existe algún tipo de cubierta vegetal incluyendo áreas arboladas o pudieran ser revegetadas donde no existen vías adyacentes y con usos asociados al verde territorial, zona residual o vacantes en la ciudad y cuerpos de agua caracterizados por la alta permeabilidad ecológica (Ver Mapa 2).

Existen 107 ha con un IB de **impacto medio** que representa apenas el 3% del área de estudio y está caracterizado por zonas con espacios no impermeabilizados donde existe algún tipo de cubierta vegetal incluyendo áreas arboladas o pudieran ser revegetadas adyacentes a vías locales o colectora y con usos de tipo recreacional, deportivo, educacional, o zonas inundable con ocupación dispersa, militar, asistencial, religioso, sociocultural, residencial unifamiliar institucional-gubernamental y aeropuerto, donde existe una permeabilidad ecológica media.

Con un IB de **alto impacto** tenemos áreas impermeabilizadas cubiertas por vías y estructuras de hasta 4 pisos adyacentes a vías locales o colectoras y con usos de tipo terminal de transporte, Institucional-gubernamental, aeropuerto, residencial unifamiliar, sociocultural, religioso, asistencial y militar que ocupan el 22% del área de estudio con una superficie de 1.702 ha y poseen baja permeabilidad ecológica.

Mapa 2, Índice de Barreras en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay.



Fuente: Elaboración propia, con base en levantamiento aerofotogramétrico elaborado por GMF Ingeniería C.A. para la alcaldía del municipio Girardot, estado Aragua 2016. En el marco del proyecto Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL), Maracay, Municipio Girardot, Estado Aragua, elaborado por Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles C.A.

Las áreas impermeabilizadas cubiertas por vías y estructuras de hasta 7 pisos adyacentes a vías locales, colectoras y arteriales con usos de tipo residencial multifamiliar, mixto (residencial / comercial / oficina), comercial e industrial están categorizadas por el IB de **muy alto impacto** donde la permeabilidad ecológica es muy baja, ocupan el 9% del área de estudio con una superficie de 630 ha.

Finalmente, con menos del 1% del área de estudio, se encuentran aquellas áreas impermeabilizadas cubiertas por vías y estructuras de hasta 10 pisos adyacentes a vías troncales

y autopistas con usos de tipo residencial multifamiliar, mixto (residencial / comercial / oficina), comercial e industrial con un IB definido como **impacto Crítico** donde apenas 116 ha donde la permeabilidad ecológica mínima (Ver tabla 4).

Tabla 4, Clasificación del efecto de barrera en el mosaico urbano de la ciudad de Maracay, según el índice de efecto barrera y con indicación de algunos ejemplos por superficie y porcentaje.

Índice de efecto barrera	Superficie en ha	%	Efecto	Tipo de barrera
de 4 a 8	5489,41	62	Bajo impacto	Son espacios no impermeabilizados donde existe algún tipo de cubierta vegetal incluyendo áreas arboladas donde no existen vías adyacentes y con usos asociados al verde territorial, zona residual o vacantes en la ciudad y cuerpos de agua con alta permeabil
de 8,1 a 10	298,67	3	Impacto medio	Zonas con espacios no impermeabilizados donde existe algún tipo de cubierta vegetal incluyendo áreas arboladas o pudieran ser re vegetadas adyacentes a vías locales o colectora y con usos de tipo recreacional, deportivo, educacional, o zonas inundable co
de 10,1 a 13	1893,40	21	Alto impacto	Cubiertas impermeabilizadas por vías y estructuras de hasta 4 pisos adyacentes a vías locales o colectora y con usos de tipo terminal de transporte, Institucional-gubernamental, aeropuerto, residencial unifamiliar, sociocultural, religioso, asistencial y
de 13,1 a 17	821,17	9	Impacto muy alto	Combinación de áreas impermeabilizadas cubiertas por vías y estructuras de hasta 7 pisos adyacentes a vías locales, colectora y arteriales con usos de tipo residencial multifamiliar, mixto (residencial / comercial / oficina), comercial e industrial, donde
de 17,1 a 19	307,33	3	Impacto crítico	Combinación sinérgica de usos urbanos intensivos con los principales corredores de transporte. Areas impermeabilizadas cubiertas por vías y estructuras de hasta 10 pisos adyacentes a vías troncales y autopistas con usos de tipo residencial multifamiliar,
TOTAL	8809,99	100		

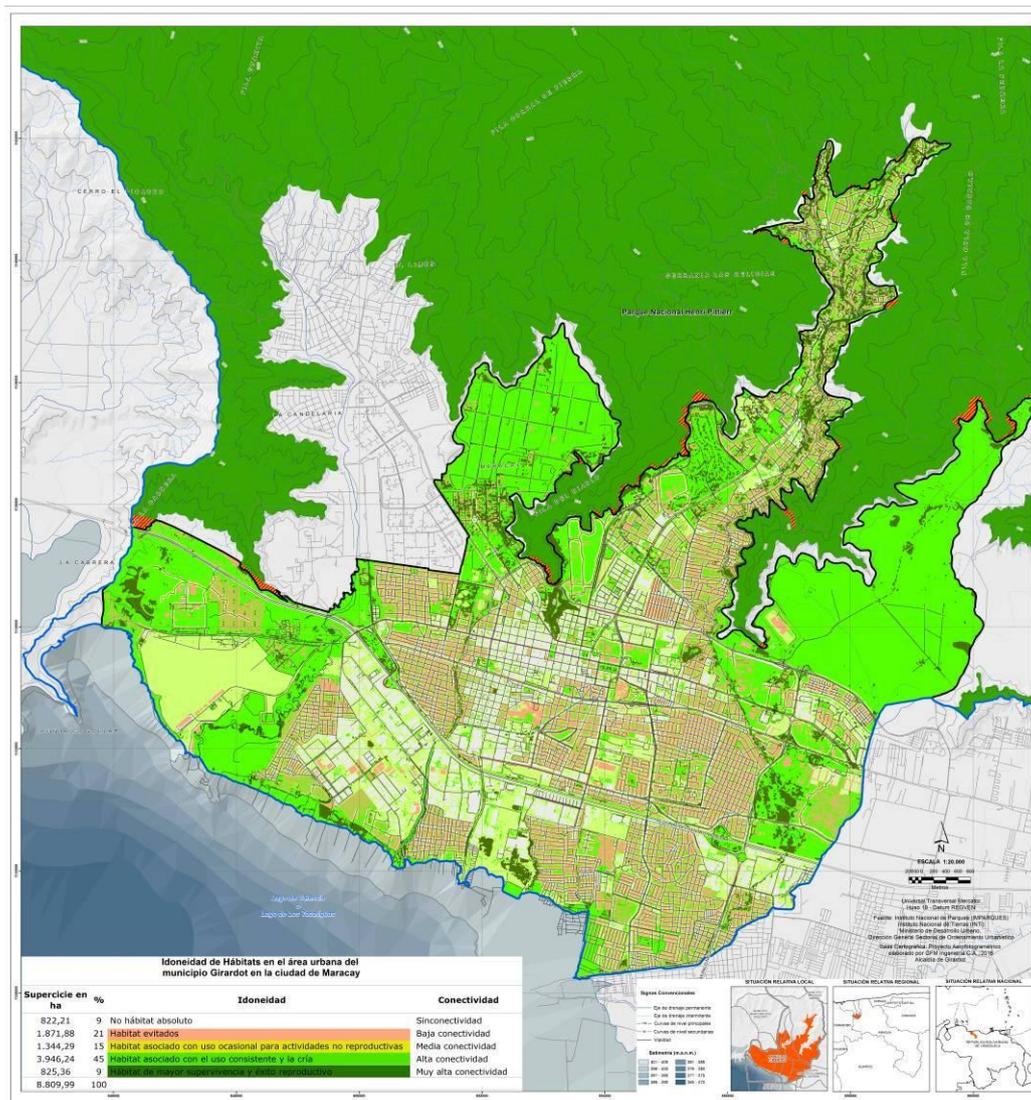
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Modelo de Idoneidad del Hábitat

Como se observa en la tabla 5, apenas el 9 % del área urbana de la ciudad de Maracay en el municipio Girardot posee un hábitat idóneo para la cría del colibrí Pecho de canela, caracterizado por una muy alta conectividad, siendo las áreas donde existe la mayor

supervivencia y éxito reproductivo de la especie. La mayoría de estos parches o áreas arboladas se encuentran dentro de una matriz donde existe algún tipo de cubierta vegetal incluyendo áreas arboladas o cuerpos de agua, están distanciados cualquier tipo de vías de comunicación y están caracterizados por la alta permeabilidad ecológica.

Mapa 3, Idoneidad de Hábitats en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay.



Fuente: Elaboración propia, con base en levantamiento aerofotogramétrico elaborado por GMF Ingeniería C.A. para la alcaldía del municipio Girardot, estado Aragua 2016. En el marco del proyecto Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL), Maracay, Municipio Girardot, Estado Aragua, elaborado por Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles C.A.

Con la mayor superficie ocupando el 45 % del área estudiada se encuentran aquellos hábitat en los que la cría y usos consistentes de los colibríes los cuales poseen alta conectividad, son zonas cubiertas por pastizales, áreas de cultivos, jardines asociados al campus de la UCV,

instalaciones militares como la Placera o cercanas al aeropuerto, incluyendo áreas arboladas o cuerpos de agua que se encuentran distanciados de cualquier tipo de vías de comunicación y caracterizados por la alta permeabilidad ecológica (Ver Mapa 3).

Un 15 % del área de estudio posee hábitat asociados con el uso ocasional de los colibríes para actividades no reproductivas, estos están compuestos por áreas no impermeabilizadas con algún tipo de cubierta vegetal relacionadas con el verde territorial u ornato urbano, jardines, área vacantes o residuales, zonas inundables con ocupación dispersa y el aeropuerto; adyacentes a vías de comunicación que se encuentran asociados a una conectividad media.

Existen áreas impermeabilizadas asociadas a pequeñas estructuras y usos residenciales con usos de baja intensidad y alejados de grandes vías de comunicación que ocupan el 21 % del área de estudio. Estos espacios son evitados por los colibríes ya que poseen una conectividad baja.

Finalmente existe un 9 % de superficies en las que no se encuentran los colibríes y no poseen conectividad convirtiéndose en verdaderas barreras, las cuales están caracterizadas como áreas impermeabilizadas con usos urbanos intensos como industriales, comerciales o residenciales multifamiliares asociados a grandes o importantes vías de comunicación.

Tabla 5, Clasificación de la idoneidad del hábitat y su asociación con la conectividad en el mosaico urbano de la ciudad de Maracay, según el índice de idoneidad del habitar por superficie y porcentaje.

Superficie en ha	%	Idoneidad	Conectividad
822,21	9	No hábitat absoluto	Sinconectividad
1.871,88	21	Habitat evitados	Baja conectividad
1.344,29	15	Habitat asociado con uso ocasional para actividades no reproductivas	Media conectividad
3.946,24	45	Habitat asociado con el uso consistente y la cría	Alta conectividad
825,36	9	Hábitat de mayor supervivencia y éxito reproductivo	Muy alta conectividad
8.809,99	100		

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Corredores ecológicos

Uno de los análisis que realiza la herramienta (*create corridor model*) es la selección de las mejores áreas funcionales a conectar que se encuentran embebidas dentro del mosaico urbano; que debe ser igualmente manejado dentro de las estrategias de conectividad entre el PNHP y el lago de Valencia, entendiendo que estas son áreas naturales donde existen poblaciones de colibríes y donde existe la mayor supervivencia y éxito reproductivo.

La herramienta seleccionó con origen y destino óptimo del corredor ecológico las áreas funcionales Cerro El Calvario al Norte del área de estudio y otro lote boscoso al Sur en la Zona

Industrial La Hamaca que es adyacente a las riberas del lago. Aun cuando estas dos áreas arboladas no cumplen con la condición del área núcleo, el corredor ecológico resultante representa la mejor ruta o camino estimado entre el PNHP y el lago de Valencia dada la distancia y la idoneidad del hábitat en la ciudad de Maracay.

Es necesario que estas áreas se mantengan conservadas a largo plazo y se lleven a cabo estrategias para aumentar sus áreas núcleo o la superficie continua de bosques, así como sus conexiones.

Asimismo, el análisis arroja 11 umbrales de ancho para el corredor en porcentaje, el cual sirve para determinar el ideal de conectividad (10%) y el mínimo (0.1%) de los cuales se seleccionaron los umbrales del corredor menores o iguales al 4%, un total de 5 franjas donde se priorizan aquellas áreas que necesitan mayor atención con un ancho máximo total de 1 km, lo que estaría facilitando el movimiento de las especies.

Hay que tener claro que, dadas las limitaciones del mosaico urbano, el ancho del corredor no llega al rango mínimo del desplazamiento diario del colibrí que es de 2.500 m. Un corredor que tenga un ancho de 2.500 m ocuparía una gran extensión de terreno lo que haría inviable la propuesta por los costos monetarios asociados a la conservación (Majka et al., 2009), (Ver Mapa 4).

Para evaluar el corredor seleccionado se discute la clasificación de la idoneidad del hábitat y su asociación con la conectividad en el mosaico urbano del corredor ecológico, según el índice de idoneidad del hábitat por superficie, porcentaje, así como la distribución de las frecuencias por tipo de hábitat.

Como se observa en el gráfico 2 y tabla 6, el área total del corredor seleccionado es de 331,46 ha de las cuales el 17% del área están consideradas hábitat de mayor supervivencia o éxito reproductivo y usos consistente y de cría. El 39% del área es hábitat de uso ocasional para actividades reproductivas del colibrí con media conectividad, el 9% está considerado hábitats evitados mientras que el 35% son no hábitats absolutos.

Mapa 4, Corredor ecológico del colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*) en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay.

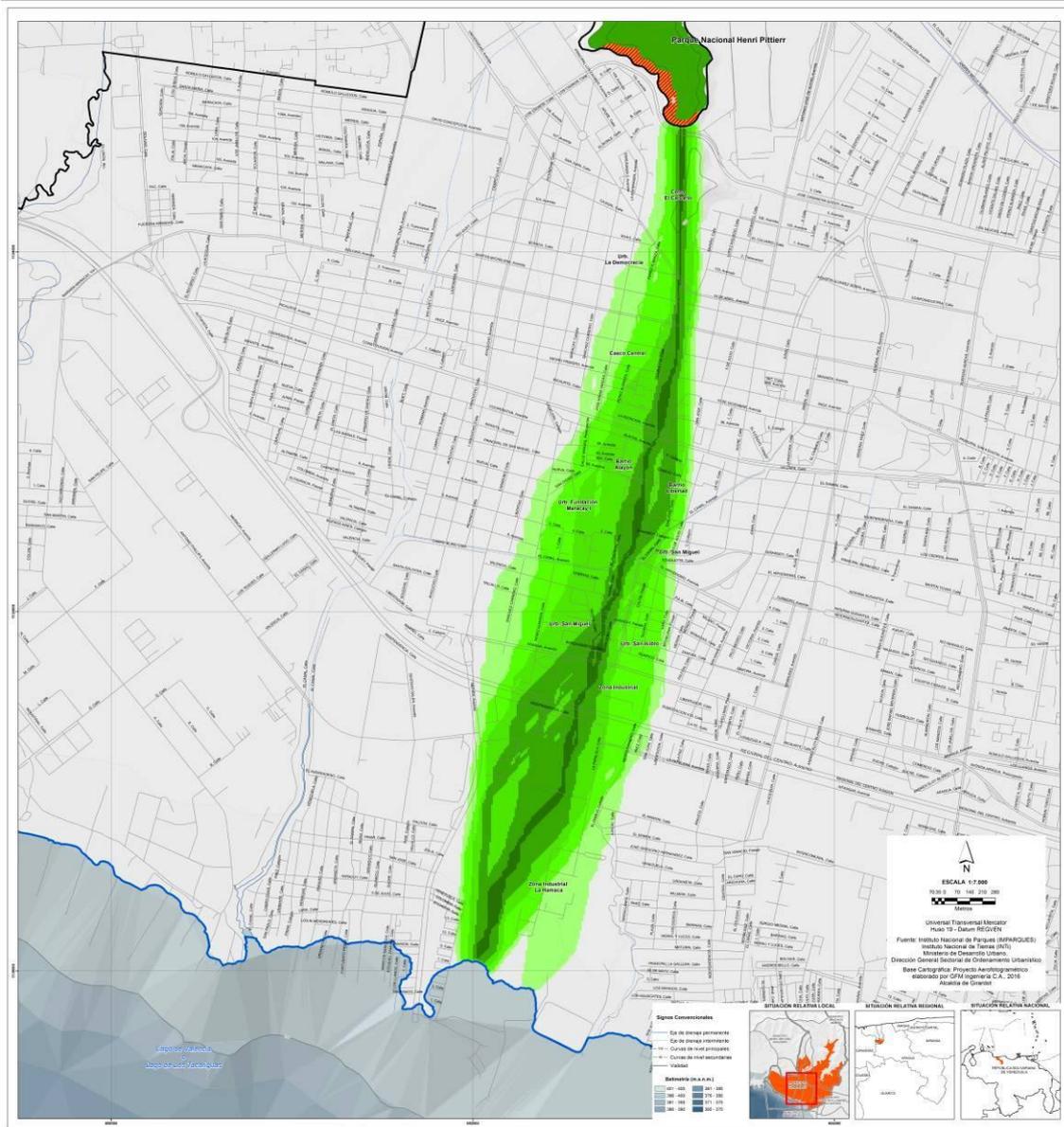
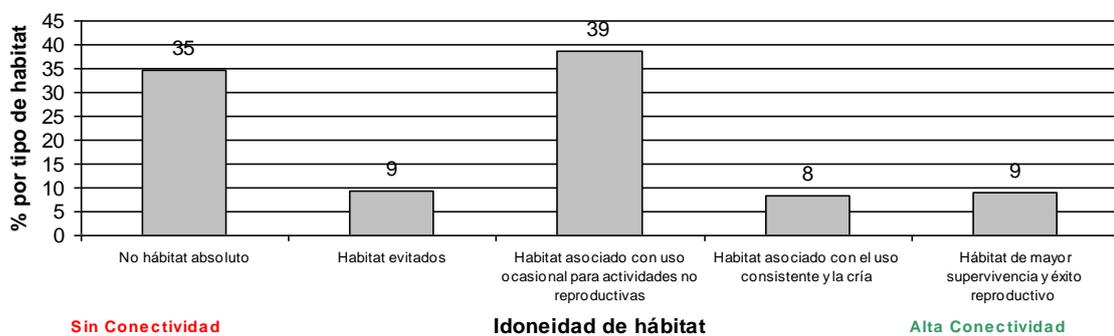


Tabla 6, Clasificación de la idoneidad del hábitat y su asociación con la conectividad en el mosaico urbano del corredor ecológico, según el índice de idoneidad del hábitat por superficie y porcentaje.

Superficie en ha	%	Idoneidad	Conectividad
115,13	35	No hábitat absoluto	Sinconectividad
30,74	9	Habitat evitados	Baja conectividad
128,56	39	Habitat asociado con uso ocasional para actividades no reproductivas	Media conectividad
27,35	8	Habitat asociado con el uso consistente y la cría	Alta conectividad
29,68	9	Hábitat de mayor supervivencia y éxito reproductivo	Muy alta conectividad
331,46	100		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2, Clasificación de la idoneidad del hábitat y su asociación con la conectividad en el mosaico urbano del corredor ecológico, según el índice de idoneidad del hábitat en porcentaje.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se define el eje central del corredor intersectado con la idoneidad del hábitat y se obtiene una lista de distancias entre parches por tipo hábitat que el colibrí pecho de canela tendría que atravesar para transitar entre el PNHP y el Lago de Valencia.

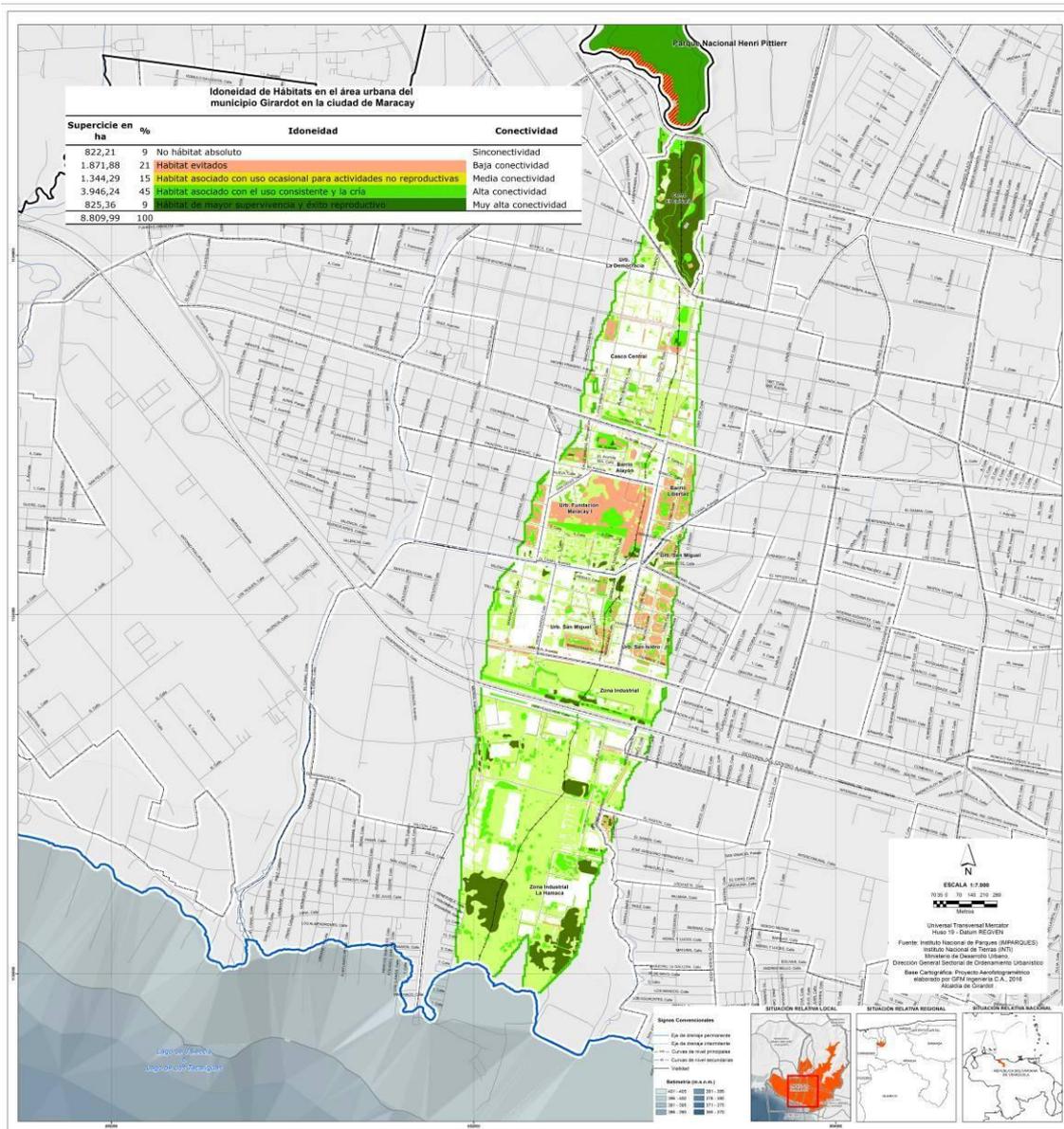
Se obtienen 40 tramos adversos para el colibrí de no hábitat absoluto, la mayor distancia es de 34 m. a la altura de la calle Soublotte cercana al cerro El Calvario y la menor de 2,5 m. y la sumatoria de las distancias es de un total de 478 m. de los 4.948 m. desde el PNHP al Lago de Valencia menos del 10% correspondientes al recorrido total.

En cuanto a las distancias entre parches de hábitat que son evitados por el colibrí pecho de canela, y que tendría que atravesar para transitar entre el PNHP y el Lago de Valencia, observamos que en la lista tenemos un total de 23 segmentos. La mayor distancia es de 128 m. justo en el cementerio La Primavera y la sumatoria de las distancias de hábitat evitados es de 445 m. también menos del 10% del recorrido lineal propuesto en el corredor.

Se sabe que la distancia entre hábitats idóneos y sitios de paso no debe ser tan larga ya que es probable que no la utilicen los individuos (Goodwin y Fahring 2002). Si tomamos en cuenta que la distancia crítica fija mínima de 50 m. ya que la probabilidad de movimiento del colibrí

ermitaño entre parches disminuye casi en un 50% a partir de esta distancia, podemos decir que el corredor se adapta a las necesidades de la especie en cuestión ya que permite la conexión entre las dos áreas naturales pero limitado en el ancho ya que no llega al rango mínimo de desplazamiento diario del colibrí 2.500 m. (Volpe, 2014) (Ver Mapa 5).

Mapa 5, Idoneidad de Hábitat del corredor ecológico del colibrí pecho canela (*Glaucis hirsutus*) en el área urbana del municipio Girardot en la ciudad de Maracay.



Fuente: Elaboración propia, con base en levantamiento aerofotogramétrico elaborado por GMF Ingeniería C.A. para la alcaldía del municipio Girardot, estado Aragua 2016. En el marco del proyecto Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL), Maracay, Municipio Girardot, Estado Aragua, elaborado por Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles C.A.

5. Discusión

Para evaluar la factibilidad de corredores en la ciudad de Maracay se consideró la información bibliográfica sobre corredores ecológicos y su implementación para la zona en estudio y se demostró la presencia de *Glaucis hirsutus* tanto en un gradiente que va desde el paso de portachuelos en el PNHP, la ciudad de Maracay y las adyacencias del lago de Valencia (Caula, 2010; Vereá, 2001; Vereá *et al*, 2000; MARNR, 1998; Vereá y Solórsano 1998; Vereá, 1993 y Lentino, 1990).

El hecho de que el mosaico urbano tiene un alto grado de fragmentación, llegando a ser un área de solo relictos de áreas arboladas en su mayoría secundarias, implica que existen severas limitaciones para generar proyectos para el rescate del hábitat de especies generalistas como el colibrí y al mismo tiempo resalta la importancia de la propuesta del corredor ecológico.

Según el SINAC (2009) los factores que se desean revertir con una matriz de conectividad son: pérdida de cobertura natural o secundaria, fragmentación de hábitat, pérdida de biodiversidad, contaminación ambiental, presión sobre los recursos naturales (tala ilegal, incendios forestales, entre otros), prácticas agrícolas inadecuadas para el ambiente y la pérdida del recurso hídrico. Todo ello, a través de una propuesta ordenamiento territorial novedosa en Venezuela que logre involucrar a la población local como es el corredor ecológico del colibrí en Maracay.

De igual manera, Canet (2007) describe algunos criterios que deben estar presentes para poder diseñar corredores ecológicos, los cuales son: presencia de áreas silvestres protegidas como núcleos de conservación, presencia de un parche con un porcentaje favorable de cobertura natural apta para restablecer la conectividad, presencia de cuencas hidrográficas (nacientes, ríos, lagos, humedales, entre otros), presencia de sitios de importancia para la conservación como los patrones migratorios de especies, y amplio gradiente altitudinal que permita la adaptabilidad de la flora y fauna silvestre ante el cambio climático.

El presente trabajo cumple con cuatro de los cinco principales criterios para el diseño de corredores ecológicos: 1) presencia del primer Parque Nacional en Venezuela el PNHP considerado un áreas silvestre protegida como núcleo de conservación; 2) existe la presencia de cuencas hidrográficas como las de los ríos Limón, Guey y Maracay que drenan desde el PNHP hasta el 3er cuerpo de agua dulce del país denominado lago de Valencia o Los Tacariguas; 3) en el área de estudio existe un amplio gradiente altitudinal desde aproximadamente 412 msnm en las orillas del lago hasta más de 2.320 msnm en el pico Chimborazo que permite la adaptabilidad de la flora y fauna silvestre ante el cambio climático; y 4) además que el área de estudio está cerca de un sitio de importancia para la conservación por ser paso de especies migratorias.

El paso Portachuelo es reconocido como ruta migratoria desde hace mucho tiempo, como lo señalan Ornitólogos y Naturalistas de la talla de W. Beebe, E. Schaefer, A. Wetmore, W. Phelps, P. Schwartz, entre otros. Portachuelo se ha señalado no sólo como un paso importante para las especies migrantes del Norte, sino también para las especies migrantes de las regiones australes, así como para las especies residentes (Lentino, 1990).

El único criterio que no se cumple en la ciudad de Maracay es la presencia de parches con un porcentaje favorable de cobertura natural apta para la supervivencia y éxito reproductivo de las poblaciones de colibríes, tan sólo el 13% de áreas arboladas en toda la ciudad de Maracay garantizan un hábitat favorable de cobertura natural apta para restablecer la conectividad entre el PNHP y el lago de Valencia. Sin embargo, el área de estudio aún cuenta con el 54% de hábitats idóneos para la especie, por lo cual existen oportunidades para la realización de medidas que tiendan al restablecimiento de la conectividad ecológica perdida.

Tres sectores de especial importancia para el establecimiento de este corredor ecológico son: i. Cerro El Calvario al Norte del corredor y Adyacente al PNHP; ii. Las áreas arboladas asociadas a la avenida El Canal junto al cementerio La y el barrio la libertad Primavera y iii. Áreas boscosas adyacentes de La Hamaca y la Avenida Mérida en la Zona Industrial de Maracay. Estos son territorios a considerar para la implementación de estrategias para la conservación y mantenimiento de áreas verdes del municipio Girardot de la ciudad de Maracay.

Bibliografía

1. Abarca O., Quiroz J. (2005). **Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay.** Agronomía Tropical, versión impresa ISSN 0002-192X, Agronomía Trop. v.55 n.1 Maracay.
2. A Getis, JK Ord. (1992). **The analysis of spatial association by use of distance statistics.** Geographical analysis 189–206.
3. Apan, A. A., S. S. Raine & M. S. Paterson. (2000). **Quantifying Landscape Fragmentation in the Lockyer Valley Catchment, Queensland: 1973 – 1997.** The 28th Annual Conference of AURISA Hyatt Coolum Resort, Coolum QLD, 20-24 November 2000.
4. Beier, P., D. R. Majka, & Wayne D. Spencer. (2007). **Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages.** Conservation Biology 22: 836–851.
5. Cadena González, R., De la Maza Elvira, J., & Piguérón Wirz, C. (2003). **Estado Actual de las Áreas Naturales Protegidas de América Latina y el Caribe.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

6. Canet L. (2007). **Herramientas para el Diseño, Gestión y Monitoreo de Corredores Biológicos en Costa Rica**. Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 207 pp.
7. Caula, S., S., Giner, & J.R. Nóbrega. (2010). **Aves urbanas: Un estudio comparativo en dos parques tropicales con diferente grado de intervención humana (Valencia, Venezuela)**. FARAUTE de Ciencias y Tecnología. Vol 5.
8. Cerqueira, R.; Brant, A.; Nascimento, M.T.; Pardini, R. (2003). **Fragmentacios: algunos conceptos**. In: Rambaldi, D.M.; Oliveira, D.A.S. (Org.) Fragmentación de ecosistemas: causas, efectos sobre la biodiversidad y recomendaciones de políticas públicas. Brasil MMA, 2003. p. 23-40.
9. F. Adriaensen a,*, J.P. Chardon a,b, G. De Blust c, E. Swinnen d, S. Villalba d, H. Gulinck d, E. Matthysen. (2003). **The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model**. Landscape and Urban Planning 64 (2003) 233–247.
10. Forman, R.T.T. (1995). **Some general principles of landscape and regional ecology**. Landscape Ecology vol. 10 no. 3 pp 133-142 (1995) SPB Academic Publishing bv, Amsterdam.
11. Gilbert-Norton, L., Wilson, R., Stevens, J.R. & Beard, K.H. (2010). **A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness**. Conservation Biology, 24, 660–668.
12. González, C., González J., González V., Gil L., Klein E. y Álvarez H. (2016). **Definición de Sitios prioritarios de conservación de la Faja Petrolífera del Orinoco**. The Nature Conservancy. Consultado: 16/04/2019.
13. Goodwin, B. J. & L. Fahrig. (2002). **How does landscape structure influence landscape connectivity?** Oikos, 99: 552–570.
14. Hargrove. W. W., F. M., Hoffman & R. A. Efroymson. (2004). **A Practical Map-Analysis Tool for Detecting Potential Dispersal Corridors**. Landscape Ecology 20: 361-373.
15. Humboldt A. (1991). **Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente**. Tomo 3. Monte Ávila Editores. 2da edición. Caracas. Venezuela.
16. Hobbs R, Arico S, Aronson J, Baron J, Bridgewater P, Cramer V, Epstein P, Ewel J, Klink C, Lugo A, Norton D, Ojima D, Richardson D, Valladares F, Vila M, Zamora R, Zobel M. (2006). **Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order**. Global Ecol. Biogeogr. 15: 1-7.
17. MARNR. (1998). **Inventario de Fauna Lago de Valencia, Estado Aragua y Carabobo**. Servicio Autónomo PROFAUNA, Dirección de Manejo de Fauna, FUNDACITE Aragua, Maracay
18. Isasi Catalá, E. (2011). **Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación**. Interciencia, vol. 36, núm. 1, enero, 2011, pp. 31-38 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela

19. Jian Chen, Shengtian Yang, Hongwei Li, Bin Zhang, Junrong Lv. (2013). **Research on geographical environment unit division based on the method of natural breaks (Jenks).** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4/W3.
20. Kattan, G. (2001). **Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies.** En: Ecología y conservación de bosques neotropicales. Págs: 561-589 Guariguata M. R. & G. H. Kattan Ed. Presentación Ernesto Medina y Cristián Samper K.
21. Majka, D., J. Jenness & P. Beier. (2007). **Corridor Designer: ArcGIS tools for designing and evaluating corridors.** Disponible en: <https://www.corridordesign.org>
22. Lentino, M. (1990). **Informe de las actividades realizadas en el Parque Nacional Henri Pittier**, estado Aragua, durante el periodo septiembre de 1989 hasta abril de 1990.
23. Phelps, W. H., & de Schauensee, R. M. (1994). Una guía de las aves de Venezuela.
24. República de Venezuela, Presidencia. (1993). Plan de Ordenación Urbanística (POU) del Área Metropolitana de la ciudad de Maracay.
25. VENEZOLANOS, S. A. Proyecto Ven/79/001. (1983). Región Natural 20 **Serranía Litoral**, Sistemas Ambientales Venezolanos, Serie II Los Recursos Naturales y las Regiones Naturales, Sección 2 Las Regiones Naturales, Código II-2-20, Caracas.
26. VENEZOLANOS, S. A. Proyecto Ven/79/001. (1988). Región Natural 21 **Depresión del Lago de Valencia, Serranía Litoral** Sistemas Ambientales Venezolanos, Serie II Los Recursos Naturales y las Regiones Naturales, Sección 2 Las Regiones Naturales, Código II-2-21, Caracas.
27. Sánchez, J. Ferre, A. Bermúdez, S., Rivero, R., Bermúdez, P. Peña, V. (1998). **Inventario de la fauna del lago de Valencia, estado Aragua y Carabobo.** MARNR, PROFAUNA-Maracay.
28. SINAC. (2009). **Plan Estratégico del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica para el Quinquenio 20092014.** Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Costa Rica. 40 pp.
29. Stiles, F. G. (2004). **Phylogenetic constraints upon morphological and Ecological adaptation in Hummingbirds (Trochilidae): ¿why are there no hermits in the Paramo?** ORNITOLOGIA NEOTROPICAL 15 (Suppl.): 191–198, 2004. E-mail: fgstiles@unal.edu.co
30. Theobald, D.M., J.B. Norman & M.R. Sherburne. (2006). **FunConn v1 User's Manual: ArcGIS tools for Functional Connectivity Modeling.** Natural Resource Ecology Lab, Colorado State University. April 17, 2006. 47 p. Disponible en: www.nrel.colostate.edu/projects/starmap
31. Vereá, C. (1993). **Caracterización de la avifauna de las selvas deciduas y de galería del valle del río Güey, vertiente sur del Parque Nacional Henri Pittier.** Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 114 pp.

32.

33. Vereá, C. (2001). **Variación en la composición de las comunidades de aves de cinco sotobosques de la vertiente norte del Parque Nacional Henri Pittier**, Estado Aragua, Venezuela. Tesis de maestría, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 73 pp.

34. Vereá, C., A. Fernández-Badillo y A. Solórzano. (2000). **Variación en la composición de las comunidades de aves de sotobosque de dos bosques en el norte de Venezuela**. *Ornitología Neotropical* 11: 65-79.

35. Vereá, C. Y A. Solórzano. (1998). **La avifauna del sotobosque de una selva decidua tropical en Venezuela**. *Ornitología Neotropical* 9: 161-176.

36. Vereá, C. Y A. Solórzano. (2001). **La comunidad de aves del sotobosque de un bosque deciduo tropical en Venezuela**. *Ornitología Neotropical* 12: 235-253.

37. Volpe, Noelia, L. (2014). **Movement and Space Use by the Green Hermit (Phaethornis guy) in a Fragmented Landscape in Costa Rica**. for the degree of Master of Science in Wildlife Science, Oregon State University, presented on March 19, 2014.

38. Viana, V. M. (1990). **Biología y manejo de fragmentos forestales naturales**. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordao, SP. Anais... Campos do Jordao: SBS/SBEF, 1990. p. 113-118.

39. Wang, Y. H, K. C. Yang, C. L. Bridgman & L. K. Lin. (2008). **Habitat suitability modeling to correlate gene flow with landscape connectivity**. *Landscape ecology* 23: 989 – 1000.

40. WWF. (2023). **Presentan Novedoso Índice Para Medir La Conectividad de La Naturaleza**, Disponible en: https://wwf.panda.org/wwf_news/?5749866/indice , consultado en: April 28, 2023.

41. WWF. (2023). **Wildlife Connect Powered by WWF**. Disponible en: <https://wildlifeconnect.org/> , consultado en: April 28, 2023.

42. Zinck, A., (1982). **Potencialidad, conflictos de uso y modelos de ordenamiento de las tierras en la depresión del lago de Valencia**. Terra, Publicaciones del Instituto de Geografía y Desarrollo Regional, UCV, año V, N° 6, mayo junio.