

La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador

Paula Cordero, Sebastián Vanegas, M. Augusta Hermida

Proyecto “Modelos de Densificación Territorial para las zonas consolidadas de la ciudad de Cuenca”¹. Departamento de Espacio y Población - Grupo Ciudades Sustentables. Facultad de Arquitectura, Universidad de Cuenca.

Autor de correspondencia: augusta.hermida@ucuenca.edu.ec

Fecha de recepción: 5 de diciembre de 2014 - Fecha de aceptación: 3 de marzo de 2015

RESUMEN

Al testear la situación de la biodiversidad urbana y los espacios verdes en la zona del Yanuncay de Cuenca (Ecuador), se pretendió revelar particularidades de la co-determinación entre la biodiversidad y las áreas verdes al interior de la ciudad. Se calcularon seis indicadores y tres índices que mostraron niveles alarmantemente bajos, que sugieren la necesidad de acciones inmediatas con el fin de recuperar la biodiversidad perdida. Por ejemplo, en el caso del indicador de la *Permeabilidad del Suelo Público* el 83.53% del suelo no es permeable; en cuanto a la *Proximidad a Espacios Verdes* el 98.82% del área de estudio no se aproxima al objetivo mínimo; en lo referente al cálculo de la *Densidad de Árboles por Tramo de Calle* el 98.83% de los tramos tienen arbolado insuficiente. Un aporte importante del trabajo es la construcción del *Índice de Verde Urbano (IVU)* que conjuga el indicador de *Superficie Verde por Habitante* con el de *Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Espacios Verdes*, de este modo se puede tener una mirada tanto de la cantidad como de la cobertura e influencia, a distintas escalas, que estas áreas tienen sobre las personas. En este índice se constata que el 91.76% del área no cumple con el valor mínimo. Estos datos nos permiten afirmar que la ciudad actual y su producción de áreas verdes no contribuyen a la sostenibilidad ecológica y por ende a la biodiversidad urbana. Si no se proponen cambios urgentes al modelo de ciudad vigente, estos valores se volverán aún más alarmantes.

Palabras clave: Biodiversidad urbana, ciudad sustentable, índice verde, Cuenca, avifauna.

ABSTRACT

By testing the situation of urban biodiversity and green spaces in the area of Yanuncay in Cuenca (Ecuador), we intended to reveal peculiarities of co-determination between biodiversity and green areas within the city. Six indicators and three indexes were calculated and showed alarmingly low levels, suggesting the need for immediate action to recover the lost biodiversity. For example, in the case of the indicator of *Permeability of Public Land*, 83.53% is not permeable; in terms of the *Proximity to Green Spaces*, 98.82% of the study area does not approach the minimum target; regarding the calculation of *Density of Trees in each Segment of Road*, 98.83% of the sections have not enough trees. An important contribution of this work is the construction of the *Green Urban Index (IVU)* that combines two indicators *Green Area per Person* with *Simultaneous Proximity to Three Types of Green Spaces*, so that an integrated evaluation can be given to both: namely the quantity and the coverage, and the influence, at different scales, that these areas have over people. With this index we see that 91.76% of the area does not meet the minimum value. This data allows us to state that the present city and its production of green areas do not contribute to ecological sustainability and hence urban biodiversity. If urgent effective changes are not proposed to the actual city model, these values

¹ Proyecto financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca.

will become even more alarming.

Keywords: Urban biodiversity, urban trees, green index, Cuenca, avifauna.

1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad ecológica de las ciudades se da cuando las relaciones con el territorio posibilitan la sostenibilidad alimenticia, el uso adecuado del agua y, en general, de todos los recursos naturales (Wilkinson *et al.*, 2013). Sabemos que el proceso de impermeabilización producido por la edificación y la pavimentación, no permite el desarrollo adecuado de los ecosistemas, ya que convierte al suelo en un sistema inerte en el cual no se desarrolla la producción primaria. La edificación descontrolada impide la infiltración, pudiendo llegar a producirse respuestas imprevisibles como, por ejemplo, las inundaciones. Sin duda, tal como menciona Czech & Karausman (1997), la urbanización es uno de los principales factores que, alrededor del mundo, han reducido hábitats naturales de múltiples especies, y por tanto, es considerada como una amenaza para la biodiversidad. Para entender el concepto de biodiversidad urbana se parte del concepto de diversidad biológica, definido como el número total de especies en un área determinada (Lovejoy, 1980). El concepto de biodiversidad urbana integra genes, especies y hábitats en una interacción asociada a valores humanos, éticos, estéticos y hasta socioeconómicos dentro de la ciudad (Tzoulas & James, 2010). Los estudios de biodiversidad urbana profundizan sobre la interacción entre las sociedades humanas y los sistemas ecológicos.

En el modelo urbano actual la necesidad de vivienda de los seres humanos se ve priorizada respecto a otros hábitats que las demás especies requieren (Müller & Werner, 2010). Esto ya de por sí es grave y más si sabemos que en la actualidad más de la mitad de la población humana mundial se concentra en zonas urbanas y pasará de seis mil 200 millones de personas, hoy en día, a nueve mil 200 millones en el año 2050, momento en el que las dos terceras partes de la población mundial vivirán en la zona urbana, tendencia que traerá consecuencias impredecibles en el medio ambiente y la calidad de vida en las ciudades del futuro (Zhang, 2008).

Las zonas más vulnerables desde el punto de vista de la destrucción de la biodiversidad son, sin duda, aquellas que se encuentran en proceso de consolidación desde lo rural hacia lo urbano (Myers *et al.*, 2013). Los procesos de urbanización destruyen o modifican los hábitats nativos y crean otros nuevos con su propia infraestructura. Debido a estos cambios, los paisajes urbanos favorecen las especies generalistas (que habitualmente no son las nativas). No podemos olvidar que las ciudades tienen una gran variedad de hábitats y especies, inclusive en algunas ciudades de clima templado, la diversidad de plantas y aves puede ser más alta que en los paisajes de los alrededores (Müller *et al.*, 2012). La reaparición de una especie, depende de la disponibilidad y la calidad del hábitat, de la ocupación del espacio dentro de estos, del pool genético y de la capacidad de adaptación específica de cada una de las especies (Müller & Werner, 2010). Desafortunadamente, la falta de datos históricos hace que sea difícil evaluar el efecto de los cambios de uso del suelo urbano a largo plazo y las actitudes humanas en la biodiversidad local.

La inclusión de la naturaleza en la ciudad está relacionada con el enfoque naturalista del urbanismo, naciente en occidente en el Siglo XVIII, cuyas propuestas llevaron a plantear la conveniencia de reducir barreras y diferencias entre campo y ciudad. La teoría de la ecología urbana podría construirse desde una pluralidad de conceptos y desde múltiples disciplinas que tratan de responder a los mecanismos que gobiernan el comportamiento urbano. Cambios recíprocos y la retroalimentación entre los seres humanos y su medio ambiente llevan a las culturas humanas y naturales a co-evolucionar (Marzluff & Angell, 2005).

A partir de la década de los ochenta se registró un porcentaje mayor al 60% de la población humana de América Latina viviendo en ciudades, concentrados en grandes capitales como Buenos Aires, Ciudad de México, Lima, Santiago entre otros. Estas ciudades crecieron rápidamente con la migración de campesinos para trabajar en fábricas y luego en empleos propios de la dinámica urbana. El crecimiento desordenado de las ciudades repercutió en las dinámicas ambientales internas y muchas veces en la disminución de la biodiversidad urbana (Ortega & McGregor, 2013). En este

contexto es importante fomentar la investigación ecológica en zonas urbanas a nivel local para lograr la consolidación de actividades de manejo y planeación urbana que integren los componentes ecológicos, políticos, económicos y culturales de cada ciudad latinoamericana, tal y como se ha logrado en algunas ciudades de Europa occidental (Fábos & Ryan, 2006).

Entre los componentes fundamentales de la ciudad sustentable y, en particular, de la densificación sustentable, están los que hacen referencia a los espacios verdes y la biodiversidad urbana, la accesibilidad de la población al verde urbano y los efectos de la expansión urbana sobre el territorio que puede ser testeada al evaluar el grado de aislamiento de los hábitats naturales al interior de la ciudad.

En el marco de la Constitución de la República del Ecuador se reconocen derechos a la naturaleza -capítulo VII Derechos de la naturaleza, artículos del 71 al 74- en donde el estado compromete su trabajo con miras a proteger el patrimonio natural del país y promover un desarrollo sostenible, reconociendo a la naturaleza el derecho a la restauración de sus ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos (Secretaría Nacional de la Administración Pública, 2013). En el Ecuador se han registrado 1,655 especies de aves, 382 de mamíferos, 404 de reptiles, 464 de anfibios y 1,539 especies de peces. Así mismo, según Ulloa Ulloa & Jorgensen (1993) se conoce que existen más de 300 especies de árboles y arbustos andinos. Con estos datos es posible afirmar que Ecuador tiene la más alta biodiversidad por área que cualquier otro país en el mundo (Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, 2007). El abordar el ámbito de la biodiversidad urbana, dentro de una ciudad como Cuenca, es la apertura de un nuevo eje de reflexión dentro de la concepción de la ciudad como sistema complejo.

2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para esta investigación puede ser resumida en las siguientes fases: 1) definición de indicadores; 2) selección de área piloto de estudio; y, 3) levantamiento de información.

2.1. Definición de indicadores

La base metodológica se funda en la propuesta del “Plan de Indicadores Urbanos” desarrollado por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, que ha generado una serie de herramientas de evaluación y descripción de la situación actual de las ciudades con miras al desarrollo de un modelo de ciudad más sostenible y, a la vez, un modelo de ciudad del conocimiento (Rueda, 2008). En el caso español, la base para la práctica del urbanismo ecológico ha sido el “Libro Verde del Medio Ambiente Urbano” (Rueda, 2007). La Agencia considera que los procesos de transformación de las ciudades implican un análisis transversal de varias dimensiones que se agrupan en cuatro ejes: compacidad, complejidad, eficiencia y cohesión social. Cada uno de éstos contiene, a su vez, dimensiones que pueden ser medibles, analizables, comparables y sobre todo se puede intervenir en ellas para mejorar las condiciones de la ciudad. Los indicadores e índices utilizados son el producto de la revisión, priorización y adaptación de los indicadores relacionados con el Espacio Verde y la Biodiversidad Urbana propuestos por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona y del análisis y validación con expertos del medio, que permitió, en algunos casos adaptar los indicadores a la realidad de la ciudad de Cuenca y, en otros, crear nuevos. Con estos antecedentes se estudiaron seis indicadores: 1) *Permeabilidad del Suelo Público*; 2) *Superficie Verde por Habitante y, como parte de este, 2.1) Proximidad de la Población al Verde más Cercano*; 3) *Proximidad a Tres y Cuatro Tipologías de Espacios Verdes*; 4) *Densidad de Árboles por Tramo de Calle*; y, 5) *Diversidad de Arbolado Urbano*; y tres índices: 1) *Funcionalidad de Parques Urbanos*; 2) *Índice de Verde Urbano*; y, 3) *Abundancia de Aves*.

Para el procesamiento de datos se trabajó con una cuadrícula de 200 x 200 metros dispuesta sobre toda la superficie de estudio. Esta cuadrícula permitió realizar comparaciones y generar un

mosaico en donde se pueden localizar fácilmente los resultados del indicador. En los párrafos siguientes se presente una descripción de los indicadores.

Indicador 1. Permeabilidad del Suelo Público (Rueda, 2009)

Se lo conoce como el *Índice Biótico del Suelo (IBS)*. Este indicador determina la cantidad de superficie permeable del suelo público en relación al área de estudio. Se trabaja solamente en el suelo público debido a que no se tiene acceso a los datos del área permeable al interior de los predios privados. El objetivo de trabajar con este indicador radica en lo significativo que es el suelo permeable para sostener el ciclo natural del suelo y el desarrollo de los ecosistemas en el medio urbano.

El suelo se ha clasificado en:

- TP1 -Superficies Permeables- Son las que están en estado natural sin compactar y mantienen todas sus funciones naturales. Tienen vegetación u ofrecen condiciones para que esta se pueda desarrollar. Se encuentran en parques, jardines, parterres, suelos agrícolas, etc.
- TP2 -Superficies Semipermeables- Son las que mantienen parcialmente sus funciones naturales. Se trata, en general, de superficies y pavimentos que permiten el paso de aire y agua. Han perdido total o parcialmente la función biológica.
- TP3 -Superficies Impermeables- Son en las que se ha destruido la estructura y funciones naturales, ya sea construyendo o bien pavimentando las calles, plazas, paseos, caminos, etc.

Forma de cálculo:

$$\text{IBS} = [\Sigma (f_i \times a_i) / A_t]$$

f_i = factor por tipo de suelo

a_i = área por tipo de suelo

A_t = área total zona de estudio

El indicador se calcula asignando un valor a cada tipo de suelo, que oscila entre 0 y 1, en función de su grado de naturalidad. Siendo 1 para los suelos altamente permeables y 0 para los impermeables.

Parámetros de evaluación:

Objetivo mínimo: 30% de superficie pública permeable

Objetivo deseable: 35% de superficie pública permeable

Indicador 2. Superficie Verde por Habitante (Rueda, 2009)

Este indicador determina la relación entre el espacio verde público y la población presente en la zona de estudio. El espacio verde público se refiere a las áreas de la ciudad que presentan cobertura vegetal y a las cuales cualquier ciudadano puede acceder libremente. El objetivo de este indicador es el de evaluar la distribución de la superficie verde en función de la población presente en la zona de estudio.

Forma de cálculo:

$$\text{SvHab (m}^2 \text{ hab}^{-1}\text{)} = \text{superficie verde total (cada cuadrícula)} / \text{número de habitantes (cada cuadrícula)}$$

Parámetros de evaluación:

Tomando como criterio el estándar internacional de cantidad de metros cuadrados de superficie verde por habitante ($9 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), y considerando que en la bibliografía consultada este estándar oscila entre los 9 y $10 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$, se han establecido los siguientes parámetros en cada una de las cuadrículas de la zona de estudio:

0 - 8.9 = Insuficiente

8.9 - 10 = Mínimo

10 - 15 = Deseable

15 en adelante = Óptimo

Indicador 2.1 Proximidad de la Población al Verde más Cercano

Se ha reconocido como un límite metodológico, del indicador de *Superficie Verde por Habitante*, el hecho de que su unidad de análisis (cuadrícula de 200 x 200 metros) incurra en lo que en análisis geoespacial se denomina: problema de la unidad de área modificable. Esta manera de evaluar relaciona la superficie verde por habitante como la cantidad de espacio verde y la población presente

en cada cuadrícula y, aunque la superficie verde se ubique muy cercana pero por fuera de la cuadrícula, ya no la considera en el cálculo. Frente a esta situación, se construye este nuevo indicador para relacionar el desplazamiento de la población y la localización de los espacios verdes. En la búsqueda de una mirada más comprensiva de la realidad, del modo como se percibe el espacio verde por parte de la población, se entiende a la cobertura isocrona desde cada espacio verde (distancia caminable = 300 m) como una aproximación que recoge el valor de lo cercano en términos de la relación ubicación-desplazamiento peatonal y no solamente la de ubicación-emplazamiento de la vivienda. El objetivo de este indicador es evaluar la proximidad de la población caminando al espacio verde más cercano, sin distinción de la actividad que acoge o de su función ecológica.

Forma de cálculo:

Prox_verde (%) = (población con cobertura de espacio verde (isócrono de 300 m) / población total) x 100

Parámetros de evaluación:

Objetivo deseable: 100% con proximidad de la población al verde más cercano (caminando)

Indicador 3. Proximidad a Tres y Cuatro Tipologías de Espacios Verdes (Rueda, 2009)

Este indicador relaciona los espacios verdes y la población presente en la zona de estudio. En este caso, se han considerado solamente aquellos espacios verdes de estancia con una superficie mayor a 500 m². Los espacios verdes ligados al tráfico, como las isletas de tráfico, no han sido considerados en este indicador.

El objetivo de este indicador es evaluar la situación de la zona en cuanto a la proximidad de la población a sus espacios verdes. Se busca que todo ciudadano tenga acceso a variados tipos de espacio verde, los mismos que han sido determinados de acuerdo a su extensión de la siguiente manera: espacios verdes mayores de 1,000 m², mayores de 5,000 m², mayores de 1 ha y mayores de 10 ha, a una distancia que se pueda recorrer a pie o mediante un corto desplazamiento en transporte público (4 km).

La relación de proximidad a estos espacios verdes puede revelar cierto nivel de integración de la red verde urbana, situación que es fundamental para el desarrollo de la biodiversidad y de la estructura funcional del espacio público.

Forma de cálculo:

La metodología base permite trabajar con cuatro categorías de espacios verdes, es así que se han definido los siguientes espacios con su correspondiente distancia de proximidad en función del tamaño de cada parque:

- a) Espacio verde mayor de 1,000 m² a una distancia menor de 200 m (desplazamiento a pie de carácter cotidiano). Estos espacios ofrecen una función de contacto diario del ciudadano con el verde;
- b) Espacio verde mayor de 5,000 m² a una distancia menor de 750 m (desplazamiento a pie de carácter cotidiano). Estos espacios ejercen las funciones básicas de estancia y esparcimiento al aire libre de la población de los barrios;
- c) Espacio verde mayor de 1 ha a una distancia menor de 2 km (desplazamiento en bicicleta). Estos espacios serían los parques urbanos que garantizan distintas posibilidades de esparcimiento y presentan cierta singularidad con relación a su carácter histórico;
- d) Espacio verde mayor de 10 ha a una distancia menor de 4 km (desplazamiento en transporte público). Estos espacios corresponden en su mayoría a los parques que hacen parte de la estructura verde, son áreas libres integrables en el medio natural, a las que se les asigna una finalidad restauradora y paisajística.

Para medir la influencia simultánea de los tres tipos de espacios verdes sobre la población, se utiliza la siguiente fórmula:

Pverde (%) = (población con cobertura simultánea a 3 (y 4) tipos de espacios verdes / población total) x 100

Parámetros de evaluación:

De acuerdo a la metodología base que tiene como objeto evaluar la proximidad de la población a los espacios verdes, este indicador considera importante ponderar las funciones un tanto más especializadas que se derivan de la categorización de los espacios verdes públicos, de esta manera el objetivo se complementa al entender que el valor óptimo de cobertura, en relación a las funciones recreativas de los espacios verdes, se corresponde con el planeamiento de la ciudad que las diferencia también de acuerdo a la superficie de las mismas:

Objetivo mínimo: 100% de la población con la cobertura simultánea a 3 tipos de espacios verdes.

Objetivo deseable: 100% de la población con la cobertura simultánea a 4 tipos de espacios verdes.

Indicador 4. Densidad de Árboles por Tramo de Calle (Rueda, 2009)

Este indicador sirve para medir la cantidad de árboles que presenta cada tramo de calle cuyo ancho es mayor a 8 m. Este dato es importante pues se considera que los tramos que tienen un ancho mayor o igual a 8 m son aquellos en los cuales es posible incorporar nuevos árboles. El objetivo de este indicador es identificar aquellos tramos que tienen un claro déficit de árboles en sus calles. El objetivo final es visualizar los tramos en los que se puede intervenir para mejorar la conectividad del ecosistema urbano en donde estas calles actúan como corredores que conectan los diferentes hábitats: parques y jardines de la ciudad.

Forma de cálculo:

Para obtener este indicador se aplicó la fórmula:

$$\text{Darb (árboles m}^{-1}\text{)} = \text{número de árboles/longitud del tramo de calle}$$

Parámetros de evaluación:

| | | |
|-----------------|-----------|-------------------------------|
| Objetivo mínimo | Densidad | > 0.2 árboles m ⁻¹ |
| | Cobertura | > 50% de los tramos de calle |
| Deseable: | Densidad | > 0.2 árboles m ⁻¹ |
| | Cobertura | > 75% de los tramos de calle |

Se considera un valor adecuado de densidad cuando el 50% del total de tramos llegan a un valor de densidad igual o mayor a 0.2 árboles m⁻¹ es decir 2 árboles cada 10 metros de tramo de calle.

Indicador 5. Diversidad del Arbolado Urbano (Rueda, 2009)

La diversidad de árboles es un indicador que relaciona el número de especies y la abundancia relativa de cada una. Los árboles presentes en las calles, parques y jardines de la ciudad son un elemento estructural del hábitat urbano. Mantener una elevada diversidad de árboles potencia la biodiversidad de otras especies en el ecosistema urbano. Es importante evitar la tendencia al monocultivo en el arbolado, dado que puede suponer un riesgo sanitario al desarrollarse plagas y enfermedades. Además se debe potenciar el uso de especies nativas del lugar, que están mejor adaptadas, son más resistentes y tienen mayor relación con la fauna de la zona. El objetivo de este indicador es evaluar la diversidad de especies que componen el arbolado de la ciudad.

Forma de cálculo:

Para calcular este indicador se aplicó el índice de Shannon-Weaver, en donde P_i es la probabilidad de ocurrencia de un individuo de la especie respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie). El indicador contempla el número de especies totales (riqueza total) y la abundancia relativa de cada una de ellas (cuántos de cada uno).

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

S número de especies (la riqueza de especies)

P_i proporción de individuos de la especie irrespecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

n_i número de individuos de la especie i

N número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Se debe considerar un índice de diversidad mínimo para poder intervenir sobre la biodiversidad urbana considerando que, a mayor diversidad del arbolado mayor diversidad de fauna.

Índice 1. Funcionalidad de Parques Urbanos (Rueda, 2009)

Los parques urbanos juegan un papel esencial en la conservación de la biodiversidad del ecosistema urbano, actuando como islas dentro de la matriz urbana. Dentro del sector de Yanuncay se escogieron todos los parques y se midieron sus Áreas (A), esta medida tiene un peso relevante en la diversidad de

aves que un parque puede acoger. Cuanto más grande es el fragmento, más hábitats puede tener, es decir, más nichos para colonizar. En los parques mayores, la influencia negativa de la matriz urbana (efecto borde) es menor que en los parques pequeños. Un parámetro importante a la hora de determinar la funcionalidad del fragmento es la complejidad estructural, una superficie extensa es importante pero no es suficiente para mantener una rica diversidad de aves, ya que la riqueza de especies depende en gran medida de la diversidad estructural del hábitat (en función de los lugares para que las aves pernocten, se alimenten, se reproduzcan) que a su vez está garantizada por la diversidad de lugares como árboles propios del entorno, arbustos, entre otros.

Se entiende que los datos giran en torno al área del parque (A) entendiéndose a esta como la superficie que acoge, a partir de unas determinadas características, a diversas especies de aves, y para estimar la complejidad estructural se han evaluado en cada uno de ellos los siguientes 8 factores:

- 1) Cobertura arbórea (B) medida como el porcentaje de árboles en el parque, los cuales son utilizados por algunas especies de aves.
- 2) Cobertura de arbustos (C) medida como el porcentaje de arbustos. La riqueza de arbustos fomenta la riqueza y abundancia de especies de aves, ya que proporciona hábitats diversos para la reproducción y protege frente a la perturbación de depredadores y paseantes.
- 3) Cobertura de césped (D) medida como el porcentaje de césped. Fragmentos de césped y otras gramíneas pequeñas que potencia la presencia de aves propias de agro-sistemas, sin embargo un porcentaje muy elevado de césped disminuye la capacidad para proporcionar zonas de protección a las aves más allá de solo alimento.
- 4) Cobertura de Agua (E) medida como porcentaje de superficie con agua dentro del parque. La presencia de un pequeño lago o superficie inundada dentro del parque incorpora un nuevo hábitat, y éste puede atraer a numerosas especies.
- 5) Número de árboles de porte grande (F). Se consideran dentro de esta categoría los árboles con un diámetro de copa de más de 6 metros y una altura superior a los 15 metros (*Urapan Fraxinus chinensis*, *Eucalipto Eucalyptus glóbulus*).
- 6) Número de árboles de porte medio (G). Se consideran dentro de esta categoría los árboles con un diámetro de copa de entre 4 y 6 metros y una altura de hasta 15 metros (*Fresno Tecoma estands* y el *Sauco Sambucus nigrans*).
- 7) Número de árboles de porte pequeño (H). Diámetro de copa de menos de 4 metros y altura de menos de 6 metros (*Chilca Baccharis trinervis*).
- 8) Diversidad de especies de árboles y arbustos (I): medida como el índice de Shannon-Weaver: $H = \sum p_i \log 2 p_i$.

Existen otros factores que reducen la probabilidad de que el parque pueda albergar una rica diversidad de aves, en el *Índice de Funcionalidad de Parques Urbanos* se han considerado los siguientes factores:

- 1) Cobertura artificial medida como porcentaje de superficie impermeable (J) (caminos, zonas pavimentadas o edificios). El suelo pavimentado reduce la complejidad estructural del suelo reduciendo la capacidad del suelo de funcionar como un ecosistema vivo, que entre otras cosas proporciona alimento a las aves.
- 2) Distancia al hábitat fuente medida como la distancia en km al anillo verde (K) (masa boscosa más cercana). En el caso de la ciudad de Cuenca, hemos considerado como hábitat fuente a las orillas de los ríos porque son estos biocorredores los que más cumplen con la estructura compleja fundamental para las aves y su reproducción. Generalmente, los parques más cercanos a los biocorredores tienen un mayor potencial en cuanto a su funcionalidad y de este modo mayores probabilidades de ser lugares que alberguen la biodiversidad.

El objetivo del *Índice de Funcionalidad* es evaluar el potencial de los parques urbanos para alojar una máxima diversidad de avifauna y con ella una mayor red trófica (insectos, plantas, etc.). La diversidad de un grupo trófico superior, como son las aves, fáciles de detectar, muestra en buena parte la diversidad de grupos inferiores, como son los insectos. Es muy importante tomar en cuenta, dentro de la gestión de los espacios verdes urbanos, los índices de funcionalidad con miras al aumento de biodiversidad urbana y así diseñar parques urbanos que potencien no sólo los valores sociales de esparcimiento, sino también los valores naturales que estos espacios pueden ofrecer.

Forma de cálculo:

El indicador se calcula asignando un valor de ponderación (potencia) a cada factor según su grado de influencia en la complejidad estructural del hábitat y mediante la siguiente fórmula se obtiene el valor de funcionalidad en cada parque:

$$If = A^{(0.15)} + B^{(0.12)} + C^{(0.12)} + D^{(0.05)} + E^{(0.06)} + F^{(0.05)} + G^{(0.05)} + H^{(0.05)} + I^{(0.2)} - J^{(0.1)} - K^{(0.05)}$$

Donde: (A) área del parque, (B) cobertura de árboles, (C) cobertura de arbustos, (D) cobertura de césped, (E) cobertura de agua, (F) número de árboles de porte grande, (G) número de árboles de porte medio, (H) número de árboles de porte pequeño, (I) diversidad de especies de árboles y arbustos, (J) cobertura artificial y, (K) distancia al hábitat fuente.

Parámetros de evaluación:

En cada uno de los parques del área de estudio los estándares planteados para el índice de funcionalidad son los siguientes:

Objetivo mínimo: 7.3

Deseable: 7.5

Índice 2. Índice de Verde Urbano (IVU)

Este índice busca conjugar el indicador de *Superficie Verde por Habitante* con el de *Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Espacios Verdes* en un índice que permita leerlos simultáneamente, y de este modo tener una mirada tanto de la cantidad como de la cobertura e influencia a distintas escalas que estas áreas tienen sobre las personas. El objetivo del índice es caracterizar el verde urbano de una manera más aproximada a la forma en que es percibido por la población, entendiendo que en esta percepción influyen, principalmente, la cercanía y los usos de los espacios, consiguiendo así una mirada categórica del reparto de los espacios verdes y sus escalas.

Forma de cálculo:

Luego de calcular los indicadores de *Superficie Verde por Habitante* y de *Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Espacios Verdes*, se trabajó con los resultados y los rangos establecidos para la evaluación de cada uno de ellos. Con estos resultados se hizo, para el caso del indicador de *Superficie Verde por Habitante* un re escalamiento de sus rangos entre 0 y 2, definiendo al valor de 1 como el deseable. Por otra parte, para el caso del indicador de *Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Verde* se re escalaron, entre 0 y 1, los resultados que se presentan en porcentajes. Luego se hizo una ponderación de acuerdo a la consideración de que tiene más influencia la proximidad a las áreas verdes por sobre la cantidad de las mismas, pues la percepción para las personas de la *Proximidad* se entiende como más directa e influyente que el de *Superficie Verde por Habitante* (que se puede considerar de más difícil percepción). Finalmente se sumaron los valores re escalados de estos dos indicadores.

En el caso del re escalamiento del indicador *Superficie Verde por Habitante*:

Tienen un valor entre 0-1 los valores que se encuentran entre 0 y 10 m² de área verde por habitante.

Tienen un valor entre 1-2 los valores iguales o mayores a 10 m² de área verde por habitante.

En el caso del re escalamiento del indicador *Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Espacios Verdes*:

Se han dividido para 100 los resultados del indicador, encontrando valores ya ponderados entre 0 y 1.

Para el valor obtenido en cada cuadrícula se ha hecho la siguiente ponderación:

(sup_verde)*(0.4) + (prox_verde a 3 tipos)*(0.6)

Parámetros de evaluación:

Insuficiente: valores entre 0 y 1

Deseable: valores entre 1 y 1.4

Índice 3. Abundancia de Aves (Rueda, 2009)

Este índice compara el número de especies por orden taxonómico dentro y fuera de la ciudad, para lo cual se utilizó la información base de la Comisión de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Cuenca y la generada en este proyecto para la zona del Yanuncay. Su objetivo es utilizar a las aves como un indicador de biodiversidad urbana: son fáciles de detectar y de identificar, forman parte de un grupo trófico superior, de manera que integran y responden a cambios en otros niveles. Además, la presencia de ciertas especies, con afinidad para determinados hábitats en el ecosistema urbano, muestra, en buena parte, el estado de conservación y manejo del verde urbano.

Forma de cálculo:

$Iab = (\text{número de especies orden taxonómico en Yanuncay} / \text{número de especies orden taxonómico de la ciudad})$

Parámetros de evaluación:

Objetivo mínimo: >0.2

Deseable: >0.4

2.2. Selección de un área piloto de estudio

La zona de estudio es el sector del Yanuncay en la ciudad de Cuenca, este sector se presenta como el más apropiado para llevar adelante procesos de densificación sustentable (Fig. 1), un informe amplio sobre esta aseveración se puede encontrar en el Informe del Proyecto de Investigación “Modelos de Densificación Sustentable para las zonas consolidadas de la ciudad de Cuenca” que reposa en la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca.

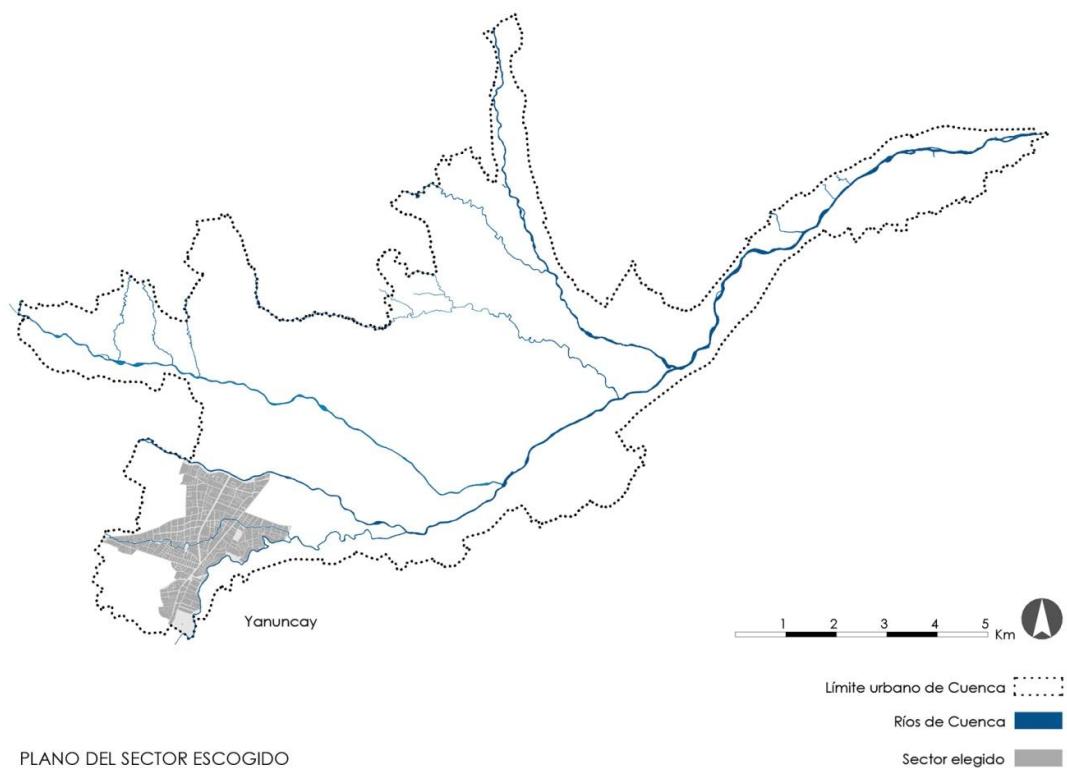


Figura 1. Mapa de la zona de estudio.

2.3. Levantamiento de información primaria y secundaria

Para llevar a cabo el trabajo de campo, se fijaron 2 tipos de fichas en función de los indicadores e índices a desarrollar, la primera referida a la base predial y la segunda que contenía los aspectos a estudiar en cuanto al espacio público (Tabla 1). En la ficha de predios se estableció un código para los parques de la zona de estudio, partiendo de la base de datos municipal y mediante observación in situ se creó una base cercana a la realidad, señalando aquellos predios que no estaban registrados como parques de la ciudad. Por otra parte, en la ficha de espacio público se definieron los ejes que permitieron ordenar y llevar a cabo las observaciones, y con estos se determinaron las categorías del tipo de espacio público, el tipo de cobertura del suelo y la clasificación del arbolado de la zona. Es importante destacar que el levantamiento de la información de campo fue realizado por un total de 65 alumnos de pregrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca con dirección y asesoramiento de los investigadores del proyecto.

Una vez levantada la información de campo, se procedió a completar las bases de datos tanto de predios como de espacio público, primero en AutoCAD, donde se dibujaron los tramos del espacio público, luego en Access, en donde se registraron los códigos que definen los atributos espaciales, y

finalmente en ArcGIS, en donde se asignaron estos códigos a cada una de las entidades (puntos y polígonos) que representan espacialmente al área de estudio.

Tabla 1. Esquema de categorización de las fichas de predios y espacio público: usos, tipos de espacio público, pisos y arbolado.

| Fichas | Usos | Código | Tipo de espacio |
|------------------------|--------------------|---|---|
| Fichas predios | Uso en planta baja | U194 U206 | Agricultura Parque |
| Fichas espacio público | | EP1 EP2 EP3 EP4 EP5 EP6 EP7 EP8 EP9 EP10 EP11 EP12 EP13 | Ciclovías Calles peatonales Aceras ancho >5 m Espacio forestal Zonas ajardinadas Zonas verdes Parques urbanos Parques fluviales Explanadas Calzada y divisores de tránsito Estacionamiento vehículos Estacionamiento bicicletas Aceras ancho <5 m |
| Fichas espacio público | Tipo de pavimento | TP1 TP2 TP3 | Permeable Semipermeable Impermeable |
| Fichas espacio público | Arbolado | AR1 AR2 AR3 AR4 | Arbolado grande Arbolado mediano Arbolado pequeño Arbolado arbusto |

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de resultados y la discusión se ha dividido en dos partes: 1) Indicadores; y, 2) Índices.

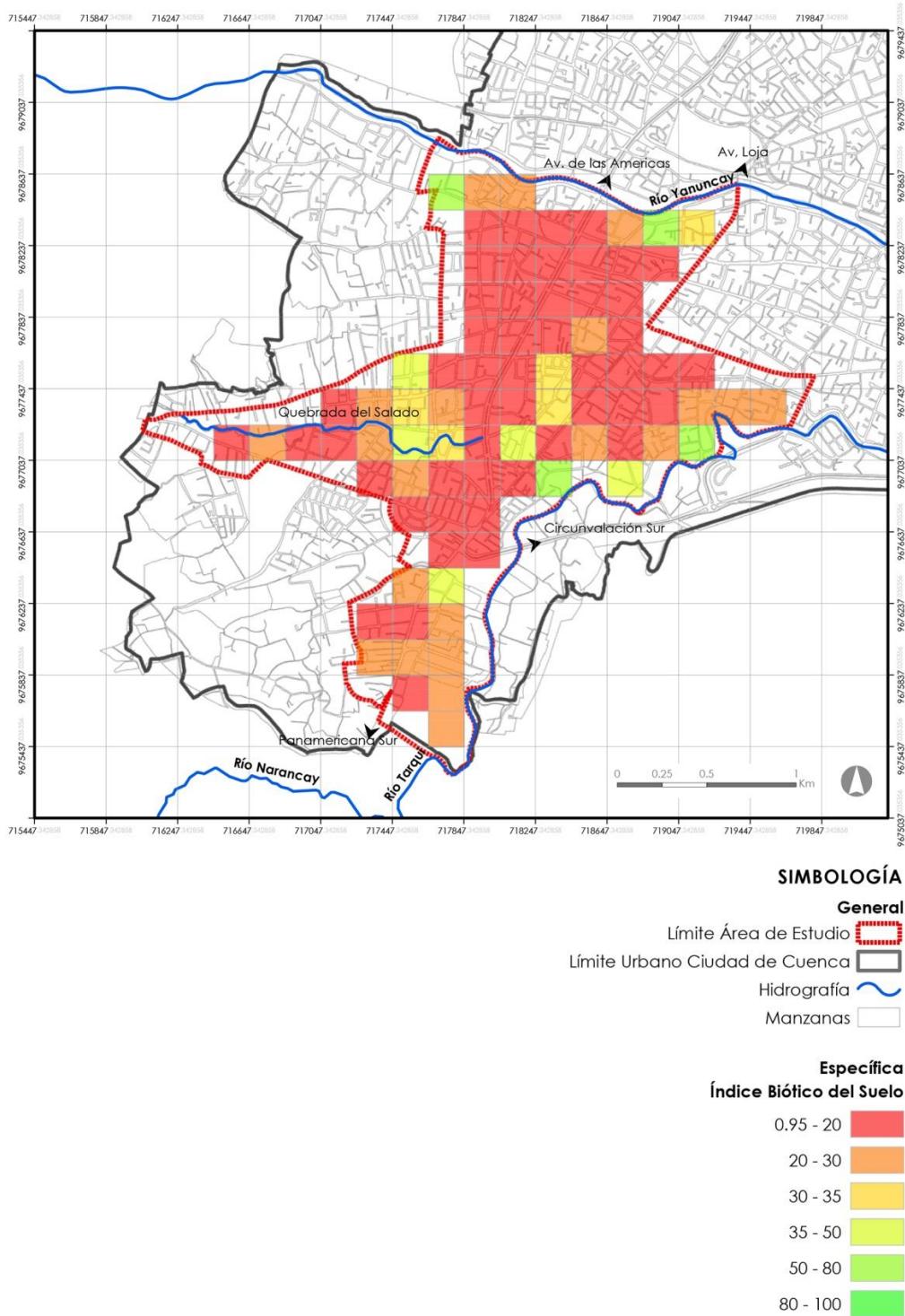
3.1. *Indicadores*

Indicador 1. Permeabilidad del Suelo Público (Fig. 2)

Se aprecia que el 83.53% de la superficie total de la zona evaluada tiene insuficiente área de suelo público permeable; consecuentemente, si tomamos toda el área de estudio, solamente el 16.47% de la superficie total de la zona evaluada tiene un índice biótico de más del 30% de suelo público permeable. Apenas un 5.88% de la zona de estudio alcanza el objetivo del valor mínimo y tan solo 10.59% alcanza el valor deseable. De acuerdo a estos resultados es urgente incrementar el suelo público permeable, tratando de usar la menor cantidad de cemento, piedra u otros materiales impermeables en los parques, dando paso a una mayor cobertura de verde.

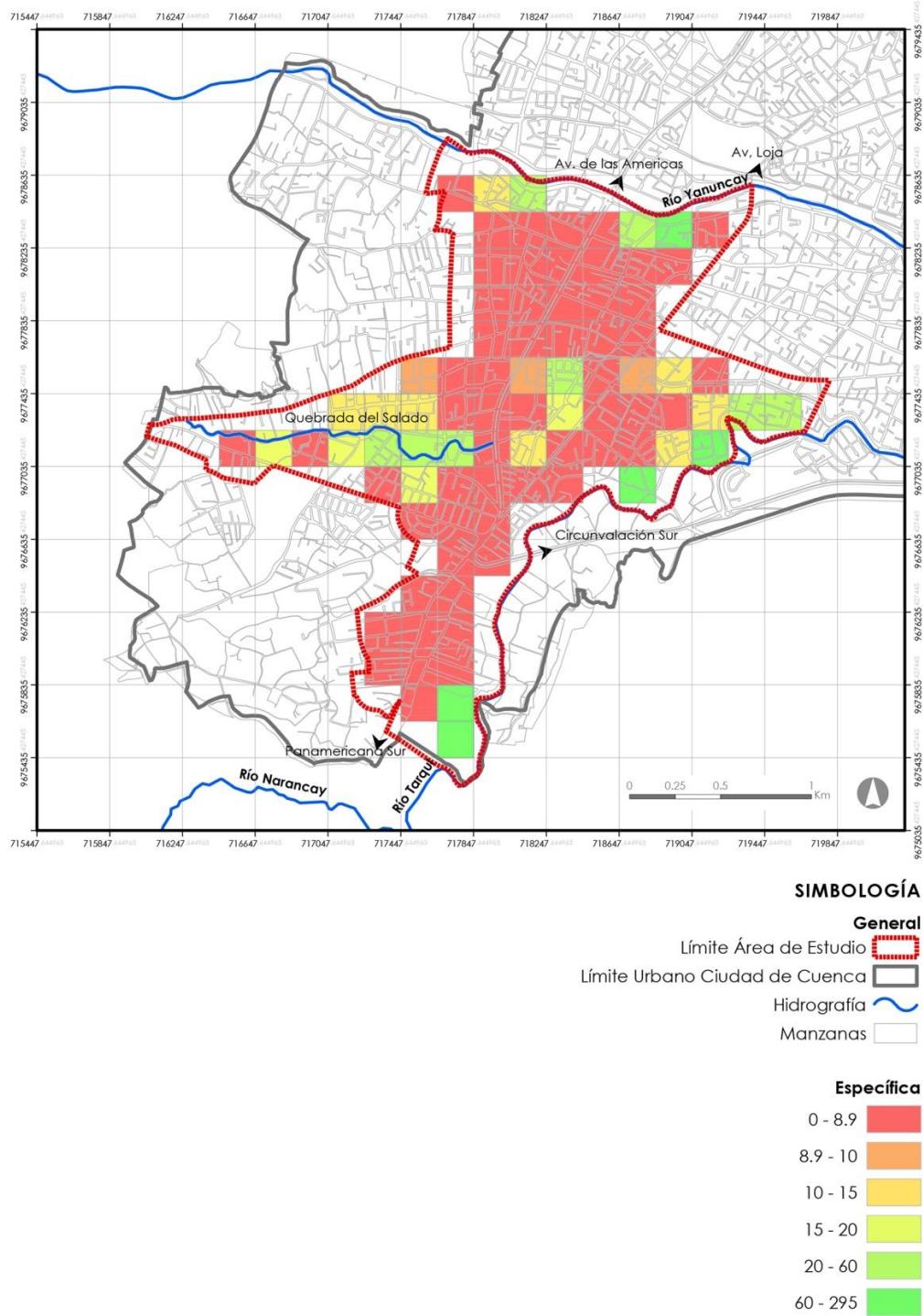
Tabla 2. Tabla de porcentajes de suelo público permeable.

| Suelo permeable | Cantidad de cuadriculaos | Porcentaje |
|-----------------|--------------------------|------------|
| Insuficiente | 71 | 83.53 |
| Mínimo | 5 | 5.88 |
| Deseable | 9 | 10.59 |
| Total | 85 | 100 |



INDICADOR 1: PERMEABILIDAD DEL SUELO PÚBLICO

Figura 2. Mapa de permeabilidad del suelo público.



INDICADOR 2: SUPERFICIE VERDE POR HABITANTE
objetivo mínimo: 9 - 10 m²/hab; objetivo deseable: 15 m²/hab

Figura 3. Mapa de superficie verde por habitante.

Indicador 2. Superficie Verde por Habitante (Fig. 3)

El mosaico de este indicador demuestra, en términos generales, la insuficiente superficie verde que se encuentra en esta zona de la ciudad; del área total de estudio, el 67%, es decir las $\frac{2}{3}$ partes, no alcanzan el estándar mínimo internacional de metros cuadrados de verde por habitante. Solo un 20%

del área estudiada tiene un valor considerado óptimo según los parámetros expuestos y de ella las ¾ partes coinciden con zonas de densidades netas de habitantes de las más bajas de la zona de estudio. Estas están asociadas a zonas verdes no antropizadas como la Quebrada del Salado y las riberas de los ríos Yanuncay y Tarqui. En la situación actual, son estas las zonas que pueden soportar las propuestas de densificación sin disminuir considerablemente el estándar de superficie verde por habitante. Es importante apreciar como la concentración de las zonas que están mejor servidas en cuanto a la superficie verde se desarrollan, como se dijo, en relación directa con esas zonas verdes no antropizadas, solo un bajo porcentaje (9.4%) del área de estudio que no tiene una relación espacial directa con la Quebrada del Salado y las riberas de los ríos Yanuncay y Tarqui, alcanza valores deseables de superficie verde por habitante.

Tabla 3. Tabla de porcentajes de superficie verde por habitante.

| Superficie verde por habitante | Cantidad de cuadriculaos | Porcentaje |
|--------------------------------|--------------------------|------------|
| Insuficiente | 57 | 67.06 |
| Mínimo | 3 | 3.53 |
| Deseable | 8 | 9.41 |
| Óptimo | 17 | 20.00 |
| Total | 85 | 100 |

Indicador 2.1 Proximidad de la Población al Verde más Cercano

Con esta mirada, de la relación entre la ubicación de los espacios verdes y la proximidad a ellos de la población caminando, se puede apreciar como el mosaico del reparto general del verde cambia radicalmente con respecto a la forma habitual de calcular la superficie verde por habitante; es particularmente interesante lo que ocurre con las cuadrículas del borde junto a las orillas de los ríos, que presentaban estándares insuficientes, y que con esta otra manera de entender la relación de proximidad (desplazamiento a pie) alcanzan valores en su mayoría óptimos, mostrando así la influencia que tiene la unidad de análisis como límite en el entendimiento de la relación habitante-localización del área verde, en tanto se considera el consumo de esta área verde como una dinámica que depende evidentemente del movimiento de las personas.

La otra consideración importante que debemos puntualizar es que esta manera de entender la proximidad no pondera de ninguna forma la actividad que acoge o la función ecológica que cumple cada espacio verde, y por lo tanto no sirve para profundizar en los análisis de este tipo; de todas maneras este mapeo ayuda en la exploración de la relación del habitante y su espacio verde público.

Indicador 3. Proximidad a Tres y Cuatro Tipologías de Espacios Verdes

Es importante señalar la clara deficiencia de la zona de estudio en cuanto a la cobertura de las 4 tipologías de verde, lo cual evidencia la falta de parques de escala urbana en la zona Suroeste de Cuenca. El parque El Paraíso (Sureste de Cuenca) es el único parque de este tamaño en la ciudad que ejerce una mínima influencia en esta zona. Los resultados muestran que el 98.82% del área de estudio no está ni siquiera próxima al estándar del objetivo mínimo planteado. En cuanto a la proximidad simultánea a tres tipologías de espacios verdes, el 12% de las cuadrículas de observación alcanzan el estándar mínimo establecido para este indicador, esto nos muestra que si bien la proximidad simultánea de 3 tipologías de verde en la zona de estudio es bastante mayor a la de 4 tipologías de verde, esta no alcanza a ser una cobertura significativa en relación al área total de estudio. Así mismo, es particularmente interesante apreciar una fuerte concentración de las zonas con mayor proximidad a 3 tipologías de verde en torno a la Quebrada del Salado, y esto se debe, desde nuestra apreciación, a que ⅓ del total de los espacios verdes de esta escala, en la zona de estudio, están definidos físicamente por el cauce de la mencionada quebrada.

Este indicador es influyente también en términos de la integración de la red verde, ya que este muestra lo cerca o lejos que se encuentran sus principales componentes. Los espacios verdes de mayor superficie, que corresponden a las riberas de los ríos Yanuncay y Tarqui, se encuentran

alejados de la zona donde se ubican la mayoría de los parques de escala barrial y menores (infantiles, de bolsillo, etc.), situación que evidencia un importante aislamiento entre estas tipologías de verde. Esto nos muestra un esbozo parcial de la preocupante fragmentación de los hábitats, causa principal para la reducción de la biodiversidad al interior de la trama urbana.

Indicador 4. Densidad de Árboles por Tramo de Calle

El 98.83% de los tramos evaluados tienen una densidad que se puede definir como insuficiente en cuanto al arbolado, pues ni siquiera llegan al valor mínimo establecido de 2 árboles cada 10 metros. En nuestra área de estudio, solamente el 1.17% del total de tramos cumple con el valor mínimo, lo que demuestra que el trabajo, para corregir este déficit, será arduo. Con estos resultados, los corredores de biodiversidad se ven afectados por la falta de continuidad en los tramos que cuentan con arbolado, puesto que no es suficiente para considerarlo como un hábitat continuo que sirva de alimento, abrigo y lugar de reproducción.

Tabla 4. Tabla de porcentajes de la densidad de árboles por tramo de calle.

| Densidad de árboles por tramo de calle | Cantidad de tramos | Porcentaje |
|--|--------------------|------------|
| Insuficiente | 927 | 98.83 |
| Mínimo | 11 | 1.17 |
| Total | 938 | 100 |

Indicador 5. Diversidad del Arbolado Urbano

En el área de estudio se encontraron 92 especies distintas pertenecientes a 6,212 individuos (árboles) y de acuerdo al cálculo del Índice de Shannon se obtuvo un resultado de 2.87 que puede ser interpretado como un valor medio de biodiversidad urbana. En cuanto a la distribución de especies es alarmante ver que el 51% del arbolado de la zona de estudio son eucaliptos, especie australiana introducida, sobre todo, en las orillas del río Yanuncay y que puede causar problemas por la formación de diques al caer, a más de que no permite el crecimiento de otras especies en sus proximidades.

De acuerdo al origen, las especies de la zona de estudio son, en un porcentaje de 53%, introducidas. Dentro de las especies nativas con mayor número de individuos está el fresno o cholán (*Tecoma stands*) y el molle (*Schinus molle*) que son representativas de Cuenca. Es importante recalcar que en los últimos años existe un esfuerzo por plantar especies nativas por parte de la empresa municipal encargada del manejo de parques y jardines EMAC.

Por lo tanto una de las importantes conclusiones del estudio es que en cuanto a cantidad priman las especies introducidas. De acuerdo a la tabla anterior, existen 2,456 eucaliptos australianos, y no hay mayor variedad (apenas 15 especies con más de 100 individuos), situación que debería tomarse muy en cuenta para la siembra de plantas nativas de modo que se diversifique la biodiversidad urbana, pues a mayor complejidad de hábitats y alimento mayor diversidad de la fauna asociada.

Tabla 5. Tabla de las especies más abundantes en el arbolado urbano de la zona del Yanuncay.

| Especies más comunes | Número de árboles | | Porcentaje |
|------------------------------|-------------------|-------------|------------|
| | Nativa | Introducido | |
| <i>Acasia melanoxylon</i> | | 114 | 2.38 |
| <i>Agave americana</i> | 113 | | 2.36 |
| <i>Baccharis trinervis</i> | 162 | | 3.38 |
| <i>Callistemon citrinus</i> | | 209 | 4.36 |
| <i>Callistemon sp</i> | | 165 | 3.44 |
| <i>Eucaliptus glóbulus</i> | | 2456 | 51.27 |
| <i>Fraxinus chinensis</i> | | 139 | 2.90 |
| <i>Hibiscus rosasinensis</i> | | 102 | 2.13 |

| | | |
|----------------------------|-------|-------|
| <i>Ligustrum japonicum</i> | 141 | 2.94 |
| <i>Populus alba</i> | 111 | 2.32 |
| <i>Salix babylonix</i> | 155 | 3.24 |
| <i>Sambucus nigra</i> | 151 | 3.15 |
| <i>Schinus molle</i> | 101 | 2.11 |
| <i>Tecoma stans</i> | 460 | 9.60 |
| <i>Tecomaria</i> | 211 | 4.41 |
| Total | 836 | 3,954 |
| Porcentaje | 17.45 | 82.55 |
| | | 100 |

3.2. Índices

Índice 1. Funcionalidad de Parques Urbanos (Figs. 5 y 6)

La metodología base establece que el análisis se debe hacer en los parques mayores a 1 ha, pues esta extensión se puede considerar significativa para albergar diversas especies de avifauna. En el caso de nuestra área de estudio y debido a la localización de los parques de este tamaño, hemos considerado necesario también llevar a cabo esta evaluación en los parques menores a 1 ha, pues los parques de mayor escala coinciden con lo que hemos determinado como el hábitat fuente para este estudio y por lo tanto la posibilidad de evaluar lo que pasa con los parques que se entrecruzan con la trama urbana quedaría muy limitada. Se han testeado también en los parques de menor escala, la situación de los factores que influyen en el sostenimiento de la biodiversidad urbana (Fig. 4).

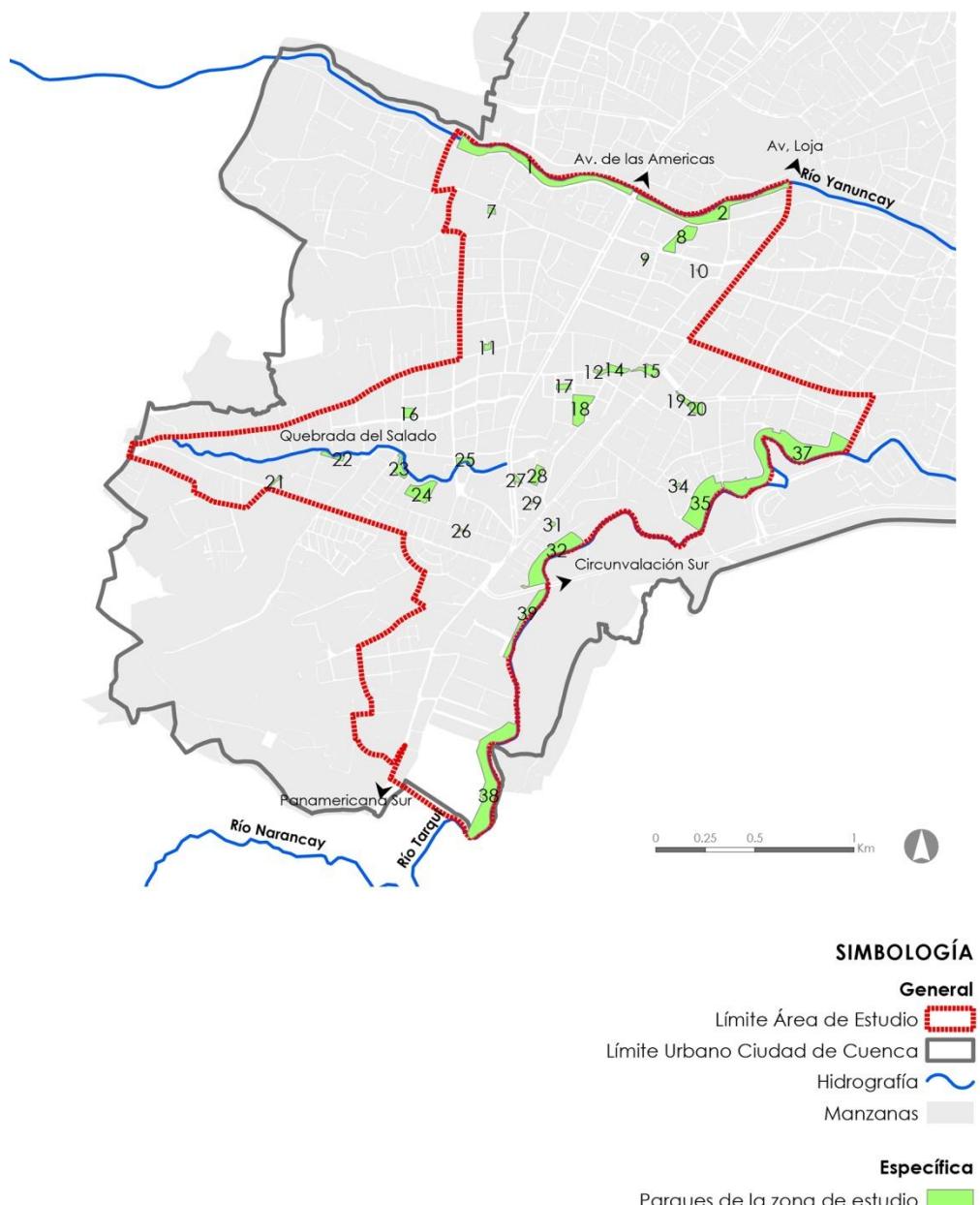
Tanto los parques lineales de orillas del río Yanuncay como los de orillas del río Tarqui alcanzan el objetivo deseable de funcionalidad, lo cual confirma su importante potencial para alojar diversidad de especies de aves y en consecuencia su gran capacidad para ser el sostén principal de la biodiversidad urbana en Cuenca.

Existe mayor diversidad de especies de árboles y arbustos en los parques 32, 35 y 37 que se ubican en las orillas del Río Tarqui en relación a los parques 1 y 2 que se ubican en las orillas del Río Yanuncay, la misma que se instaura como uno de los principales factores que hacen que los estándares de funcionalidad de los parques de orillas del río Tarqui sean mayores a los de orillas del río Yanuncay. Cabe puntualizar que los parques 38 y 39 también se ubican a orillas del río Tarqui, pero se nota una diferencia del *Índice de Funcionalidad*, que desde nuestra consideración se debe a su localización poco integrada a las calles en donde existen mayores flujos de personas, motivo por el cual, pensamos, la municipalidad no ha intervenido plantando nuevas especies vegetales tanto como en los otros parques que conforman esta parte del biocorredor del río Yanuncay.

El único parque mayor a una hectárea que no se encuentra asociado a un espacio no antropizado (orillas de los ríos Yanuncay y Tarqui o quebrada del Salado) no llega al estándar mínimo de funcionalidad, y esto se debe principalmente a que tiene una bajísima cobertura arbórea que alcanza sólo el 5% de la superficie total del parque y una cobertura nula de arbustos, lo cual reduce apreciablemente las posibilidades para crear hábitats donde puedan anidar y alimentarse las aves, además no cuenta con la presencia de agua, lo que también reduce la posibilidad de la incorporación de un componente importante para alojar otras especies, como por ejemplo los anfibios que se han identificado en las orillas de los ríos de Cuenca.

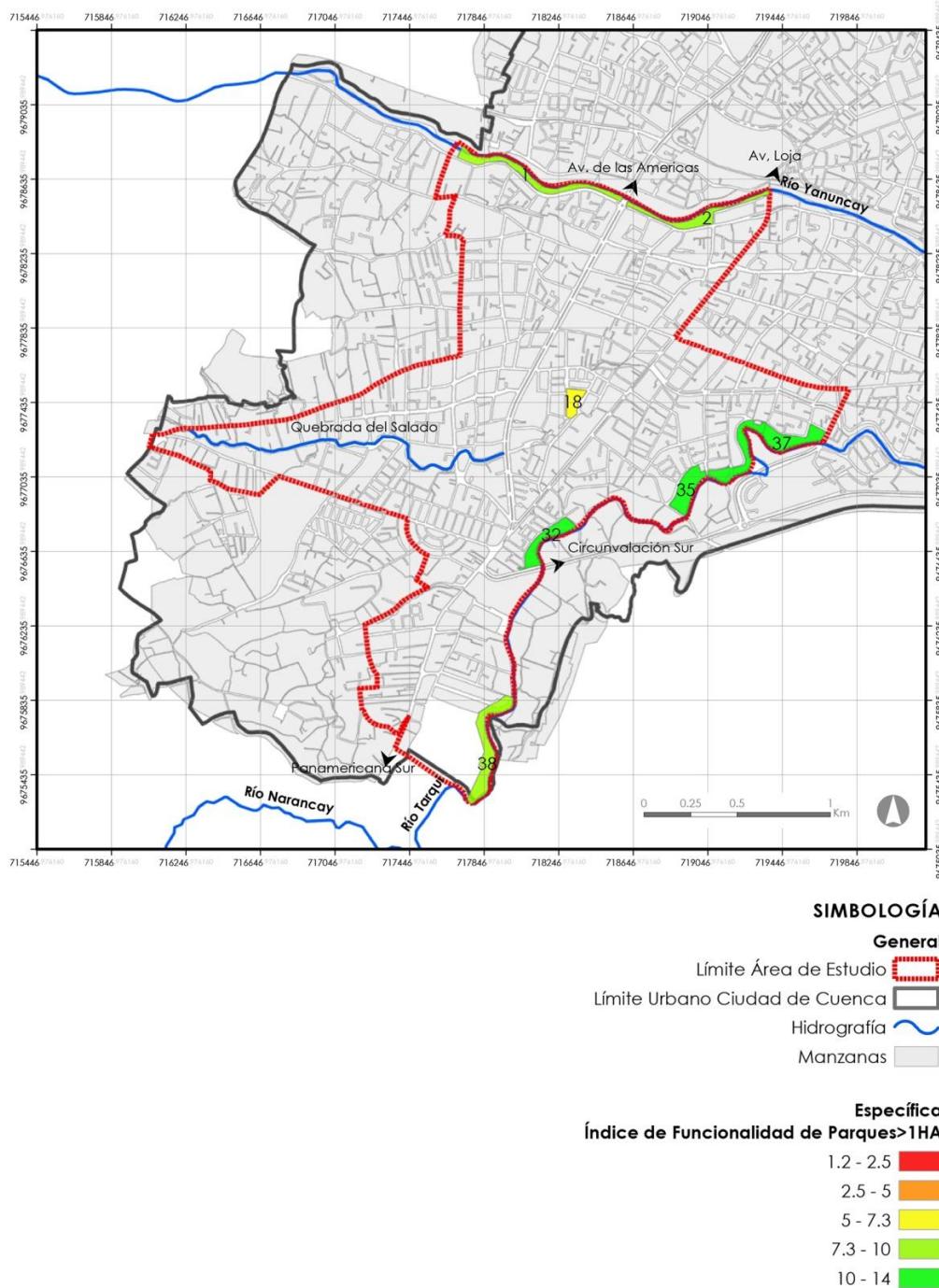
Es también importante tener presente que al momento de desarrollar el análisis excluyendo a los parques menores de 1ha, se está excluyendo el 73% del total de la superficie antropizada de parques de la zona de estudio, con lo cual se limita la posibilidad de evaluar la complejidad estructural de estos espacios que, aunque de menor tamaño, son igualmente importantes en términos de conectividad entre los hábitats para la biodiversidad urbana.

Debemos señalar la notable fragmentación que tiene lugar entre los parques antropizados en el suroeste de Cuenca, esto nos muestra la enorme influencia de la matriz urbana en los posibles procesos de sostenimiento de la biodiversidad en este sector de la ciudad. Existen grandes zonas en donde no se encuentran “parques de bolsillo”, y si a esto se suma el déficit de arbolado en las calles, que son sus potenciales conectores, la problemática de la fragmentación de la biodiversidad a esta escala se agudiza aún más.



PARQUES EVALUADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Figura 4. Mapa de los parques evaluados en la zona de estudio.



ÍNDICE 1: FUNCIONALIDAD DE PARQUES
Objetivo mínimo: 7.3 / Objetivo deseable: 7.5

Figura 5. Mapa del Índice de Funcionalidad de Parques >1 ha.

Hay un par de casos especiales dentro de este grupo de parques, aquellos que están muy cerca a la hectárea como valor de superficie, estos son los parques 08 y 24, cada uno de ellos tiene algunas

características particulares en cuanto a su complejidad que se incluyen en los siguientes párrafos de esta discusión.

El parque 24 alcanza los 9,887 m², es decir casi una hectárea, pero a pesar de su extensión, que para el caso de estudio es bastante significativa, tiene muchas carencias en cuanto a la complejidad estructural del hábitat como la ausencia de cobertura arbórea y arbustiva, y si bien tiene también un 87% de cobertura de quicuyo (césped), lo cual es un buen aporte en cuanto a la permeabilidad del suelo, sin embargo, esa falta de especies vegetales anula en gran medida los servicios ambientales que podría brindar este lugar, como por ejemplo el almacenaje de carbono o la cantidad y calidad de materia orgánica para el suelo que favorece la formación de humus y con ello el poder conseguir una mayor retención de agua, nutrientes y el control de la erosión, pues el suelo tendría una mejor contextura.

El parque 08 tiene 9,026 m² y se encuentra relacionado de manera directa con el corredor biológico del río Yanuncay, lo que le permite tener un gran potencial en términos del flujo genético (condición esencial para la conservación de la biodiversidad), sin embargo esa potencial capacidad para acoger aves migratorias, que son de las especies más beneficiadas por la existencia de los biocorredores, se ve limitada al apreciar que el parque tiene solo un 23% de cobertura arbórea y ninguna especie arbustiva, y con ello un déficit de lugares para la anidación y el alimento de este tipo de especies.

Todos los demás parques antropizados llegan como máximo a los 4,100 m² y, por lo tanto, las estimaciones respecto de su influencia en cuanto al sostenimiento de la biodiversidad tienen más peso si se lo hace a partir de la identificación de aquellos que se agrupan entre sí para formar una superficie mayor; uno de estos casos es la agrupación de los parques 12, 14 y 15 que juntos suman 8,277 m² y que están definidos también por el cauce de la quebrada del Salado, aunque en un tramo ya embaulado; su configuración, en conjunto, da una forma alargada y un ancho menor en relación a su largo, esto tiene implicaciones en cuanto al efecto borde de la trama urbana. Además, el conjunto de parques se encuentra bastante desprovisto de cobertura arbórea y presenta una baja diversidad de especies vegetales.

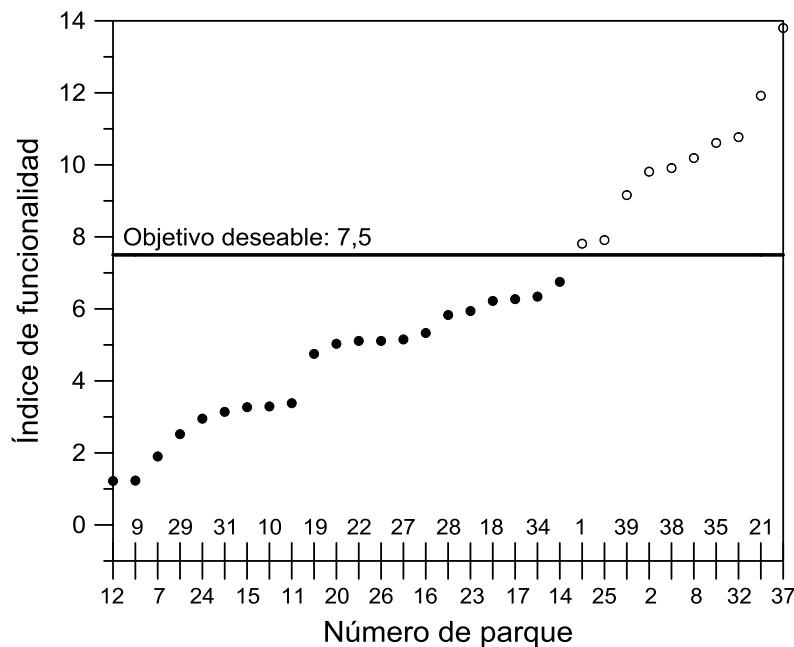


Figura 6. Índice de Funcionalidad de los Parques estudiados en el área de Yanuncay.

El otro caso de agrupación es el de los parques 19 y 20, que se ubican junto a la Avenida de los Conquistadores, su área conjunta es de 4,705 m² y a diferencia de la agrupación anterior, la cobertura

conjunta de árboles es bastante mayor, llegando en el caso del parque 19 al 35% y en el del 20 (que es el de mayor área) al 56%, pero también, al igual que en la mayoría de parques analizados, carecen de diversidad de especies, pues en ellos sólo existen eucaliptos.

Apenas 10 parques (ver Fig. 6), menos del 34%, cumplen el objetivo mínimo para ser importantes para la biodiversidad en aves. Los que cumplen el indicador son los que están a las orillas de los ríos; que, a su vez, los hemos definido como hábitat fuente (MacArthur & Wilson, 1963) y que se refiere al lugar en el cual se encuentra el pool genético, es decir, los genes que permiten que la vida se siga desarrollando. La distancia al hábitat fuente es lo que permite o no el intercambio genético, inclusive dentro de hábitats tan modificados como el urbano.

Índice 2. Índice Verde Urbano (IVU) (Fig. 7)

Es evidente la concentración de las cuadrículas que alcanzan los valores deseables de proximidad en la zona donde se encuentran la mayoría de los parques de escala barrial, es decir asociados a la Quebrada del Salado, esta agrupación es muy importante porque si bien se podía prever que la ubicación de las cuadrículas mejor servidas se iba a dar de este modo, es interesante constatar que el valor del acceso simultáneo en cuanto al reparto de espacios verdes dista en cierta medida de la clasificación de usos, que es como han sido producidos los espacios verdes en Cuenca. La consideración de que el 91% del área de estudio es insuficiente en cuanto al verde urbano, medido de esta manera, refleja la escasez de los espacios verdes destinados a fortalecer el encuentro y la recreación de las personas a escala de los barrios en esta zona de la ciudad, enfatizando así ese déficit de verde desde el punto de vista de su distribución en el área urbana.

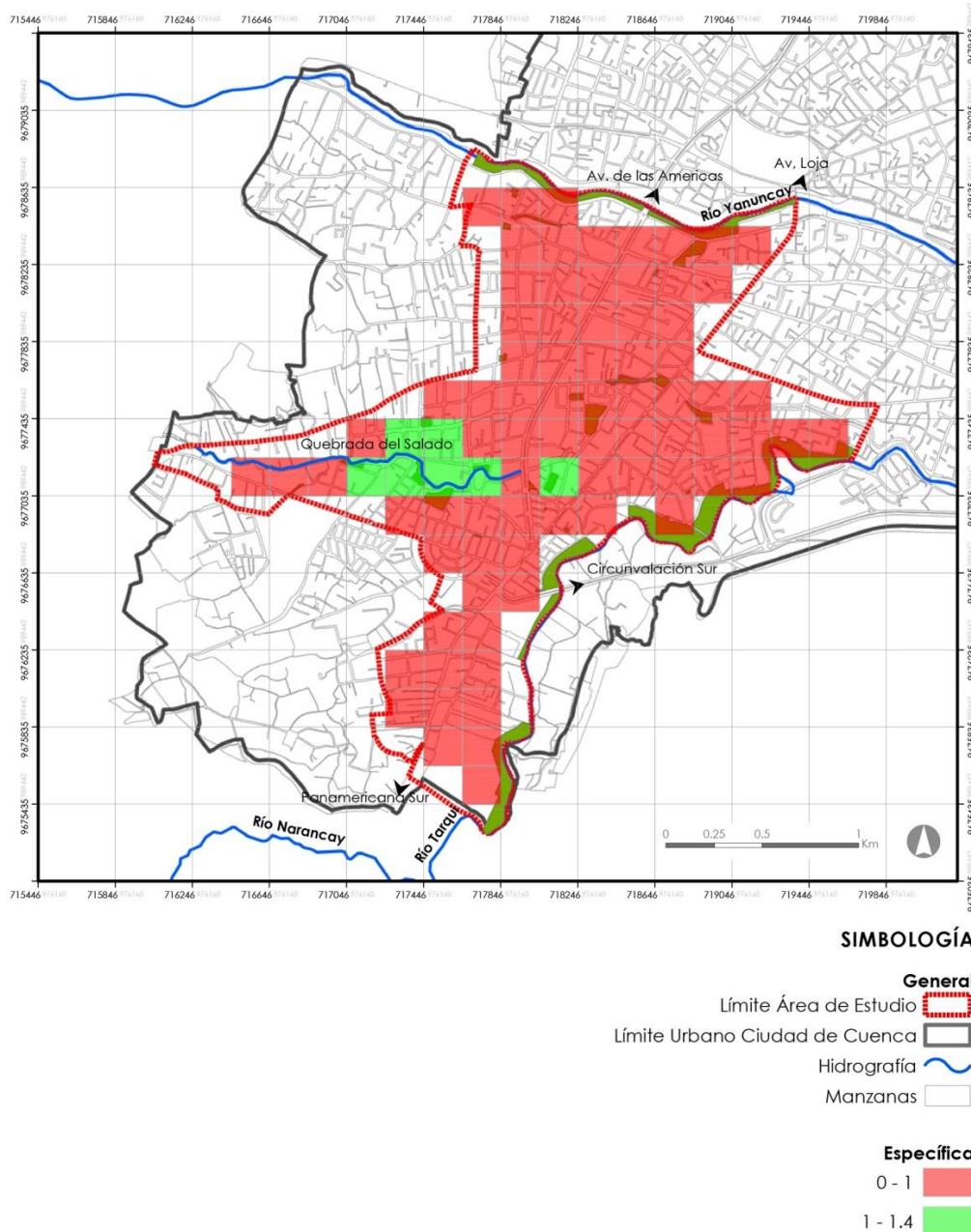
Uno de los aspectos centrales que queremos resaltar de las cuadrículas de borde es que la población de estas zonas, al ubicarse tan próximas a los parques lineales de orillas de los ríos Yanuncay y Tarqui, puede ser entendida como un grupo de la ciudad con un buen servicio de verde. Sin embargo, justamente esta particularidad es la que nos lleva a reflexionar sobre el modo como está concebida la cobertura y funcionalidad de los parques de Cuenca en los siguientes términos: insuficiente o mínimo (ver Tabla 6).

Tabla 6. Tabla de resultados del Índice de Verde Urbano (IVU).

| Clasificación | Cantidad de cuadrículas | Porcentaje |
|---------------|-------------------------|------------|
| Insuficiente | 78 | 91.76 |
| Mínimo | 7 | 8.24 |
| Total | 85 | 100 |

Las distintas escalas de los parques deberían definir claramente la diferencia de funciones y usos, y de este modo evitar las confusiones en las que habitualmente se incurre al creer que todos son y hacen lo mismo; en nuestra zona de estudio, el parque 35 (Parque del “Circo Social”) que se desarrolla a orillas del río Tarqui es un caso que ejemplifica esta problemática. En el mismo se intervino con la implantación de canchas de piso impermeable y un equipamiento de carácter cultural, esto significó la reducción en más del 50% del área permeable de este parque lineal. Es así que la operación generada por la municipalidad nos lleva a inferir alguno de los efectos de una situación que podría consolidarse en el tiempo, donde, frente a la mala distribución y concepción de los parques de escala barrial y menores, podrían ser los llamados parques lineales de orillas de los ríos, que son los más importantes en zonas de la ciudad donde no se han producido oficialmente parques urbanos, los que absorban toda la presión de la población, sin distinción de las escalas del verde urbano y sus funciones; solo así se puede explicar la existencia de canchas y zonas impermeables en espacios cuya principal función es la ecológica y que son además hábitats fundamentales para la conservación y el desarrollo de la biodiversidad urbana. Los parques de escala barrial, parques infantiles o como se llama en otras latitudes, los parques de bolsillo, son los que tienen que ver con las actividades del ocio y la recreación cotidiana, y permiten un uso que es más continuo y durante más tiempo en el día. Su escala pequeña y acotada aporta en la definición de lugares de calidad con buena iluminación y

control visual, que son cualidades del espacio difíciles de conseguir por la noche en ambientes más indómitos como el de los parques lineales.



ÍNDICE 2: VERDE URBANO (objetivo deseable = 1)

Figura 7. Mapa del Índice de Verde Urbano.

Índice 3. Abundancia de Aves

En el área de estudio del Yanuncay se consideraron 6 puntos, se realizaron dos muestreos en cada punto, uno por la mañana de 6 a 11 am y por la tarde de 3 a 7 pm. Los muestreos se basaron en 12 puntos fijos de observación (dos en cada punto) con duraciones de 30 minutos por punto y 6 transectos de observación de trescientos metros (uno por punto). Para determinar la riqueza en la zona, se realizó una curva de acumulación de especies por esfuerzo de muestreo, que se estabilizó al muestreo número 9.

A partir del listado de especies se diferenciaron las que se identificaron en la zona de estudio (21 especies), luego se las clasificó por orden taxonómico y se comparó con el número total de especies presentes en la ciudad de Cuenca (80 especies) (Astudillo Webster & Siddons, 2013). El monitoreo para esta publicación abarcó las zonas urbana y periurbana del cantón Cuenca. Los lugares en los que se encontró mayor número de ejemplares fueron la zona de El Barranco, el Parque de La Madre, Parque El Paraíso, orillas de los ríos Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara; zonas de bosque, la parroquia Turi y la zona del Pumapungo. De acuerdo a esta investigación se reconocen 80 especies de aves en los diferentes sectores de la ciudad de Cuenca.

En la zona del Yanuncay se encontraron 21 especies de aves distintas. La Tabla 7 se refiere al orden, familia y especie de cada una de ellas y a la condición de que si es común o no de acuerdo al número de avistamientos.

Tabla 7. Tabla de familia y especies de aves identificadas en el sector de Yanuncay.

| Número | Familia | Especie | Nombre en español | Observación |
|--------|--------------|--------------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogrueso amarillo sureño | Común |
| 2 | Columbidae | <i>Columbina cruziana</i> | Tortolita Croante | Común |
| 3 | Emberizidae | <i>Zonotrichia capensis</i> | Gorrión Americano | Muy común |
| | | <i>Phrygilus plebejus</i> | Frigilo Pechicinéreo | Común |
| 4 | Falconidae | <i>Falco sparverius</i> | Cernícalo Americano | Poco común |
| 5 | Furnariidae | <i>Cranioleuca antisiensis</i> | Colaespina | Poco común |
| | | | Cachetilineada | |
| 6 | Hirundinidae | <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> | Golondrina azulinegra | Común |
| 7 | Icteridae | <i>Molothrus bonariensis</i> | Vaquero Brilloso | Común |
| 8 | Thraupidae | <i>Conirostrum cinereum</i> | Picocono Cinéreo | Poco común |
| | | <i>Lesbia victoriae</i> | Colacintillo coliverde | Poco común |
| | | <i>Thraupis episcopus</i> | Tangara Azuleja | Poco común |
| | | <i>Thraupis bonariensis</i> | Tangara Azuliamarilla | Muy poco común |
| 9 | Trochilidae | <i>Colibri coruscans</i> | Colibrí orejivioleta | Muy común |
| | | <i>Myrtis fanny</i> | Estrellita Gargantillada | Muy poco común |
| | | <i>Lesbia nuna</i> | Colacinta coliverde | Poco común |
| 10 | Turdidae | <i>Turdus Chiguanco</i> | Mirlo chiguanco | Muy común |
| | | <i>Turdus Fuscater</i> | Mirlo Grande | Poco común |
| 11 | Tyrannidae | <i>Pyrocephalus rubinus</i> | Mosquero Bermellón | Poco común |
| | | <i>Sayornis nigricans</i> | Febe Guardarios | Poco común |
| | | <i>Elaenia albiceps</i> | Elenia Crestiblanca | Poco común |
| 12 | Tytonidae | <i>Tyto alba</i> | Lechuza de campanario | Poco común |

Si se analiza la riqueza -el número de especies por familia- en la zona de estudio, vemos que existe una alta biodiversidad, la familia con mayor riqueza es Thraupidae con 4 especies distintas. Al aplicar la fórmula de cálculo obtenemos $21/80 = 0.26$. El Objetivo mínimo es >0.2 y el Deseable: >0.4 . Por tanto lo obtenido cubre el objetivo mínimo respecto al índice de abundancia de aves en Yanuncay. El 26% de las aves periurbanas están presentes en esta zona.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología utilizada para evaluar la superficie verde por habitante es apropiada para entender el panorama general de la presión de la población sobre el verde público y sobre todo para visualizar su localización. Se evidencian patrones en las zonas que agrupan la mayor parte de las áreas verdes de la ciudad. Además se identifica como límite de esta herramienta, el hecho de que su unidad de análisis (cuadrícula de 200 x 200 metros) no permite relacionar la presencia de grandes parques con la población, pues si en una cuadrícula hay una gran porción de parque hay, al mismo tiempo, poca población y se pierde el objetivo a evaluar, que es la interacción entre cantidad de espacio verde y la población presente en dicha unidad.

La evaluación de la proximidad simultánea a 4 tipos de espacios verdes nos muestra el déficit de parques urbanos (mayores a 10 ha) en la zona suroeste de Cuenca, se demostró que los actuales parques de esta escala en la ciudad tienen una influencia casi nula en la zona de estudio, además se debe tener en cuenta que los lugares disponibles para producirlos son escasos.

Con la evaluación de proximidad a 3 tipologías de espacio verde, se pudo constatar las pocas posibilidades que ofrece el espacio público verde a escala de barrios y manzanas de la ciudad, su ausencia no potencia la interacción social y el derecho al uso de los espacios públicos urbanos.

Relacionar el indicador de *Superficie Verde por Habitante* y el de *Proximidad Simultánea a Espacios Verdes* nos conduce a pensar que la clave está en la recuperación del carácter estructurante de los espacios verdes públicos, y en este sentido, el *Índice de Verde Urbano* (IVU) permite entender y explicar el déficit, ponderando fundamentalmente el valor de la *Proximidad Simultánea* y valorando la unidad de análisis, que es la cuadrícula de 200 x 200 metros, como particularmente importante porque tiene el tamaño adecuado para evaluar la cantidad y la cobertura poblacional de los parques de menor escala, pues son estos los que, en último término, tienen más influencia en los resultados de la mayoría de los análisis que se han desarrollado en esta investigación y, por lo tanto, son los que se deben construir de manera prioritaria: sin su presencia no es posible pensar que las áreas verdes pueden ser ordenadores del espacio urbano.

Así mismo, por medio del *Índice de Verde Urbano* (IVU) se puede apreciar el crecimiento desordenado que ha sufrido la ciudad desde el punto de vista del reparto de los espacios verdes, que termina produciendo un impacto en las dinámicas ambientales internas: población mal servida que no logra desarrollar las distintas actividades que estos espacios pueden albergar y pequeños hábitats aislados, con respecto a los corredores biológicos de la ciudad, que además no pueden absorber la demanda poblacional actual y cuya presión aumentará con los procesos de densificación que presupone el modelo de ciudad sustentable.

La mayoría de los parques, de esta zona de Cuenca, tienen áreas pequeñas y en su estructuración no se han considerado características para lograr mayor biodiversidad urbana. Además, la mayoría de especies vegetales utilizadas no son propias de la región. El criterio de selección para los árboles y arbustos ha sido más estética que funcional. Similar consideración se hace con la diversidad del arbolado urbano que tiene dos inconvenientes: insuficiente cantidad y pocas especies, la mayoría no nativas.

El hecho de que las orillas de los ríos, en el caso de estudio, la orilla del Yanuncay y del Tarqui, sean consideradas dentro de la red de parques urbanos lleva a que el *Índice de Funcionalidad* de los parques mejore. Se confirma de esta manera su importante potencial para alojar diversidad de especies de aves y en consecuencia su gran capacidad para ser el sostén principal de la biodiversidad urbana en Cuenca.

Otro aporte de este estudio es la posibilidad de abrir la evaluación de los parques hacia aquellos cuya superficie es menor a 1ha. Esto permitió conocer la problemática de tener áreas reducidas, sin una ubicación estratégica y con un claro déficit en cuanto a complejidad estructural. Si bien el efecto de borde se hace más presente en estos parques, el no llevar a cabo ningún tipo de análisis nos parece negativo, pues no se podría tener una aproximación completa a las consecuencias que se derivan del crecimiento de la huella urbana que ha despojado de áreas naturales al hábitat urbano. Frente a esta situación se optó por identificar la asociación de los parques de menor tamaño, que en conjunto

forman superficies mayores que, si bien tienen una capacidad funcional baja, constituyen espacios fundamentales para el desarrollo de una red verde en la ciudad.

Existe también un gran déficit de áreas permeables al interior de la zona de estudio, los únicos valores que se acercan al objetivo deseable se encuentran en las orillas del río Yanuncay, el río Tarqui y la Quebrada del Salado, es decir, en lugares no antropizados. Por lo que se concluye que hay mucho por hacer en cuanto a la permeabilidad del suelo público. Las superficies dentro de los parques y de los parterres de la red urbana no están cumpliendo con su labor de permitir el ciclo del suelo y ser sustento de la biodiversidad sobre él. Además, existe un grave déficit de arbolado en las calles, el 98.83% de los tramos analizados tienen un valor insuficiente. Es urgente renovar los planes de arbolado urbano pues la zona de estudio es un área significativa que revela un problema dentro de toda la ciudad.

Es fundamental llegar a las instancias en donde se toman las decisiones con un discurso más inclinado a la conservación, al aumento y estudio de la biodiversidad urbana como medio de convivencia del ser humano con su entorno. Se propone trabajar en el incremento, a mediano plazo, del índice deseable de biodiversidad de avifauna, para lo cual se recomienda:

- Incrementar la superficie verde a toda escala, pero sobre todo a escala barrial y de los conjuntos de vivienda en la ciudad.
- Incrementar la complejidad y diversidad del arbolado urbano y de los hábitats para aves, la presencia de piletas, la superficie permeable y las nuevas especies arbustivas.
- Priorizar las especies nativas para la reforestación en parques y zonas verdes.
- Monitorear las especies de aves para obtener un registro a mediano y largo plazo que permita conocer más sobre sus lugares de reproducción, alimentación y descanso.
- En lo que respecta al arbolado urbano recomendamos: Plantar más especies nativas y trabajar en un listado de plantas de la zona y sus formas de reproducción con el fin de producir viveros que servirían para aumentar la diversidad del arbolado urbano y así la biodiversidad urbana en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Astudillo Webster, P., D. Siddons, 2013. *Avifauna de la ciudad de Santa Ana de los cuatro ríos de Cuenca, Ecuador*. Cuenca: Comisión de Gestión Ambiental de Cuenca, Municipalidad de Cuenca y Universidad del Azuay.
- Czech, B., P.R. Krausman, 1997. Distribution and causation of species endangerment in the United States. *Science*, 22, 116-121.
- Fábos, J.G., R.L. Ryan, 2006. An introduction to greenway planning around the world. *Landscape and Urban Plan.*, 76, 1-6.
- Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, 2007. Prioridades de Conservación de la Biodiversidad en Ecuador Continental, 88 pp. Disponible en <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Prioridades%20para%20la%20Conservaci%C3%B3n%20de%20Biodiversidad%20en%20el%20Ecuador%20continental.pdf>.
- Lovejoy, T., 1980. *Changes in biological diversity* (Vol. 2). Washington DC: Penguin Books.
- MacArthur, R., E. Wilson, 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, 17(4), 373-387.
- Marzluff, J.M. (Ed.), T. Angell, 2005. *Cultural coevolution: How the human bond with crows and ravens extends theory and raises new questions*. Yale: New Haven University Press.
- Müller, N., P. Werner, 2010. *Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological diversity in towns and cities*. En: *Urban biodiversity and design*. Oxford:Wiley-Blacwell.

- Müller, N., M. Ignatieva, C. Nilon, P. Werner, W. Zipperer, 2012. Patterns and trends in urban biodiversity and landscape design. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*. Elmqvist, Th., M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P.J. Marcotullio, R.I. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, M. Sendstad, K.C. Seto, C. Wilkinson. (Eds.). Springer Netherlands, 755 pp.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G.B. Mittermeier, G.A. da Fonseca, J. Kent, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Ortega, R., I. McGregor (Eds.), 2013. Ecología urbana: Experiencias en América Latina, 130 pp. Disponible en http://www1.inecol.edu.mx/libro_ecologia_urbana/ecologia_urbana_experiencias_en_américa_latina.pdf.
- Rueda, S. (coord.), 2007. Libro Verde Medio Ambiente Urbano. Tomo I. Ministerio de Medio Ambiente, 180 pp. Disponible en <http://www.ecourbano.es/imag/libroverde.pdf>.
- Rueda, S. (coord.), 2008. *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Barcelona, 123 pp. Disponible en <http://www.ecourbano.es/imag/00%20DOCUMENTO%20ENTERO.pdf>.
- Rueda, S. (coord.), 2009. *Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-Gasteiz*. Secretaría Nacional de la Administración Pública, 2013. Registro Oficial N. 138. *Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural para la Sociedad del buen Vivir 2013-2017*. Quito, Ecuador.
- Tzoulas, K., P. James, 2010. Making biodiversity measures accessible to non-specialists: an innovative method for rapid assessment of urban biodiversity. *Urban Ecosyst.*, 13, 113-127.
- Ulloa Ulloa, C., P.M. Jørgensen, 1993. Arboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Risskov, Denmark: Department of Systematics Botany, Aarhus University, 264 pp.
- Wilkinson, C., M. Sendstad, S. Parnell, M. Schewenius, 2013. Urban governance of biodiversity and ecosystem services. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services-Challenges and Opportunities: a Global Assessment*. 539-587.
- Zhang, W., 2008. A forecast analysis on world population and urbanization process. *Environ. Dev. Sustain.*, 10(6), 717-730.