IDENTIFICACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE DETERMINANTES DEL HÁBITAT Y PAISAJE DE LAS AVES URBANAS DE CALI

LINA VANESSA ARAGÓN SÁNCHEZ
MARÍA FERNANDA DESCANCE PORTILLA

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FALCULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SANTIAGO DE CALI
2023

IDENTIFICACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE DETERMINANTES DEL HÁBITAT Y PAISAJE DE LAS AVES URBANAS DE CALI

LINA VANESSA ARAGÓN SÁNCHEZ
MARÍA FERNANDA DESCANCE PORTILLA

INFORME

Directores:

Ramón Alberto Serna, M.Sc.
Profesor del Departamento de Geografía
Universidad del Valle

Diana Eusse, M.Sc.
Investigadora
Asociación Calidris

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FALCULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SANTIAGO DE CALI
2023

CONTENIDO

RESUMEN **9**
0. INTRODUCCIÓN **10**
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **11**
2. OBJETIVOS **13**
2.1. Objetivo general 13
2.2. Objetivos específicos 13
3. MARCO TEÓRICO **14**
3.1. Aves en la ciudad 14
3.2. La biodiversidad de aves en las ciudades 15
3.3. Lo que Cali ofrece a las aves 16
3.4. El censo arbóreo y el catastro como fuente de información 18
3.5. Grupos taxonómicos y su correspondencia con los grupos funcionales 19
3.5.1. Grupo taxonómico evaluados por familia 19
3.5.1.1. Gavilanes (Accipitridae) 19
3.5.1.2. Palomas (Columbidae) 19
3.5.1.3. Pavas (Cracidae) 20
3.5.1.4. Reinitas (Parulidae) 20
3.5.1.5. Loros (Psittacidae) 20
3.5.1.6. Tángaras (Thraupidae) 20
3.5.1.7. Colibríes (Trochilidae) 21
3.5.1.8. Atrapamoscas (Tyrannidae) 21
3.5.2. Gremio alimenticio 21
3.5.2.1. FruiNect (Frugívoros y nectarívoros) 21
3.5.2.2. Invertebrate (Invertebrados) 22
3.5.2.3. Omnivore (Omnívoros) 22
3.5.2.4. PlantSeed (Plantas y semillas) 22
3.5.2.5. VertFishScav (Vertebrados, peces y carroñeros) 22
3.6. Variables ambientales principales que se han estudiado en torno a la distribución de las aves en las ciudades 23
3.7. Sistemas de información geográfica (SIG) y su aplicación en los estudios ambientales-urbanos de aves 25
4. METODOLOGÍA **27**
4.1. Zona de estudio 27
4.2. Aves 29
4.3. Variables ambientales 31
4.3.1. Construcción 33
4.3.2. Ruido 34
4.3.3. Altura de árboles 34
4.3.4. NDVI 34
4.4. Relación entre aves y variables 35
4.5. Diagrama de flujo 36
5. RESULTADOS **37**
5.1. Aves 37

5.1.1. Total de aves 37
5.1.2. Familias 38
5.1.3. Gremios alimenticios 39
5.2. Variables ambientales 40
5.2.1. Construcción 40
5.2.2. Ruido 41
5.2.3. Altura de árboles 42
5.2.4. NDVI 43
5.3. Relación entre aves y variables ambientales 44
5.3.1. Construcción y total de aves 45
5.3.2. Construcción y tángaras 46
5.3.3. Construcción y palomas 47
5.3.4. Construcción e invertebrates 48
5.3.5. Ruido y total de aves 49
5.3.6. Ruido y tángaras 50
5.3.7. Ruido y palomas 51
5.3.8. Ruido e invertebrates 52
5.3.9. Altura de árbol y total de aves 53
5.3.10. Altura de árbol y tángaras 54
5.3.11. Altura de árbol y palomas 55
5.3.12. Altura de árbol e invertebrates 56
5.3.13. NDVI y total de aves 57
5.3.14. NDVI y tángaras 58
5.3.15. NDVI y palomas 59
5.3.16. NDVI e invertebrates 60
6. CONCLUSIONES 62
7. APORTES DE LA PASANTÍA A LA ASOCIACIÓN CALIDRIS 64
8. RECOMENDACIONES 65
9. APORTES DE LA PASANTÍA AL PROCESO FORMATIVO 66
10. BIBLIOGRAFÍA 67
ANEXOS 74

AGRADECIMIENTOS

A la vida por hacerme entrar a esta bonita carrera, a mis deseos y sueños, y a la geografía por mostrarme un mundo distinto.

A mi preciosa familia, por ser el apoyo, la motivación y el ejemplo, sobre todo mi madrecita, mis abuelas y a mi adorado Jaco.

A las amistades que conocí a través de este camino; a los profesores por el acompañamiento y los conocimientos transmitidos; a la Universidad del Valle, por enseñarme la sociedad en todo su esplendor, a ayudarme a trabajar la empatía y mostrarme el trabajo colectivo; a la Asociación Calidris por darnos la oportunidad de mostrar nuestras potencialidades.

Al profesor Ramón, por la paciencia, las enseñanzas y la guianza, para que nosotras lográramos terminar esta última etapa; ojalá todas las personas se encuentren a un profesor como él.

Gracias infinitas a Fernanda y a Juan, por marcarme de una manera inolvidable y caminar junto a mí.

Lina Vanessa Aragón Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud, principalmente a Dios, por haberme guiado hacia la Geografía y por ser mi fortaleza y mi sabiduría a lo largo de este proceso.

A mis amados padres, Anibal y Maria, les agradezco por su apoyo incondicional en todo momento. Son mi fuente de inspiración y motivación. También quiero agradecer a mis hermanos Jhonny, Jessica y Camila por sus palabras de ánimo y respaldo.

A la Universidad del Valle por ser el lugar que me permitió avanzar en mi formación académica y seguir creciendo a nivel personal. A cada profesor y profesora que compartió su conocimiento y su experiencia, contribuyendo esencialmente a mi formación. A las amistades que caminaron junto a mi lado, gracias por el apoyo mutuo y las vivencias compartidas.

Al profesor Ramón Serna, por ser una persona excepcional y por su apoyo invaluable en la culminación de este camino académico. De igual manera, mis agradecimientos a la Asociación Calidris por abrirnos las puertas con tanto cariño y permitirnos realizar este proceso investigativo. A Diana y a Richard, les agradezco por dedicarnos su tiempo y conocimiento con generosidad.

Finalmente, le agradezco a Lina, por estar siempre a mi lado y ser mi pilar a lo largo de este viaje.

María Fernanda Descance Portilla

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Familias evaluadas en el presente estudio. 30
Tabla 2. Gremios alimenticios evaluados en el presente estudio. 30
Tabla 3. Información secundaria recogida. 31
Tabla 4. Variables escogidas. 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Método de relación. 36
Figura 2. Diagrama de flujo de metodología. 36

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Zona de estudio. 29
Mapa 2. Total de aves en el 2020. 37
Mapa 3. Familias 2020. 39
Mapa 4. Gremios alimenticios 2020. 40
Mapa 5. Construcciones. 41
Mapa 6. Ruido. 42
Mapa 7. Altura de árboles. 43
Mapa 8. NDVI. 44
Mapa 9. Relación entre construcciones y el total de aves 2020. 46
Mapa 10. Relación entre construcciones y las tángaras 2020. 47
Mapa 11. Relación entre construcciones y las palomas 2020. 48
Mapa 12. Relación entre construcciones e Invertebrates 2020. 49
Mapa 13. Relación entre ruido y el total de aves 2020. 50
Mapa 14. Relación entre ruido y las tángaras 2020. 51
Mapa 15. Relación entre ruido y las palomas 2020. 52
Mapa 16. Relación entre ruido e invertebrates 2020. 53
Mapa 17. Relación entre altura de árboles y el total de aves 2020. 54
Mapa 18. Relación entre altura de árboles y las tángaras 2020. 55
Mapa 19. Relación entre altura de árboles y las palomas 2020. 56
Mapa 20. Relación entre altura de árboles e invertebrates 2020. 57
Mapa 21. Relación entre NDVI y el total de aves 2020. 58
Mapa 22. Relación entre NDVI y las tángaras 2020. 59
Mapa 23. Relación entre NDVI y las palomas 2020. 60
Mapa 24. Relación entre NDVI e invertebrates 2020. 61

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Sitios de muestreo en los censos urbanos de aves. 74
ANEXO B. Total de individuos de aves por año. 74
ANEXO C. Promedio de individuos de aves por familia. 75
ANEXO D. Promedio de individuos de aves por gremio alimenticio. 76
ANEXO E. Promedio de variables ambientales. 77
ANEXO F. Coeficiente de correlación (R^2) entre el número total de aves, las familias evaluadas (Thraupidae y Columbidae) y las variables ambientales. 78

RESUMEN

La expansión urbana de las ciudades ha transformado de manera contundente el paisaje, el uso del suelo y la cobertura vegetal, generando como consecuencia la pérdida y el deterioro de la avifauna urbana, por lo que el propósito de este estudio es analizar la relación entre aves y algunas variables ambientales en la ciudad de Cali, a través de su distribución espacial en el área de estudio.

Los datos de las aves fueron recopilados por el censo urbano de aves en Cali, desde el año 2015 al 2020 y fueron convertidos a información cartográfica; luego se escogieron 4 variables ambientales, que son construcción, ruido, altura de árboles y NDVI, y se recolectaron los datos cartográficos. Con lo anterior, se realizaron mapas de las aves, las variables y su relación, para después, analizar los patrones del total de las aves, la familia Thraupidae (Tángaras), la familia Columbidae (Palomas) y el gremio alimenticio *Invertebrate*, así como la influencia de variables ambientales sobre sus hábitats en la ciudad, para el año 2020.

Se encontró que la Laguna Charco Azul, el Callejón Tabares y el Bosque Escondido son los sitios que presentaron los mayores registros de aves. Por otro lado, los sitios que presentaron menor registro de aves son Casa Pomarrosa, Hacienda Cañasgordas y el Camino a la Colina. Los patrones de distribución de las familias y de los gremios alimenticios no presentaron tendencias generales.

Además, se halló que a mayor presencia de vegetación mayor presencia de aves, que la urbanización puede ser una amenaza y ser inhóspita para ciertas aves como Thraupidae (Tángaras), pero en otras aves clasificadas como sinantrópicas sería favorable para la familia Columbidae (Palomas). Por otra parte, la mayoría de las aves, prefieren bajas alturas de árbol con vegetación sana y con la variable ruido no hubo una relación clara.

Se recomienda darle importancia a las investigaciones sobre la avifauna de una manera multidisciplinar, para que desde el ordenamiento territorial se establezcan programas de investigación y conservación, en pro del desarrollo de las aves, sin dejar de lado la integración de las comunidades locales en estas iniciativas.

Palabras claves: Avifauna Santiago de Cali, censo urbano de aves, urbanización, vegetación, distribución espacial, variables ambientales.

0. INTRODUCCIÓN

Como el segundo país más biodiverso del planeta, Colombia alberga la mayor cantidad de aves del mundo con alrededor de 1.909 especies registradas hasta la fecha, siendo llamado “el país de las aves”[1]. El 30 % de ellas se ubican en la cordillera Occidental, una de las tres vertientes de los Andes colombianos[2].

Debido al amplio rango altitudinal de Cali, que va desde los Farallones de Cali con alturas máximas de alrededor de 3.500 metros hasta la zona plana del valle geográfico con cerca de 1.000 metros, la ciudad está atravesada por un extenso abanico ecológico, constituyendo a Cali como una ciudad privilegiada por su amplia conectividad[3]. Es una de las ciudades con más diversidad de aves, debido a que tiene variedad de ríos, bosques, humedales y diversidad ecosistémica.

La presente investigación se inscribe dentro de un proyecto denominado *Censo urbano de aves de Cali*, el cual es un estudio que realiza el equipo de investigación de la Asociación Calidris de la mano de distintos actores en diferentes sitios de la ciudad, con el propósito de mejorar el conocimiento de las aves y contribuir a la conservación de las mismas y de sus hábitats[4].

Para conservar la biodiversidad en la ciudad, es necesario comprender la relación entre las especies y la estructura urbana, algunas de las principales variables que influye en la diversidad de las aves es la cobertura vegetal, ya que se asocia con la oferta de sitios de nidificación, alimento, percha y refugio. También zonas con una alta densidad de construcción presentan una calidad de hábitat baja para estas especies, sin embargo, otras pueden ser más abundantes en sitios con pavimento y edificaciones[5].

Por ello, es de suma importancia reconocer sus dinámicas espaciales en la ciudad y la influencia de variables como densidad de construcción, ruido y vegetación sobre la abundancia y diversidad de las aves a nivel local, con la finalidad de obtener un análisis espacial que pueda ayudar y orientar los futuros planes de ordenamiento territorial urbano, para conservar y mejorar el hábitat de las aves en la ciudad de Cali.

---

[1] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al.* Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 4. ISBN 978-958-56600-5-2

[2] PINEDO, Erick. Así es Cali, el ‘paraíso de las aves’ que funge como santuario biológico en Colombia [en línea]. En: *National Geographic en Español*. Octubre, 30, 2022. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://www.ngenespanol.com/animales/como-es-vivir-en-cali-colombia/

[3] GARCÍA, Sandra. Las aves la principal riqueza natural de nuestra casa común [en línea]. Alcaldía de Santiago de Cali. Mayo, 13, 2021. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/160727/las-aves-la-principal-riqueza-natural-de-nuestra-casa-comun/

[4] ASOCIACIÓN PARA EL ESTUDIO Y LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES ACUÁTICAS EN COLOMBIA. [sitio Web]. Cali: Calidris, Quienes somos. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://calidris.org.co/quienes-somos/

[5] BENITO, Javiera F.; ESCOBAR, Martín A. H. y VILLASEÑOR, Nélida R. Conservación en la ciudad: ¿Cómo influye la estructura del hábitat sobre la abundancia de especies de aves en una metrópoli latinoamericana?. En: *Gayana (Concepción)*. Diciembre 2019, vol. 83, nro. 2, p. 115. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382019000200114

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los países en vía de desarrollo, la urbanización se ha venido desarrollando de manera rápida sin una planeación apropiada; como consecuencia se ven ciudades con un crecimiento caótico y desordenado[6], que genera aún más impactos sobre lo natural.

La expansión de las ciudades a su alrededor genera una transformación contundente del paisaje en el uso del suelo y la cobertura vegetal, según la necesidad o deseo que se tenga[7]. Esto genera una eliminación y fragmentación severa en el hábitat, siendo una de las actividades antrópicas más impactantes y que se convierte en una de las principales causas de la extinción de especies[8].

Aunque es evidente que el impacto ejercido por las ciudades sobre las aves es devastador, BirdLife (2002) afirma que "una de cada cinco especies amenazadas se refugia en ambientes urbanos o rurales artificiales"[9], sobre todo en las zonas aledañas a los cuerpos de agua y en árboles, donde pueden nidificar y alimentarse[10]. De esta manera, muchas especies se han adaptado a ambientes artificiales o alterados por los humanos y esto lleva a que los arquitectos y planificadores urbanos hagan aportes a la conservación de las aves, convirtiendo a las ciudades en ambientes sanos no solo para ellas sino también para la gente.

Según, Luis Fernando Castillo, biólogo y director de la Asociación Calidris, indica que el problema que radica actualmente en el Valle del Cauca y Cali, es que el medio ambiente se ha transformado abruptamente y son los animales los más afectados. Sufren las aves, como también mamíferos que en algún momento habitaron los ríos, humedales y praderas de la ciudad. Mencionando también, que esa transformación se ha llevado consigo el 90% de los humedales que había en la región, lo que equivaldría a alrededor de 15.000 hectáreas. Estos sitios, junto con los bosques, son vitales para que muchas especies puedan mantenerse[11].

Según la CVC, tan solo en el Valle del Cauca existen 1826 especies de animales, donde 818 son aves[12] y para 2020 se registraron 45 especies amenazadas[13]; esto significa que

---

[6] Bazant, 2011, citado por ORTIZ, William. Dinámica de un humedal urbano: Cambios históricos en sus coberturas y cambios recientes en la comunidad de aves (humedal Córdoba, Bogotá). Trabajo de grado (Ecólogo). Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Programa de Ecología, 2014. p. 6.

[7] Ibid., p. 6.

[8] Soulé y Orians, 2000; Pizana *et al.*, 2009, citado por ORTIZ, William. Ibid., p. 6.

[9] BIRDLIFE, 2002, 2004, citado por OSORIO OLARTE, Jackeline y MOLINA PRIETO, Luis Fernando. A vuelo de pájaro. Las ciudades como refugio para las aves. En: *Revista Nodo*. Noviembre 2009, vol. 4, nro. 7, p. 50.

[10] Ibid., p. 50.

[11] DUQUE HERNÁNDEZ, Iván Felipe. Expansión urbana, contaminación y tráfico amenaza a la fauna vallecaucana [en línea]. El País. Cali. Abril, 27, 2013. [Consultado el 01 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.elpais.com.co/valle/expansion-urbana-contaminacion-y-trafico-amenaza-a-la-fauna-caucana.html

[12] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA y PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. El Valle de los Sueños. Cali: 2019. p.11. ISBN 978-958-8332-93-2. Disponible en: https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/el_valle_de_los_suenos_h-ind.pdf

[13] CÁRDENAS, Giovanni, *et al*. Aves del departamento del Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. 2020, vol. 21, nro. 2, p. 76. DOI: 10.21068/c2020.v21n02a04

alrededor del 6% de la avifauna del Valle del Cauca se encuentra en peligro de extinción. Esto pasa, de acuerdo con el director de la Asociación Calidris, por varias razones: los sitios de refugio y alimento para aves, como bosques y humedales, se han reducido; los humedales que se tenían, ahora son el lugar de más de 200.000 hectáreas de caña de azúcar. Además, la máxima contaminación, la explotación de recursos, el cambio climático y el tráfico de fauna[14].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la presente investigación buscó responder al interrogante sobre cuál es la relación entre aves y algunas variables ambientales en la ciudad de Cali.

[14] DUQUE HERNÁNDEZ, Iván Felipe. Expansión urbana, contaminación y tráfico amenaza a la fauna vallecaucana [en línea]. El País. Cali. Abril, 27, 2013. [Consultado el 01 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.elpais.com.co/valle/expansion-urbana-contaminacion-y-trafico-amenaza-a-la-fauna-caucana.html

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar la relación entre las aves y algunas variables ambientales en Cali.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los patrones de distribución de los grupos de aves evaluados.
- Describir los patrones espaciales de las variables ambientales: construcciones, ruido, altura de árbol y NDVI.
- Establecer las correspondencias espaciales entre las aves y algunas variables ambientales.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Aves en la ciudad

La ciudad ofrece ciertos beneficios para algunas especies de aves como la temperatura que está a 2 o 3 grados centígrados por encima de las áreas rurales contiguas (efecto producido por actividades residenciales o industriales); alimentación (a través de ciertas especies de árboles) y ofertas de recursos hídricos (ríos, quebradas, lagos y humedales) constante durante diferentes periodos del año; la presencia de parques y jardines; seguridad frente a la caza en cualquiera de sus modalidades; el mínimo contacto con plaguicidas e insecticidas, etc.[15], lo cual ha permitido la presencia de especies tanto residentes como migratorias.

Sin embargo, BirdLife (2002, 2004)[16] plantean que la principal amenaza para las aves es la destrucción de su hábitat causado por el crecimiento de las ciudades; obras de infraestructura (carreteras, represas, hidroeléctricas); la agricultura y ganadería extensiva; extracción minera; contaminación del suelo; contaminación de las aguas y polución del aire; todo esto pone en riesgo a varias especies y por ende puede convertir a la ciudad en un lugar inhabitable para las aves, por eso, ellas son indicadores ambientales, que con su presencia o ausencia, indican la calidad ambiental de áreas naturales, rurales o urbanas.

En relación a lo anterior, es importante considerar el concepto de modelo de nicho ecológico, como herramienta muy útil para comprender las relaciones ambientales y ecológicas en las que se encuentra una especie, principalmente relacionado con factores abióticos (precipitación, temperatura, entre otras) y bióticos (tipos de vegetación en las cuales se puede encontrar) tanto en un tiempo y espacio determinado[17], de esta manera, brindando información acerca del ave, de su entorno, de su ciclo de vida, entre otros aspectos.

De modo que, la planificación urbana es un elemento primordial para la protección de la biodiversidad urbana; no obstante, con la desaparición de áreas verdes, la biodiversidad tenderá a desaparecer, por lo tanto, es necesario pensar en un desarrollo urbano sostenible que mejore la calidad de vida de los ciudadanos y que a su vez lo será para las aves, entendiendo que los seres humanos deben buscar alternativas necesarias en favor de la biodiversidad.

---

[15] GOMIS MARTÍN, Elías. Las aves urbanas. En: *Argutorio*, revista de la Asociación Cultural "Monte Irago". Junio 1999, nro. 3, p. 20. ISSN 1575-801X

[16] BIRDLIFE, 2002, 2004, citado por OSORIO OLARTE, Jackeline y MOLINA PRIETO, Luis Fernando. A vuelo de pájaro. Las ciudades como refugio para las aves. En: *Revista Nodo*. Noviembre 2009, vol. 4, nro. 7, pp. 49-50.

[17] ILLOLDI-RANGEL, Patricia y ESCALANTE, Tania. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. En: *Biogeografía*. Enero 2008, vol. 3, p. 7.

3.2. La biodiversidad de aves en las ciudades

La biodiversidad de aves en un lugar está muy relacionada con la condición del hábitat en el que se encuentran, muchas de ellas son muy sensibles a pequeños cambios[18].

En ciudades de Colombia como Medellín y Bogotá principalmente, se han realizado distintos estudios en zonas específicas sobre las aves en las ciudades. Pardo (2018), utilizó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (EER)* y concluye en su trabajo de grado llamado *Influencia de la urbanización sobre la diversidad de aves de tres zonas en la ciudad de Bogotá, Colombia,* que:

> Independientemente de que el grado de urbanización medido no sea por sí mismo un indicador total de la influencia de las ciudades sobre sus comunidades de aves -existen otros factores relacionados-, estos procesos sí afectan la avifauna presente. La falta de cobertura vegetal y la homogeneización de los paisajes hacen que la diversidad se reduzca y las aves generalistas eleven su número de individuos a tal punto que pueden llegar a ejercer una amplia dominancia sobre las demás. Para tal caso es indispensable tener en cuenta que los árboles no solo cumplen tareas recreativas, ornamentales y maderables, sino que su funcionalidad va más allá de lo humano, por lo que los procesos de arborización llevados en los centros urbanos deben ser más planeados y apreciados en el ámbito ecosistémico y natural[19].

Mientras que en el artículo *Diversidad de aves en cuatro localidades con bosques fragmentados en el municipio de Medellín,* Garizábal y Santiago (2014), usaron principalmente dos metodologías: censos por transectos lineales** y captura con redes de niebla***, y concluyen que:

> Este estudio es una contribución importante al conocimiento de la avifauna del Valle de Aburrá, específicamente para el occidente del municipio de Medellín, una de las regiones más inexploradas que cuenta con remanentes de bosque nativo. Los análisis cuantitativos y cualitativos obtenidos proporcionan índices de comparación para monitorear posibles cambios espacio-temporales en las comunidades de aves y sugieren que actualmente se están presentando procesos de empobrecimiento de biota que deben ser considerados oportunamente en programas y políticas de conservación[20].

Por otra parte, el patrón de distribución espacial hace referencia a la relación que se halla entre la especie y su ambiente; la estructura de tamaños dentro de las poblaciones ofrece

---

[18] NAVARRO-SIGÜENZA *et al*., 2014, citado por ANGULO PEREZ, Natalia, *et al*. Ecología urbana de aves: relación de las plantas, clima y ruido con la biodiversidad de aves en la ciudad de Iquitos, Perú. En: *Folia Amazónica*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Diciembre 2017, vol. 26, nro. 2, p. 122. DOI: https://doi.org/10.24841/fa.v26i2.427

* La EER es un proceso rápido que ayuda en la selección, diseño, manejo y monitoreo de las áreas a conservar, lo cual permite conocer y cuantificar a través del análisis de los datos recolectados el potencial biológico del área.

[19] PARDO RINCÓN, Sergio Daniel. Influencia de la urbanización sobre la diversidad de aves de tres zonas en la ciudad de Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Licenciado en Biología). Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. Licenciatura en Biología, 2018. p. 46.

** Los transectos lineales consisten en la ubicación aleatoria de líneas de muestreo o en la distribución equidistante de líneas de muestreo paralelas, aleatoriamente superpuestas sobre la zona de estudio.

*** Las redes de niebla consisten en una malla o red tejida, son uno de los principales métodos utilizados para la captura de aves.

[20] GARIZÁBAL-CARMONA, Jaime; GUTIEREZ VASQUEZ, Carlos A. y SANTIAGO, David. Diversidad de aves en cuatro localidades con bosques fragmentados en el municipio de Medellín. En: Más bosques para Medellín. Sembrando árboles para la vida. Medellín: La Alcaldía, 2014. p. 186.

información sobre su composición (como el sexo, la edad, tamaño y la reproducción)[21]. Los modelos de distribución de especies están siendo muy utilizados para abordar cuestiones relacionadas con la ecología, biogeografía y conservación de las especies, aplicando de distintas maneras, por ejemplo la evaluación de la potencialidad del territorio para especies invasoras, el estudio de requerimientos macroambientales, el estudio de las relaciones biogeográficas entre diferentes taxones, la evaluación del efecto del cambio en el clima o de los usos del suelo sobre su área de distribución[22], entre muchos otros.

De otra manera, la abundancia es la representación relativa de una especie en un ecosistema particular y por lo general, se mide como el número de individuos encontrados por muestra. La relación de abundancia entre una o varias especies que viven en un ecosistema se conoce como abundancia relativa de especies. Ambos indicadores son relevantes para calcular la biodiversidad[23]. Por lo anterior, una de las mediciones más utilizada en la ecología es la distribución de abundancia de especies (*Species Abundance Distribution* - SAD), que permite a las investigaciones evaluar y analizar la distribución de las distintas especies en un ecosistema específico.

3.3. Lo que Cali ofrece a las aves

La ubicación geográfica del municipio de Santiago de Cali ha permitido que dentro de la ciudad se encuentren remanentes de hábitat naturales, por la transición entre el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera occidental y la parte plana del valle geográfico del río Cauca (VGRC). Cubre una superficie total de 562,8 Km^2 (DAPM, 2022)[24] y abarca un amplio gradiente altitudinal que va desde los 4.070 m.s.n.m en los Farallones de Cali, en donde se pueden encontrar ecosistemas de bosques altoandinos y páramos, hasta los 950 m.s.n.m, con ecosistemas de humedales, madreviejas y remanentes del bosque seco tropical, razón por la cual la avifauna que reside en la ciudad es muy diversa[25].

Cada uno de estos tipos de ecosistemas tiene especies de aves características que no se encuentran en los demás; por ejemplo, en la zona rural se destaca el Parque Nacional Natural Farallones de Cali y el bosque de San Antonio/Km 18, los cuales en conjunto conforman un Área Importante de Aves y Biodiversidad (*Important Bird and Biodiversity Area*-IBA), donde es posible encontrar especies propias del occidente de Colombia[26].

---

[21] ZEPEDA, Verónica; GOLUBOV, Jordan y MANDUJANO, María C. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). En: *Acta Botánica Mexicana*. Abril 2017, nro. 119, p. 37. DOI: https://doi.org/10.21829/abm119.2017.1230

[22] ACEVEDO, Pelayo; REAL, Raimundo y GORTÁZAR, Christian. Favorabilidad ecogeográfica para el corzo: distribución y abundancia. En: *Pirineos-Revista de Ecología de Montaña*. 2011, vol, 166, p. 10. DOI: 10.3989/pirineos.2011.166001

[23] WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Abundancia (ecología). [Fecha de consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Abundancia_(ecolog%C3%ADa)&oldid=143002951

[24] CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Cali en cifras 2022. Santiago de Cali: DAPM, 2022, p. 21.

[25] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 14. ISBN 978-958-56600-5-2

[26] Ibid., pp. 16-17.

En la zona urbana sobresalen los humedales presentes al suroriente de la ciudad, como El Pondaje y Charco Azul, y las madreviejas del río Cauca. También hay algunos humedales artificiales, particularmente de la comuna 22 como el ecoparque Lago de las Garzas, Humedal de la Babilla - Zanjón del Burro, entre otros, donde es posible observar muchas especies de aves acuáticas. Así mismo, hacia el sur de la ciudad se encuentran los campos universitarios como la Universidad del Valle - Sede Meléndez, la Universidad Icesi, la Pontificia Universidad Javeriana Cali y la Universidad de San Buenaventura, además se encuentra el predio de la Hacienda Cañasgordas, los cuales albergan una importante muestra de la avifauna[27].

La vegetación de los parques y zonas verdes, separadores arbolados de las principales vías de la ciudad contienen remanentes de bosque seco tropical, algunas zonas verdes urbanas destacables son el parque Bosque Escondido, el Ingenio, el parque del Acueducto, Sebastián de Belalcázar, el Zoológico de Cali, el Jardín Botánico, etc., espacios que contienen una diversidad de especies de árboles y arbustos introducidos con usos principalmente ornamentales, los cuales también son aprovechados por algunas especies de aves[28].

En la zona suburbana de la ciudad se resaltan los ecoparques Cristo Rey en el cerro de Los Cristales, el cerro de las Tres Cruces-Bataclán y el cerro de La Bandera, todos estos ubicados en las estribaciones de la cordillera Ocidental que presentan una avifauna muy distinta, propia de zonas más húmedas del piedemonte cordillerano. Al oriente está el parque de la Caña y el ecoparque Písamos en la parte plana del municipio[29].

Adicionalmente, Cali es reconocida por ser bañada por un buen número de quebradas y siete ríos (Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Lilí, Meléndez, Pance y Cauca), los cuales constituyen corredores naturales para la fauna nativa[30].

Los sitios nombrados anteriormente son algunos de los más destacados, pero no son los únicos y afortunadamente la riqueza de aves en la ciudad es grande[31] y de acuerdo a un estudio realizado por Palacio *et al. (2017),* “en Santiago de Cali se han registrado el 30,4% de las aves de Colombia en menos del 0,05 de su superficie terrestre, y se ubica como el municipio con mayor riqueza de aves para el país con 561 especies”*[32], por ello, es importante seguir desempeñando labores de conservación de la avifauna, para proveerles alimento y hábitat, garantizando la permanencia de la avifauna en la ciudad.

[27] Ibid., p. 15.
[28] Ibid., pp. 15-16.
[29] Ibid., p. 16.
[30] Ibid., p. 17.
[31] Ibid., p. 17.
[32] PALACIO, Rubén Darío, *et al*. Aves del municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. 2017, vol. 18, nro. 2, p. 231. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15
*De este número de especies, 487 son especies residentes, 72 son migratorias neártico-neotropicales y 2 especies son introducidas que se han establecido.

3.4. El censo arbóreo y el catastro como fuente de información

El censo arbóreo del municipio de Santiago de Cali, surgió como respuesta a la necesidad de la ciudad, identificada por el DAGMA, de contar con una herramienta básica para el manejo del arbolado urbano y fue plasmado en el Acuerdo 0353 del 31 de octubre de 2013, por el cual se adoptó el Estatuto de Silvicultura Urbana para el municipio y se dictan otras disposiciones relacionadas con la regulación, reglamentación y promoción de actividades planificadas integrales en las áreas verdes de la ciudad[33]. Los datos recolectados fueron publicados en el Geovisor de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC) y en el portal Datos Abiertos del Estado colombiano.

Según resultados del censo arbóreo, las comunas con mayor número de individuos arbóreos son: comuna 2, comuna 17, comuna 19 y comuna 5; y las comunas con menor número de individuos arbóreos son: comuna 1, comuna 3, comuna 9 y comuna 20[34]. También se encuentra que el 41% de la biodiversidad en el arbolado de la ciudad pertenece a 2 familias (Fabaceae y Arecaceae) y 47% de los individuos está representado en 10 especies (acacia robinia, palma areca, limón swinglea, mango, almendro, entre otras). La ausencia de cobertura vegetal está asociada a la existencia de islas de calor y al déficit de espacio público[35].

Por otro lado, la Subdirección de Catastro Municipal cuenta con la base de datos catastral actualizada de 726.881 predios urbanos y rurales con los que cuenta Cali[36]. La base de datos tiene información relevante sobre los predios de la ciudad como información del número predial nacional, Código Comuna, Código Barrio, Código Manzana, Código Condición, Descripción Destino, Vigencia Actualización, Área Construida y Área Terreno[37]. Esta información se encuentra en el Geoportal Catastral de Cali y el portal Datos Abiertos Colombia.

La información catastral es de suma importancia porque ayuda a una mejor planeación de la ciudad en términos de obras viales, de infraestructura, espacios de recreación etc., acordes a las necesidades reales de cada comuna y cada corregimiento; la definición de

[33] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, DAGMA. [sitio Web]. Censo Arbóreo de Santiago de Cali. Cali: Datos Abiertos Cali. Marzo, 29, 2019. [Fecha de consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: http://datos.cali.gov.co/dataset/censo-arboreo-de-santiago-de-cali

[34] ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Mapa de densidad arbórea en Cali, censo 2015 [en línea]. Cali: Geoportal. 2020. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://geoportal.cali.gov.co/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=9b50167b694f4e83bbeb20cd9bc977d6

[35] ACOSTA PINZÓN, Carlos, *et al*. Gestión de coberturas vegetales, avances del plan de coberturas de Santiago de Cali. En: V Encuentro Nacional de Silvicultura Urbana: hacia el manejo sostenible del arbolado urbano (5: 2019, octubre 23-25: Auditorio Bernardo Garcés Córdoba de la CVC). Cali. 2019. p. 4. Disponible en: https://cvc.gov.co/sites/default/files/2019-11/GESTION%20DE%20COBERTURAS%20VEGETALES%20%20-CALI.pdf

[36] ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Catastro municipal cuenta con datos abiertos [en línea]. Cali: La Alcaldía. Marzo, 4, 2022. [Fecha de consulta: el 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/catastro/publicaciones/147971/datos-abiertos/

[37] DATOS ABIERTOS COLOMBIA. [sitio Web]. Información de Predios del Municipio de Santiago de Cali. Cali: Departamento Administrativo de Hacienda Municipal. Agosto, 23, 2022. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.datos.gov.co/dataset/Informaci-n-de-Predios-del-Municipio-de-Santiago-d/2rpb-nw5d/data?no_mobile=true

políticas públicas en el mediano y largo plazo; el fortalecimiento de las finanzas municipales[38]; entre muchas otras.

3.5. Grupos taxonómicos y su correspondencia con los grupos funcionales

La clasificación taxonómica de las aves dicta la conformación por familias y grupos característicos, según sus atributos morfológicos y de comportamiento. En zoología, la familia se refiere a una unidad sistemática y una categoría taxonómica intermedia entre el orden y el género[39], la cual incluye aves por su color, forma y hábitat. También, existen otras categorías como los grupos funcionales que hacen referencia a las características ecológicas de alimentación de las aves[40], tienen diferentes funciones interviniendo en la provisión de servicios ecosistémicos, como polinizadoras, controladoras biológicas de plagas, dispersoras de semillas, eliminadoras de roedores muertos o enfermos, etc., de esta manera contribuyendo al mantenimiento de distintos tipos de ecosistemas.

3.5.1. Grupo taxonómico evaluados por familia

3.5.1.1. **Gavilanes** (Accipitridae)

Los gavilanes son rapaces diurnos, de presencia cosmopolita con pico fuerte, ganchudo y patas fuertes adaptadas para capturar y sujetar sus presas. Nidos en plataformas hechos con ramas secas y en árboles altos. La misma especie puede presentar varias fases de color en el plumaje[41]. Se encuentran en pares o generalmente solitarios. Cazan pequeños mamíferos, ardillas, culebras, conejos, ratones, arañas y otros animales. Algunas especies pueden vivir hasta los 20 años[42].

3.5.1.2. **Palomas** (Columbidae)

Son aves de vuelo rápido con cabeza pequeña y pico débil, con plumaje suave y denso en tonos café o gris. Los nidos son frágiles en árboles, arbustos, estructuras urbanas o en el suelo. Los llamados difieren entre especies en ritmo y tono[43]. Según la especie, se encuentran solitarias, en parejas o gregarias. Ocupan todo tipo de ambiente presente en la ciudad

---

[38] ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. ABC Catastral [en línea]. Cali: La Alcaldía. Febrero, 28, 2022. [Consultado el 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/catastro/publicaciones/148596/abc-catastral/

[39] WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Familia (biología). [Fecha de consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Familia_(biolog%C3%ADa)&oldid=150944032

[40] WILMAN, Hamish, et al. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals [Archivo metadata en línea]. En: *Wiley*. Ecological Archives E095-178-D1. Julio 2014, vol. 95, nro. 7, p. 2027. https://www.esapubs.org/archive/ecol/E095/178/metadata.php

[41] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 67. ISBN 978-958-56600-5-2

[42] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Accipitridae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/accipitriformes/hawks

[43] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*., Op., Cit., p. 30.

como edificios, ventanales, árboles, etc. Se alimentan de granos, semillas y frutas. Viven entre 5 y 21 años[44].

3.5.1.3. Pavas (Cracidae)

Las pavas tienen patas grandes y picos fuertes, y son predominantemente arbóreas. Comen principalmente frutas, semillas y brotes de hojas. La mayoría de especies viven en áreas selváticas y algunas en hábitats secos[45]. Son ruidosas al amanecer y al atardecer. Forman grupos pequeños o a menudo se encuentran en pares. Muchas han sido perseguidas[46] por la cacería de subsistencia de campesinos e indígenas.

3.5.1.4. Reinitas (Parulidae)

Las reinitas son insectívoras, activas y a menudo vistosamente coloridas. Se caracterizan por su tamaño pequeño, proporciones delicadas y pico delgado. Más de la mitad de las especies tienen hábitos migratorios y se reproducen en el norte del continente[47].

3.5.1.5. Loros (Psittacidae)

Son aves ruidosas y sociables, son más numerosas en tierras bajas húmedas, pero pueden encontrarse en todos los hábitats. Se alimentan de una variedad de semillas, frutas y flores. Anidan en agujeros de árboles, huecos viejos o cavidades excavadas[48]. Vuelan en grupos temprano en la mañana o al atardecer. Tienen picos con una forma curvada grueso y afilados. Cabeza voluminosa y casi sin nuca. Patas cortas. Viven entre 6 y 10 años según la especie[49].

3.5.1.6. Tángaras (Thraupidae)

Es una familia de aves coloridas de tamaño pequeño a mediano, se alimentan de pequeñas frutas suplementadas con insectos, algunas especies son totalmente frugívoras y actúan como dispersoras de semillas. Los nidos varían desde tasas abiertas hasta nidos globulares construidos con musgo[50]. Usan

---

[44] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Columbidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/columbiformes/pigeons

[45] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 27. ISBN 978-958-56600-5-2

[46] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Cracidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/galliformes/guans

[47] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*., Op., Cit., p. 144.

[48] Ibid., p. 85.

[49] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Psittacidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/psittaciformes/parrots

[50] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 153. ISBN 978-958-56600-5-2

sus picos puntiagudos para atrapar insectos y picar fruta, principalmente bayas, pétalos y aun néctar. Se encuentran en pares en grupos familiares de 3 a 5. Se mezclan con otras especies sin problema. Algunas son endémicas o casi endémicas y pueden vivir hasta 10 años[51].

3.5.1.7. Colibríes (Trochilidae)

Los colibríes se encuentran en todos los hábitats desde el nivel del mar hasta casi el nivel de la nieve. Incluyen las especies más pequeñas, con menos plumas y metabolismo más rápido. Poseen plumajes brillantes e iridiscentes y son mayormente nectarívoros[52]. Son territoriales y pueden vivir entre 4 y 12 años según la especie[53].

3.5.1.8. Atrapamoscas (Tyrannidae)

Aves principalmente insectívoras, se encuentran en todos los hábitats, desde las costas hasta el límite de la nieve y son extremadamente diversas en comportamiento y apariencia. Su nombre proviene de sus hábitos alimenticios, pues se alimentan exclusivamente de insectos voladores[54].

3.5.2. Gremio alimenticio

Como se mencionó en el apartado 3.5. sobre grupos funcionales, se entiende como gremio alimenticio, aquellas aves que dependiendo de su dieta alimenticia cumplen un papel en los ecosistemas. La siguiente clasificación se basó en el estudio de Wilman et al. (2014).

3.5.2.1. FruiNect (Frugívoros y nectarívoros)

Este gremio lo compone por una parte aves arborícolas, las cuales se alimentan de la fruta que cuelga de las ramas, sin tener la necesidad de arrancarlas y otras aves únicamente comen la pulpa de frutos grandes y blandos; los pájaros pueden sufrir ciertas adaptaciones. Por otra parte, están las aves nectívoras que meten sus picos en las flores y chupan néctar o comen el polen, la mayoría comen los insectos dentro o junto a las flores, también muchas de éstas comen fruta. Estos pájaros pueden tener adaptaciones en sus picos[55] para

[51] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Thraupidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/passeriformes/tanagers

[52] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*., Op., Cit., p. 42.

[53] BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Trochilidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/bird-galleries/hummingbirds/hummingbirds-gallery

[54] ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et al*. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. p. 100. ISBN 978-958-56600-5-2

[55] HARRISON, Colin y GREENSMITH, Alan. Aves del mundo, manuales de identificación. Barcelona: Edición Omega, 1994. pp. 20-21. Disponible en: https://www.academia.edu/42963510/Aves_del_Mundo_Manuales_de_identificaci%C3%B3n_Colin_Harrison_Alan_Greensmith

extraer el polen, néctar, exudados de plantas, etc. La principal función de este grupo es la dispersión de semillas y la polinización.

3.5.2.2. Invertebrate (Invertebrados)

Son aves que sondean el suelo con sus picos fuertes y largos, en busca de insectos y otros invertebrados especialmente por debajo de la hierba. Otras suelen capturarlos o perseguirlos desplazándose por entre las hojas de los árboles, el sotobosque y las plantas bajas, en el follaje de la corteza de troncos y ramas[56] para alimentarse de larvas de insectos y gusanos. También desde perchas y con vuelos largos atrapan insectos voladores. Estas aves juegan un rol funcional como controladoras de insectos y plagas.

3.5.2.3. Omnivore (Omnívoros)

Los miembros de este grupo no se limitan a un solo tipo de nutriente ni a una sola manera de conseguirlo. Son capaces de comer muchos tipos de alimentos y se aprovechan de cualquier tipo de comida, incluyendo desechos humanos. Se alimentan de frutas, semillas, insectos, pequeños vertebrados y basura[57]. Se adaptan para responder a las diferentes necesidades y al aprovechamiento de recursos disponibles.

3.5.2.4. PlantSeed (Plantas y semillas)

Esta categoría incluye los granívoros, aquellos que se alimentan fundamentalmente de semillas de las propias plantas y del suelo[58]. Suelen comer maíz, nueces, esporas, trigo, granos, plantas herbáceas a baja altura, plantas acuáticas, cultivos, raíces, ramitas, hongos, etc. Estas podrían contribuir al control de arvenses (maleza), ayudando a la conservación y/o recuperación de bosques en paisajes transformados.

3.5.2.5. VertFishScav (Vertebrados, peces y carroñeros)

Este grupo está formado por aves que dependen de la disponibilidad y de la dinámica de otros animales como reptiles, serpientes, anfibios, salamandras y peces para alimentarse. Asimismo, pueden alimentarse de carroña y basura[59]. Contribuyen al saneamiento por consumo de cadáveres, regulación de enfermedades, eliminación de residuos y el ciclaje de nutrientes (reciclaje ecológico).

[56] Ibid., pp. 20-21.
[57] Ibid., p. 21.
[58] Ibid., p. 21.
[59] Ibid., pp. 20-21.

3.6. Variables ambientales principales que se han estudiado en torno a la distribución de las aves en las ciudades

Hace más de 30 años se viene abordando el interrogante sobre la relación entre las aves y los diferentes factores que puedan influenciar en su existencia, dinámica, comportamiento y distribución en los territorios. Para demostrar lo anterior, Bustamante *et al.* (1988), en su investigación *Relación entre factores ambientales y la distribución de aves nidificantes en una transición climática templado-mediterránea* deciden trabajar con variables climáticas (precipitación anual, temperatura anual, déficit hídrico, entre otros), variables geográficas (altitud sobre el nivel del mar, superficie de agua), variables relativas a la vegetación (% de superficies ocupada por arbolado, matorral y cultivos) y variables de influencia humana (número de pueblos y número de habitantes)[60]. A partir del análisis de los datos se puede concluir que el principal factor que determina la distribución de las aves en este territorio es el clima, específicamente el déficit hídrico; otros factores ambientales como altitud, presencia de zonas húmedas, estructura de la vegetación y distribución de centros urbanos tienen una influencia secundaria, mientras que la densidad de población humana escasamente tiene alguna influencia[61].

En Colombia se han realizado distintos estudios sobre la relación de las aves y los diferentes factores ambientales, como por ejemplo la tesis realizada por Setina (2019), llamada *Variación del canto de Tyrannus melancholicus (Aves: Tyrannidae) a través de un gradiente de urbanización y su relación con variables ambientales en San José del Guaviare, Amazonia colombiana.* En su documento indica que:

> El ruido puede alterar directamente el canto en las aves, sin embargo, la densidad conspecífica y las interacciones territoriales pueden ser otros factores que influyen. Ahí evaluó sus dos hipótesis: 1) El ruido antrópico asociado al proceso de urbanización provoca cambio en las frecuencias del canto de las aves, 2) La agresividad asociada a la abundancia de individuos provoca cambios en las frecuencias de canto de las aves. La variación del canto estuvo mejor explicada por los encuentros agresivos y la abundancia de individuos no aumentó a través del gradiente urbano. Los hallazgos indican que los parámetros espectrales estuvieron influenciados por el comportamiento, presentándose más encuentros agresivos en ambientes urbanos, lo que motivaba a la especie a cantar con una tonalidad fuerte y a su vez realizar señal de territorialidad[62].

En cuanto a la distribución espacial de aves, Bell (2001) “se refiere a la extensión y localización de los sitios donde está presente una especie”[63]. En relación con los factores que determinan la distribución espacial de una especie están los atributos de la propia

---

[60] BUSTAMANTE, Javier; CALVO, Marta y GAONA, Pilar. Relación entre factores ambientales y la distribución de aves nidificantes en una transición climática templado-mediterránea. En: *Ecología*. 1988, nro 2, p. 259. , pp. 257-268.

[61] Ibid., p. 257.

[62] SETINA LIZ, Victor Julio. Variación del canto de *Tyrannus melancholicus* (aves: Tyrannidae) a través de un gradiente de urbanización y su relación con variables ambientales en San José del Guaviare, Amazonia Colombiana. Tesis de maestría (Estudios Amazónicos). Leticia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonas. Posgrado en Estudios Amazónicos, 2019. p. 9.

[63] BELL, G, 2001, citado por FERRER SÁNCHEZ, Yarelys. Variables que influyen en la distribución y abundancia de rapaces diurnas y en la ubicación de sus sitios de anidación en Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Posgrado en Recursos Naturales, 2015. p. 5.

especie tales como el requerimiento de nicho, la tolerancia ambiental, la especialización al hábitat, la capacidad colonizadora y de persistencia, así como las características del medio que favorecen su ocurrencia temporal o permanente, tales como variables climáticas, la disponibilidad de hábitat, la heterogeneidad ambiental y el alimento[64]. En el caso de las aves, su presencia o ausencia y la forma en que se distribuyen en un espacio geográfico está asociada al hábitat con ciertas variables ambientales que tenga relevancia ecológica para una especie en particular; sin embargo, su patrón de distribución está sujeto a variaciones espaciales y temporales en las que operan condiciones bióticas y abióticas, alteraciones ambientales por efectos antropogénicos y diferencias en las interacciones de especies sobre distintas escalas espaciales[65].

Diversos estudios de relación entre organismos y sus hábitats, han demostrado que los individuos seleccionan dónde van a vivir y que es posible encontrar correlaciones entre la distribución, abundancia, demografía y variables ambientales[66]. Por ello, la selección de un hábitat radica en la heterogeneidad espacial y temporal del ambiente y en la capacidad que tienen los individuos para seleccionar los hábitats que les provean de los recursos necesarios y condiciones ambientales que permitan la supervivencia y reproducción de los mismos[67].

En este sentido, las aves son muy sensibles a los cambios que se producen en su entorno, por tanto, actúan desplazándose y respondiendo ante los cambios medioambientales; por ejemplo, muchas especies de aves ya están respondiendo al cambio climático cambiando su distribución o el momento de acontecimientos clave como la migración[68]. Un ejemplo de ello, es la ciudad de Cali y sus humedales, que se han convertido en hogar de paso para aproximadamente 70 especies de aves migratorias como la reinita de Canadá (*Cardellina canadensis*) y los patos de la Florida (*Spatula discors*), que llegan desde el norte del continente y descansan una breve temporada para continuar su viaje hasta el sur, donde no siempre la migración es por huir del frío hacía el trópicos sino principalmente la búsqueda de alimento[69], al mismo tiempo que durante su rango de distribución huyen de amenazas como la destrucción y transformación de sus hábitats, contaminación, cacería, etc.

De esta manera, se ha encontrado que las variables ambientales y la actividad humana pueden alterar de manera significativa la respuesta de las especies en cuanto a la migración, distribución y abundancia con respecto a las amenazas que enfrentan.

---

[64] BROWN *et al.*, 1995; MORRIS, 1995, citado por FERRER SÁNCHEZ, Yarelys, Ibid., pp. 5-6.
[65] CODY, 1985; BYHOLM *et al.*, 2012, citado por FERRER SÁNCHEZ, Yarelys. Ibid., p. 6.
[66] MORRISON *et al.*, 1998; GUISAN y THUILLER, 2005, citado por FERRER SÁNCHEZ, Yarelys. Ibid., pp. 8-9.
[67] MANLY *et al.*, 2002, citado por FERRER SÁNCHEZ, Yarelys. Ibid., p. 9.
[68] BIRDLIFE INTERNATIONAL. Estado de Conservación de las Aves del Mundo 2022. Enfoques y soluciones para la crisis de la biodiversidad. 2022. p. 15.
[69] GIRALDO OSSA, Viviana. Cali, destino de las aves migratorias [en línea]. Cali: La Alcaldía. Mayo, 13, 2022. [Consultado el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/168963/cali-destino-de-las-aves-migratorias/#:~:text=Cali%20y%20sus%20humedales%20se,su%20viaje%20hasta%20el%20sur.

Las amenazas que actualmente inciden en la degradación del hábitat de las aves en todo el mundo son la expansión e intensificación de la agricultura, la tala de árboles, especies invasoras y otras especies problemáticas, la caza y captura, el cambio climático y condiciones meteorológicas extremas, desarrollo residencial y comercial, incendios y extinción de incendios, producción energética y minería, contaminación, corredores de transporte y servicios, entre otras[70].

Por ello, es necesario que cada una de estas amenazas mencionadas anteriormente se siga estudiando con detalle en todo el mundo para no seguir alterando sus dinámicas y tomar acciones de conservación que permitan disminuir el riesgo de extinción que enfrentan varias poblaciones de aves en la actualidad.

3.7. Sistemas de información geográfica (SIG) y su aplicación en los estudios ambientales-urbanos de aves

Los sistemas de información geográfica, son una de las herramientas más valiosas para trabajar la biogeografía, debido a que posibilita el estudio desde una perspectiva espacio-temporal con enfoque ambiental. Los SIG, aparte de permitir la elaboración de información visual, también generan las bases para realizar un análisis de la información obtenida y representada cartográficamente, a través del seguimiento de variables que permiten evaluar tendencias en la distribución de especies a través de un tiempo y lugar determinado[71].

Actualmente, se han realizado muchos estudios ambientales y urbanos de aves, donde han utilizado esta herramienta, como lo hizo Sucari (2018) en su trabajo de investigación llamado *Sistema de información geográfica para el monitoreo de aves en el Bosque lluvioso de Madre de Dios en la empresa GI Consultores,* donde buscaba evidenciar cómo los SIG pueden mostrar apropiadamente el monitoreo de aves, hasta llegar a ser usado como herramienta para la construcción de planes de conservación; señala que incluso se puede trabajar con más indicadores de diversidad e incluso sobre lo ya realizado crear nuevas variables para la toma de decisiones. También manifiesta la necesidad de un modelo más extenso para la granularidad de datos y la inclusión de nuevos datos como los avistamientos para el establecimiento de rutas de aves que los SIG pueden usar[72].

Por otro lado, Salinas *et al.* (2002), en el artículo científico *Identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas por percepción remota y sistemas de información geográfica,* manifestaron que el uso de imágenes de satélite ofrece, además de la información que dan las fotografías aéreas, características espectrales, espaciales y radiométricas para el inventario de ecosistemas. Indicando que a través de la

[70] BIRDLIFE INTERNATIONAL, Op., Cit., p. 36.

[71] DIAZ, Cristina; Pereyra, Néstor y Coccola, Mariana. Sistema de Información Geográfico para el Monitoreo Poblacional de Aves en Agroecosistemas. En: 1as Jornadas de Latinoamérica y Caribe, Usuarios de gvSIG “cooperar es crecer” (1: 2009, octubre 1: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe). Argentina. 2009. p. 10. Disponible en: http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-lac/1as-jornadas-lac/reports/Monitoreo_de_aves.pdf

[72] SUCARI SUCARI, Emilyn Magaly. Sistema de información geográfica para el monitoreo de aves en el Bosque lluvioso de Madre de Dios en la empresa GI Consultores. Trabajo de investigación (Profesional de Ingeniero de Sistemas). Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Sistemas, 2018. p. 6.

investigación que realizó Elvidge *et al.* (1998), evaluaron la utilidad de las imágenes Landsat MSS (Multispectral Scanner) en estudios sobre la tendencia del vigor de la vegetación de humedales, utilizaron un tiempo determinado a partir de las imágenes para un periodo de 14 años, lo que permitió explicar un ciclo de crecimiento de la vegetación, así como la determinación de las subidas y bajadas en el vigor de la vegetación de humedales relacionados con patrones de precipitación[73].

La anterior investigación concluyó que, la utilización de SIG permitió el manejo eficiente de la información digital cartográfica disponible, así como de los datos sobre humedales interiores que fueron obtenidos durante el transcurso del proyecto, facilitando el análisis integrado entre los sitios de muestreo, usos del suelo, tipos de vegetación y la información resultante de las imágenes Landsat[74].

A partir de estos estudios, se observa la importancia y utilización que han tenido los SIG para diversas investigaciones de fenómenos ambientales, territoriales, sociales, económicos, etc., permitiendo manejar información geográfica, generar información gráfica (mapa) para realizar análisis de problemas y que a su vez sea útil para la toma de decisiones.

[73] SALINAS CASTILLO, Wilver Enrique *et al*. Identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas por percepción remota y sistemas de información geográfica. En: *Investigaciones Geográficas*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Octubre 2002, nro. 49, p. 77. ISSN 2448-7279

[74] Ibid., p. 90.

4. METODOLOGÍA

4.1. Zona de estudio

El presente estudio se localiza en el municipio de Santiago de Cali, ubicado al sur del departamento del Valle del Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central del suroccidente de Colombia; se encuentra situado entre las coordenadas geográficas 3°20′0″ - 3°30′0″ Latitud Norte y 76°24′0″ - 76°38′0″ Longitud Oeste de Greenwich; tiene una extensión aproximada de 562.8 km^2, de las cuales el 21.18% corresponde a la zona urbana, el 75.92% a la zona rural y el 2.9% al suelo de expansión[75]. Limita al norte con Yumbo y La Cumbre, al nororiente con Palmira y al oriente con Candelaria, al sur se encuentra el municipio de Jamundí, al suroccidente el área rural de Buenaventura y Dagua al noroccidente. Su población para el año 2018 era de 2.297.230 habitantes (para una densidad de 4382.05 hab/km^2)[76].

Al estar asentado en el piedemonte del flanco oriental de la cordillera Occidental y sobre la parte plana del margen izquierdo del río Cauca hace que cuente con diversos pisos altitudinales que incluye una zona plana (965 – 1.100 m.s.n.m.), una zona de ladera (1.100 – 2.000 m.s.n.m.) y una zona de montaña (2.000 m.s.n.m. – 4.200 m.s.n.m.), por lo cual ofrece una variedad de temperaturas entre 10 °C - 24 °C como temperaturas medias mensuales entre los Farallones de Cali y el valle geográfico del río Cauca (VGRC), respectivamente. La precipitación varía entre 1.300 mm/año en las áreas planas y alcanza hasta 3.000 mm/año en las partes montañosas. Adicionalmente, Cali es bañada por un buen número de quebradas y ríos, siendo los más importantes: Cali, Aguacatal, Lilí, Meléndez, Cañaveralejo, Pance y Cauca[77].

Las condiciones ambientales mencionadas anteriormente, hacen de Cali un espacio privilegiado por la presencia de ecosistemas existentes como el bosque seco tropical, humedales y madreviejas en el VGRC, por otro lado, bosques altoandinos y páramos en los Farallones de Cali. Esto aporta diversidad de hábitats para distintas especies de plantas y animales, dado que alberga aproximadamente entre el 15% y 20% de las especies de fauna y más del 10% de las especies de flora de Colombia[78].

Con respecto a presencia de árboles, plantas en tamaños y tipos de hojas, flores y frutos, el área urbana cuenta con una riqueza de 448 especies forestales y una abundancia de 291.871 individuos, siendo las especies acacia robinia, palma areca, limón swinglea,

[75] CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Cali en cifras 2022. Santiago de Cali: DAPM, 2022, p. 21.

[76] WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Cali. [Fecha de consulta: 24 abril 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cali&oldid=150543177

[77] ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de Ordenamiento Territorial - POT año 2000, documento soporte. [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Planeación Municipal. 2000. pp. 59-99. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://idesc.cali.gov.co/download/pot_2000/pot_2000_documento_soporte.pdf

[78] ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Una experiencia pedagógica ambiental en Santiago de Cali. Ruta Verde, amigos por naturaleza [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, DAGMA. Mayo, 17, 2013. p. 32. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://issuu.com/natucreativa/docs/cartilla_ecoruta_dagma

caucho, ébano, almendro, chiminango y guayacán rosado las especies predominantes, las cuales se encuentran distribuidas principalmente sobre los andenes, parques urbanos, y escenarios deportivos y culturales de la ciudad[79]. En cuanto a la fauna, son las aves las especies más predominantes con alrededor de 561 especies de aves registradas en la ciudad de Cali[80].

En efecto, la densa red hídrica (formada por quebradas, acequias, ríos, canales, nacimientos y aguas subterráneas, humedales naturales y artificiales) de Cali, hacen que la ciudad tenga un potencial ambiental al constituir corredores naturales para la fauna, por ejemplo, uno de los ecosistemas especiales para las aves es el corredor ambiental del río Cali. También, existen algunos cuerpos de agua como El Pondaje, Charco Azul, Ecoparque Lago de las Garzas, Lago de la Babilla y demás, donde es posible observar aves acuáticas, las cuales se constituyen como indicadoras importantes de los humedales.

A su vez, Cali tiene alrededor de 12.882.423 m^2 de zonas verdes[81] en parques barriales, ecoparques y separadores arbolados en las principales vías de la ciudad, que contienen especies vegetales representativas de bosque seco tropical y que brinda algún recurso a la avifauna, algunos de estos sitios son los ecoparques Písamos, Parque del Acueducto, el campus de la Universidad del Valle, la Hacienda Cañasgordas, el Zoológico de Cali, etc. En la zona periférica de la ciudad se encuentran lugares como el ecoparque Bataclán, La Bandera, El Embudo, Bosque Escondido, entre otros espacios que contienen diversidad de especies de árboles y arbustos que aprovechan ciertas aves.

Mientras que en la zona rural del municipio, se destacan lugares como el ecoparque Río Pance y la reserva natural el Danubio, donde se puede encontrar especies de aves propias de ecosistemas de bosque subandino.

Este estudio se realizó en 24 sitios en la ciudad (13 urbanos, 9 periféricos y 2 rurales), seleccionados por la Asociación Calidris (ver anexo A), a partir de los censos urbanos de aves, que se han hecho desde hace 8 años. Todos estos sitios constituyen lugares importantes para las aves, donde ha sido posible contemplar su diversidad y la importancia de contribuir en la conservación de estos hábitats, para mantener la biodiversidad urbana que a su vez ofrece beneficios a los diferentes espacios que hay en la ciudad y a sus habitantes (ver mapa 1).

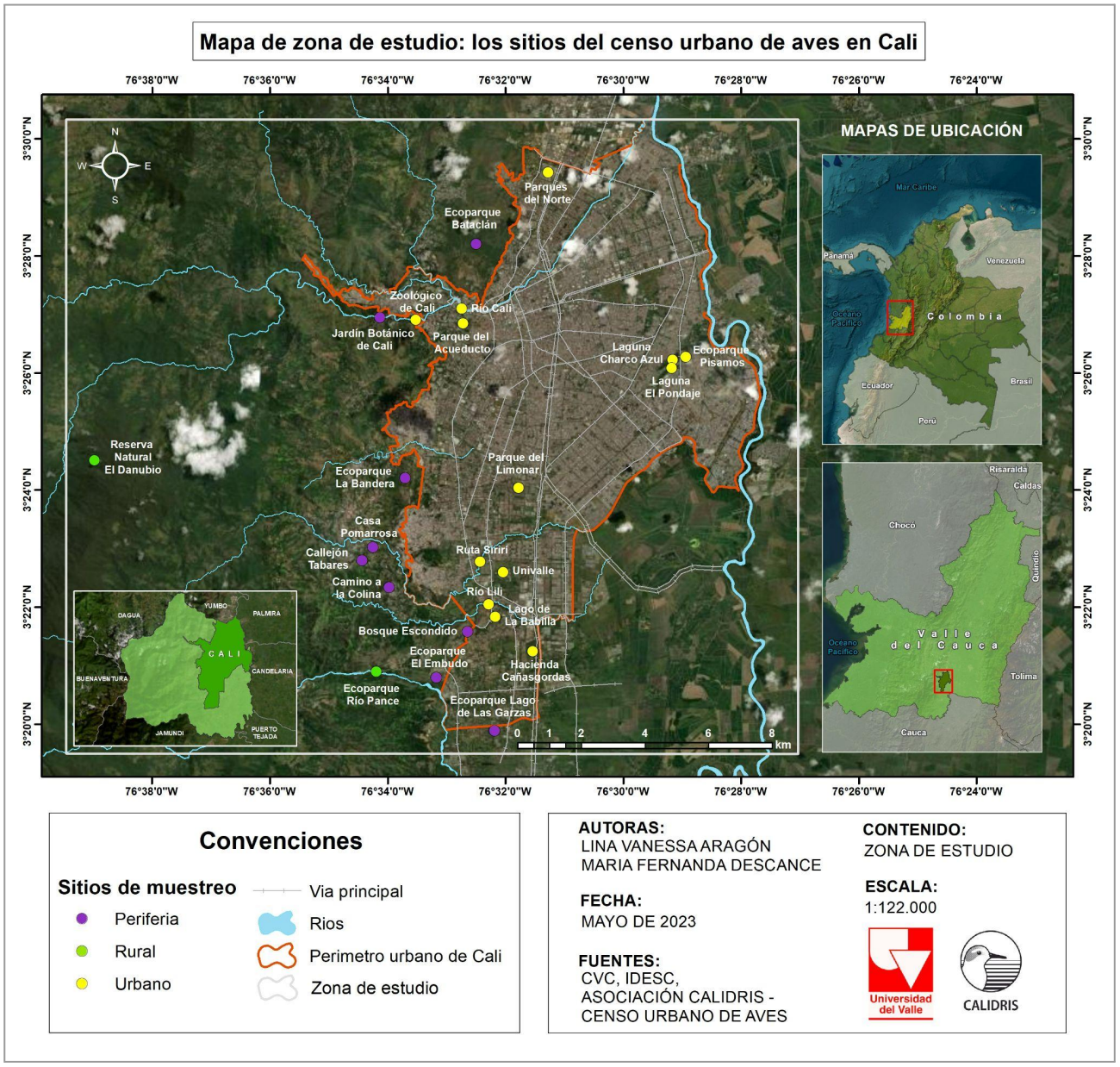
---

[79] OBSERVATORIO AMBIENTAL SANTIAGO DE CALI. Informe ambiental, Cali Cómo Vamos - 2022. [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, DAGMA. Febrero, 01, 2023. p. 34. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/documentos/5527/informes-ambientales/

[80] PALACIO, Ruben Dario, *et al*. Aves del municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. 2017, vol. 18, nro. 2, p. 230. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15

[81] HERNÁNDEZ, María. La atención a las zonas verdes de Cali se realiza durante todo el año [en línea]. Alcaldía de Santiago de Cali. Febrero, 27, 2021. [Consultado el 24 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/serviciospublicos/publicaciones/159210/la-atencion-a-las-zonas-verdes-de-cali-se-realiza-durante-todo-el-ano/

Mapa 1. Zona de estudio.



Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDESC, CVC y Asociación Calidris.

4.2. Aves

Se revisó la base de datos del censo urbano de aves de Cali[82] entre los años 2015 y 2020 recopilado en eBird[83], con ello se sacó la información del total de individuos de aves por año (ver anexo B), además de promedios de individuos de familias y de gremios alimenticios (ver anexo C y D). Posteriormente, se seleccionaron 8 familias representativas de la avifauna de Cali (ver tabla 1) y 5 gremios alimenticios (ver tabla 2)

[82] FALK FERNÁNDEZ, Patricia. Censo urbano de aves, una propuesta de ciencia participativa para Cali. En: CALIDRIS. [sitio Web]. Cali: Asociación para el estudio y conservación de las aves acuáticas en Colombia. Noviembre, 03, 2021. [Fecha de consulta: 19 de mayo 2023]. Disponible en: https://calidris.org.co/2021/11/03/censo-urbano-de-aves-una-propuesta-de-ciencia-participativa-para-cali/

[83] EBIRD. eBird: An online database of bird distribution and abundance [sitio Web]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. [Fecha de consulta: 19 de mayo 2023]. Disponible en: http://www.ebird.org

listados en el conjunto de datos Elton Traits 1.0 propuesto por Wilman *et al*. (2014)[84]. Aunque se compiló la información de seis censos por sitio, en este caso se presentan los datos del 2020 para el análisis de distribución de las aves, con respecto a algunas características ambientales del hábitat.

Tabla 1. Familias evaluadas en el presente estudio.

Familias de aves		
Nombre común	**Nombre científico**	**No. de especies**
Gavilanes	Accipitridae	6
Paloma	Columbidae	10
Pavas	Cracidae	2
Reinitas	Parulidae	14
Loros	Psittacidae	9
Tángaras	Thraupidae	30
Colibríes	Trochilidae	23
Atrapamoscas	Tyrannidae	44

Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Asociación Calidris.

Tabla 2. Gremios alimenticios evaluados en el presente estudio.

Gremios alimenticios de aves		
Categorías	**Familias**	**Número de especies**
FruiNect (Frugívoros y nectarívoros)	Cardinalidae, Coerebidae, Columbidae, Cotingidae, Cracidae, Icteridae, Pipridae, Psittacidae, Ramphastidae, Thraupidae, Trochilidae, Trogonidae, Turdidae y Tyrannidae	62
Invertebrate (Invertebrados)	Accipitridae, Anatidae, Apodidae, Ardeidae, Cardinalidae, Charadriidae, Cinclidae, Cotingidae, Cuculidae, Dendrocolaptidae, Falconidae, Formicariidae, Furnariidae,	137

[84] WILMAN, Hamish, et al. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals [Base de datos en línea]. En: *Wiley*. Ecological Society of America. Julio 2014, vol. 95, nro. 7, p. 2027. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.3306933.v1

	Hirundinidae, Icteridae, Jacanidae, Mimidae, Momotidae, Nyctibiidae, Parulidae, Picidae, Podicipedidae, Polioptilidae, Recurvirostridae, Rhinocryptidae, Scolopacidae, Strigidae, Thamnophilidae, Thraupidae, Threskiornithidae, Troglodytidae, Trogonidae, Turdidae, Tyrannidae y Vireonidae	
Omnivore (Omnívoros)	Alcedinidae, Anatidae, Aramidae, Ardeidae, Columbidae, Corvidae, Cotingidae, Cuculidae, Emberizidae, Falconidae, Icteridae, Odontophoridae, Pipridae, Psittacidae, Rallidae, Ramphastidae, Thraupidae, Tinamidae, Turdidae y Tyrannidae	43
PlantSeed (Plantas y semillas)	Anatidae, Columbidae, Emberizidae, Fringillidae, Icteridae, Odontophoridae, Picidae, Psittacidae, Rallidae	33
VertFishScav (Vertebrados, peces y carroñeros)	Accipitridae, Alcedinidae, Anhingidae, Ardeidae, Cathartidae, Falconidae, Phalacrocoracidae	18

Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Asociación Calidris.

4.3. Variables ambientales

Primeramente se inició la búsqueda de información espacial sobre variables ambientales trabajadas en Cali, para así poder conocer qué información ha sido producida sobre la ciudad por las entidades encargadas, que nos pudieran ayudar al desarrollo de la investigación, y donde se encontró mucha información valiosa y se consolidó una base de datos de la siguiente forma (Tabla 3):

Tabla 3. Información secundaria recogida.

Fuente de información	Categoría	Temática del archivo	Año	Consultada en
POT 2014	Movilidad y Ambiental	Jerarquización vial y estructura ecológica municipal	2014	IDESC

Secretaría de Movilidad	Transporte terrestre	Red de cicloinfraestructura	Sin fecha	IDESC
Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA)	Agua, arbolado urbano, ruido e islas de calor	Índice de calidad del agua, índice de calidad ambiental de los humedales, censo arbóreo, quejas de ruido, temperatura superficial	2018, 2019, 2021, 2018, 2015	IDESC
Expediente municipal	Ambiental Sostenibilidad	Número de árboles por comuna y por habitante, ruido los fin de semana día y noche, en semana día y noche	2015	IDESC
Análisis de movilidad motorizada	Infraestructura vial	Tipo de pavimento	2015	IDESC
Marco Geoestadístico Nacional	Clasificación temática	Sector urbano	2021	IDESC
DAGMA	Ambiente y Desarrollo Sostenible	Censo arbóreo	2019	DAGMA
Cali en cifras	Densidad de vivienda	Densidad de vivienda por comuna y por barrio	2005 y 2016	IDESC
Subdirección de Catastro Municipal	Geodatabase rural y urbano	Construcciones	2022	Geoportal Catastral
Global Land Analysis & Discovery	Global Forest Canopy Height	Altura del bosque	2019	GLAD
United States Geological Survey (USGS)	Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2	2015-2022	USGS, Landsat 8, Earth Engine Data Catalog

Fuente: Elaboración propia.

A partir de una revisión bibliográfica sobre estudios de aves en las ciudades y al estar en constantes reuniones con expertos de Calidris, finalmente se tomó la decisión de trabajar con las siguientes variables (Tabla 4):

Tabla 4. Variables escogidas.

Variable	Campo de visualización	Tipo de dato	Consultada en
Construcción (2022)	Densidad (# de predios/área)	Geodatabase	Geoportal Catastral
Ruido (2015)	Ruido semana diurno - Decibeles (dB)	Raster	IDESC
Censo arbóreo (2019) y Altura del dosel forestal mundial (2019)	Altura de árbol (metros)	Shapefile y TIFF	DAGMA-GLAD
NDVI (2015-2022)	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	TIFF	USGS, Landsat 8, Earth Engine Data Catalog

Fuente de datos: Alcaldía de Cali, GLAD y Landsat 8.
Datos procesados: en el software ArcGIS y Google Earth Engine.

Posterior a haber realizado la búsqueda de la información cartográfica, se procesó la información de las variables construcción, ruido y censo arbóreo en el software ArcGIS 10.8 y la variable NDVI en la plataforma en línea Google Earth Engine.

Para lograr observar de una forma más contundente que zonas de la ciudad cuentan con poca, moderada y mucha cantidad de construcciones, ruido y censo arbóreo, se buscó generar rásteres que enseñarán esto, a través de una intensidad de colores, donde mostrará cómo está la distribución de las variables dentro y alrededor del casco urbano. Para estas variables se realizaron los siguientes procedimientos:

4.3.1. Construcción

Para obtener la densidad de construcción a partir de la geodatabase obtenida del Catastro, se procede a iniciar la limpieza de la tabla de atributos de los shapefiles de construcción tanto de la zona urbana y rural, dejando únicamente las columnas Objectid 1; Comuna; Barrio; Manzana; Terreno; Predio; Numepred; NPisos; Shape Leng y Shape Area. Seguido a esto, se reparó la geometría de las capas, para poder convertir estos shapefiles de polígonos a puntos, y se realizó un *merge* entre lo urbano y lo rural, obteniendo una sola capa para toda la zona de estudio.

Por último, se realiza la función de densidad de puntos (*point density*) a la capa de construcción de la zona de estudio, sin aplicarle ningún campo, el tamaño de celda es de 30x30 m.

4.3.2. Ruido

Los archivos de ruido proporcionados por el IDESC, se encuentran separados por: ruido semana diurno, ruido semana noche, ruido fin de semana diurno, ruido fin de semana noche, pero se decidió trabajar únicamente con el shapefile de ruido semana diurno, debido a que se consideró el momento de toda la semana donde existen los más altos decibeles de ruido en la ciudad. Cabe mencionar que la información de esta variable se encontró solo para el perímetro urbano de Cali.

El único procedimiento que se le realizó al shapefile de ruido escogido, fue convertirlo en un raster poniendo como campo la columna nivel sonoro continuo equivalente (*laeq_db*a), se definió un tamaño de celda de 30x30 m.

4.3.3. Altura de árboles

Se trabajó con el censo arbóreo del 2019, que contiene la zona urbana de Cali y fue tomado del DAGMA, y para la zona rural se trabajó con el raster de altura forestal de la zona de sudamérica tomado de Global Forest Canopy Height del año 2019 en GLAD y se hizo un recorte para el área de estudio.

Se trabajó con la herramienta *Cell Statistics*, se combinaron los dos ráster urbano y rural, donde se usó el mayor valor de altura de los árboles entre estos, y adicionalmente se configura la extensión y el tamaño de celda con el raster de altura forestal, obteniendo un ráster con toda la información de la zona de estudio.

4.3.4. NDVI

Con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se busca tener un indicador de la salud de la vegetación de la zona de estudio, la cual ayuda a diferenciar los tipos de vegetación que existen y a diagnosticar su estado general. Por ello, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Para obtener el NDVI (rásteres) de los años 2015 al 2022 en Google Earth Engine, se usó desde el catálogo de la plataforma, la colección de Landsat 8 (LANDSAT/LC08/C02/T1_L2) junto con su código editor.

Primero, a la colección de imágenes se le aplicó un filtro del 80%, para que dejará únicamente las imágenes con un menor porcentaje de nubes y una máscara de nubes, en seguida se calculó la diferencia normalizada entre NIR y red.

Posteriormente, se extrajo la capa de NDVI de cada imagen de la colección y se creó una multicapa de NDVI, y se consiguió el NDVI por cada año (colecciones anuales) con la

filtración por fecha desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre. Además, se crearon buffers de 500 m alrededor de los sitios, se sacó la información espectral a una escala de 30 con geometría y se filtró a la zona de estudio; obteniendo como resultado, una imagen de NDVI de cada año (2015-2022) como archivo tipo TIFF.

4.4. Relación entre aves y variables

El motivo de generar buffers, es para enfocar el estudio específicamente en el lugar y en su entorno más próximo, y de esta manera entender bajo qué características habitan las aves encontradas en cada sitio. Mientras que, la estadística zonal permite obtener las estadísticas referentes a cada variable. Por otro lado, la unión ayuda a la incorporación de información de un archivo a otro, en este caso aves con variables, a partir de un atributo común que se comparte entre dos conjuntos de datos. Para conseguir lo mencionado anteriormente, se decide efectuar el siguiente procedimiento:

Inicialmente se decidió realizar buffers de 500 m y 1500 m alrededor de los sitios, debido a la longitud de los transectos que normalmente se realizan en los lugares del censo urbano de aves.

Al intentar realizar la estadística zonal, se observó que los datos de los buffers estaban sobrepuestos, por esta razón, se buscó generar una solución a la pérdida de información que se estaba presentando, para que cada buffer quedara con la información completa. Por lo anterior, se realizó la separación de todos los buffers con la herramienta *Split By Attributes* con el campo Sitio, donde se obtuvieron shapefiles de cada buffer.

A continuación, se realizó la unión de todos los buffers anteriormente separados, logrando tener dos archivos de unión: uno con los buffers de 500 m y otro con los buffers de 1500 m. Después, se organizó la información en un archivo excel.

Seguidamente de haber logrado solucionar lo dicho antes, se usó la herramienta de ArcGIS *Zonal Statistics as Table*, para cruzar y extraer la información de las variables a partir de los buffers, la cual generó una serie de estadísticas como el valor del área; máximo; mínimo; rango; media; desviación estándar y suma, para cada zona de influencia de 500 m y 1500 m, trabajando finalmente con la media de cada sitio y del en torno del sitio. De esta manera, se obtuvo una tabla con las estadísticas de la información relacionada (ver anexo E).

Con la herramienta *Join* se unió la información que arrojó la herramienta *Zonal Statistics as Table* de las variables con los datos de las aves por familia, alimento y total de aves, solo teniendo en cuenta datos del año 2020 (ver figura 1), consiguiendo la información organizada en un archivo excel para crear gráficos y obtener el coeficiente de determinación (R^2) (ver anexo F), que permitió leer la correlación de ambos datos.

Figura 1. Método de relación.

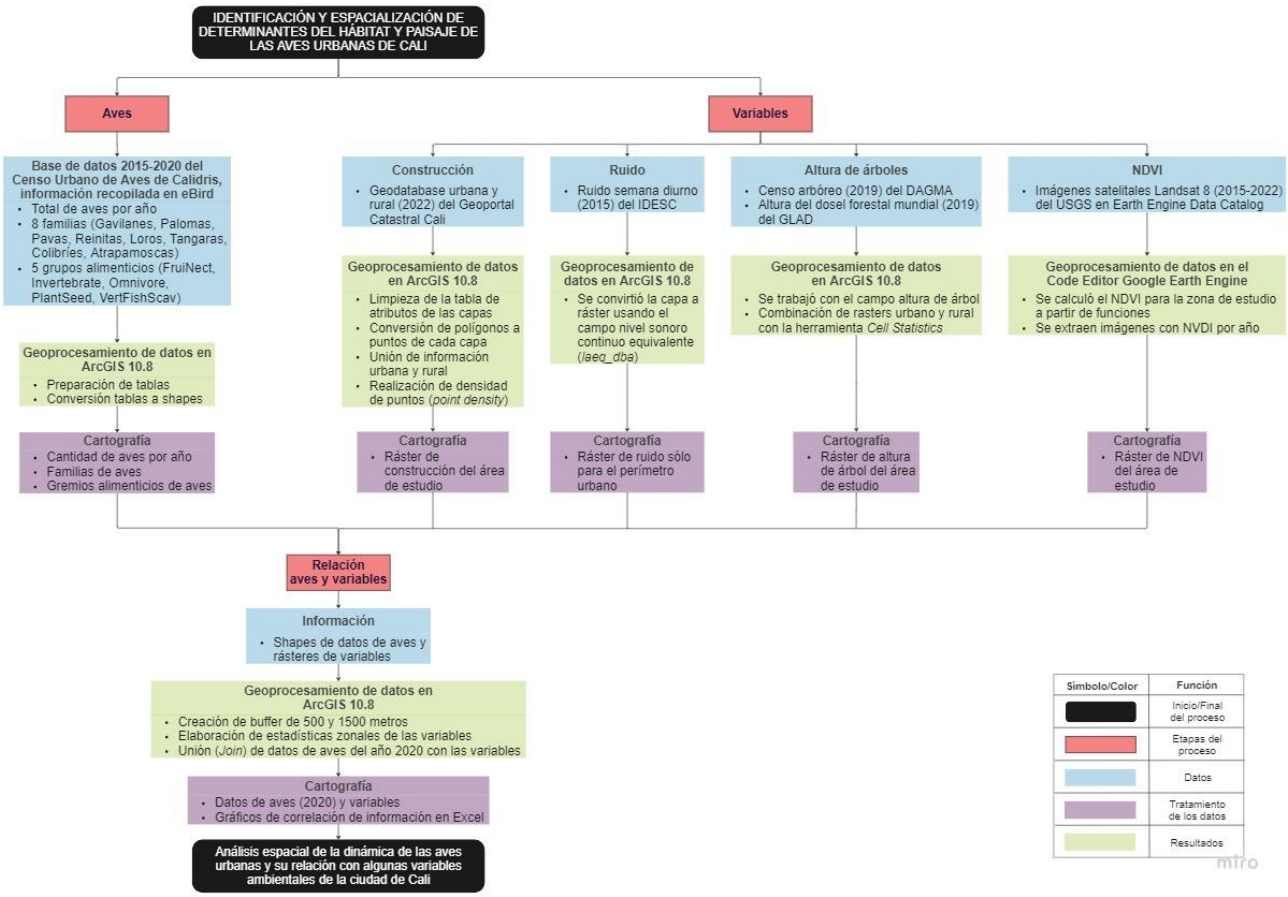


Fuente: Elaboración propia.

4.5. Diagrama de flujo

Para comprender de manera más simple el relacionamiento de la metodología, se diseñó el siguiente diagrama de flujo (ver figura 2):

Figura 2. Diagrama de flujo de metodología.



Fuente: Elaboración propia.

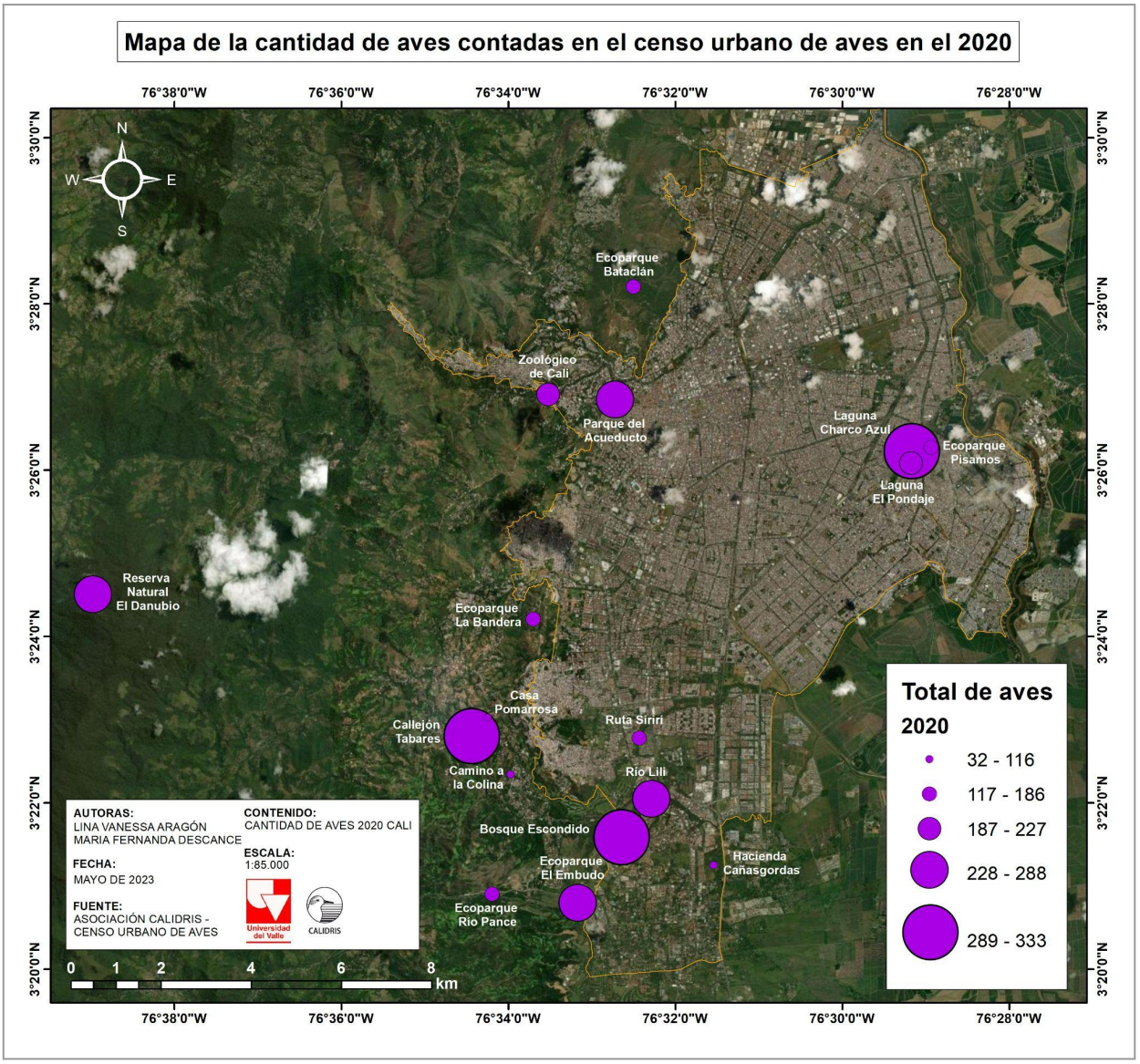
5. RESULTADOS

5.1. Aves

5.1.1. Total de aves

Para el año 2020 se realizó el censo en 17 sitios y se registró un total de 3.632 individuos (ver anexo B). Se encontró que el lugar con menor registro de aves fue en la Casa Pomarrosa con un total de 32 individuos de aves, mientras que, los lugares con mayor cantidad de aves son la Laguna de Charco Azul, Bosque Escondido y Callejón Tabares con 323, 330 y 333 aves registradas respectivamente, éstas son el 27,1% del total individuos de aves en todos los sitios del censo. De manera general, se visualiza un gran número de aves en el sur de la ciudad y en los lugares donde se encuentran cuerpos de agua como ríos y humedales, el resto de los sitios cuentan con una cantidad de aves relativamente media o baja (ver mapa 2).

Mapa 2. Total de aves en el 2020.



Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Asociación Calidris.

5.1.2. Familias

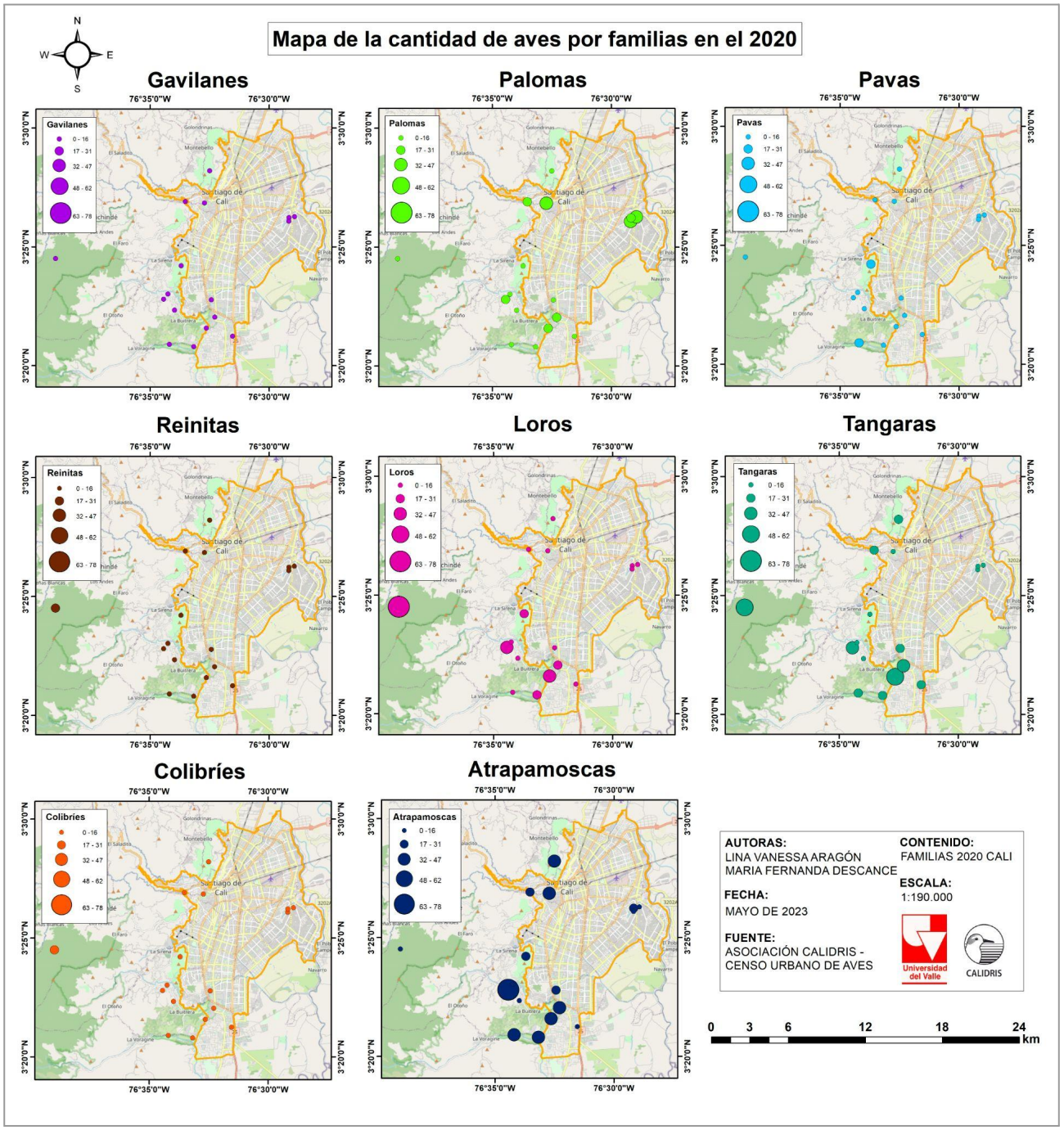
En los datos de las familias para el 2020, se halló que las palomas, las tángaras, las atrapamoscas y los colibríes fueron las únicas familias que estuvieron presentes en todos los hábitats (17 sitios).

Para los gavilanes, el lugar con mayor registro fue el Zoológico de Cali con 4 gavilanes y los lugares con menor registro fueron Casa Pomarrosa, la Reserva Natural El Danubio y el Parque del Acueducto con un registro de 0 gavilanes. En el caso de las palomas, el Parque de Acueducto es donde se obtuvo el mayor registro (37 palomas), mientras que en la Reserva Natural El Danubio únicamente se registró 1 de ellas. En cuanto a las pavas, el mayor conteo se realizó en el Ecoparque Río Pance con un total de 21 pavas y el menor conteo fue de 0 pavas en 7 lugares como Casa Pomarrosa, Ecoparque Písamos, Laguna Charco Azul, etc. Con respecto a las reinitas, el lugar con el dato más alto fue en la Reserva Natural El Danubio con 34 reinitas y el dato más bajo lo tienen la Casa Pomarrosa y el Ecoparque de la Bandera con 0 reinitas.

Por otro lado, los loros tuvieron el mayor registro (78 loros) en la Reserva Natural El Danubio y el menor registro en la Casa Pomarrosa, Ecoparque Río Pance y Laguna El Pondaje (0 loros). Sobre las tángaras, en la Reserva Natural El Danubio y Bosque Escondido contaron 62 de esta familia, y en el Ecoparque Písamos y Laguna Charco Azul contaron solo 5 tángaras. Con relación a los colibríes en la Reserva Natural El Danubio se registraron 18 y en Casa Pomarrosa, Ecoparque Písamos y Laguna Charco Azul se registraron solo 1 colibrí por sitio. Por último, las atrapamoscas tuvieron el dato más alto en el Callejón Tabares con 74 de ellas y el dato más bajo fue en la Casa Pomarrosa con únicamente 2 atrapamoscas.

De manera general, los gavilanes (1.4%) fueron los que menos cantidad tenían en cada lugar en comparación con las demás familias; las pavas (4,9%) fueron quienes más tuvieron una presencia nula en muchos sitios; seguido los colibríes (5,1%) y las reinitas (5,9%) con una presencia relativamente baja, pero con más presencia que las anteriores mencionadas; luego los loros (15,9%) con un registro moderado; y por último las palomas (17,4%), las tángaras (23,2%) y las atrapamoscas (26,2%) son las familias más numerosas para el 2020 (ver mapa 3).

Mapa 3. Familias 2020.



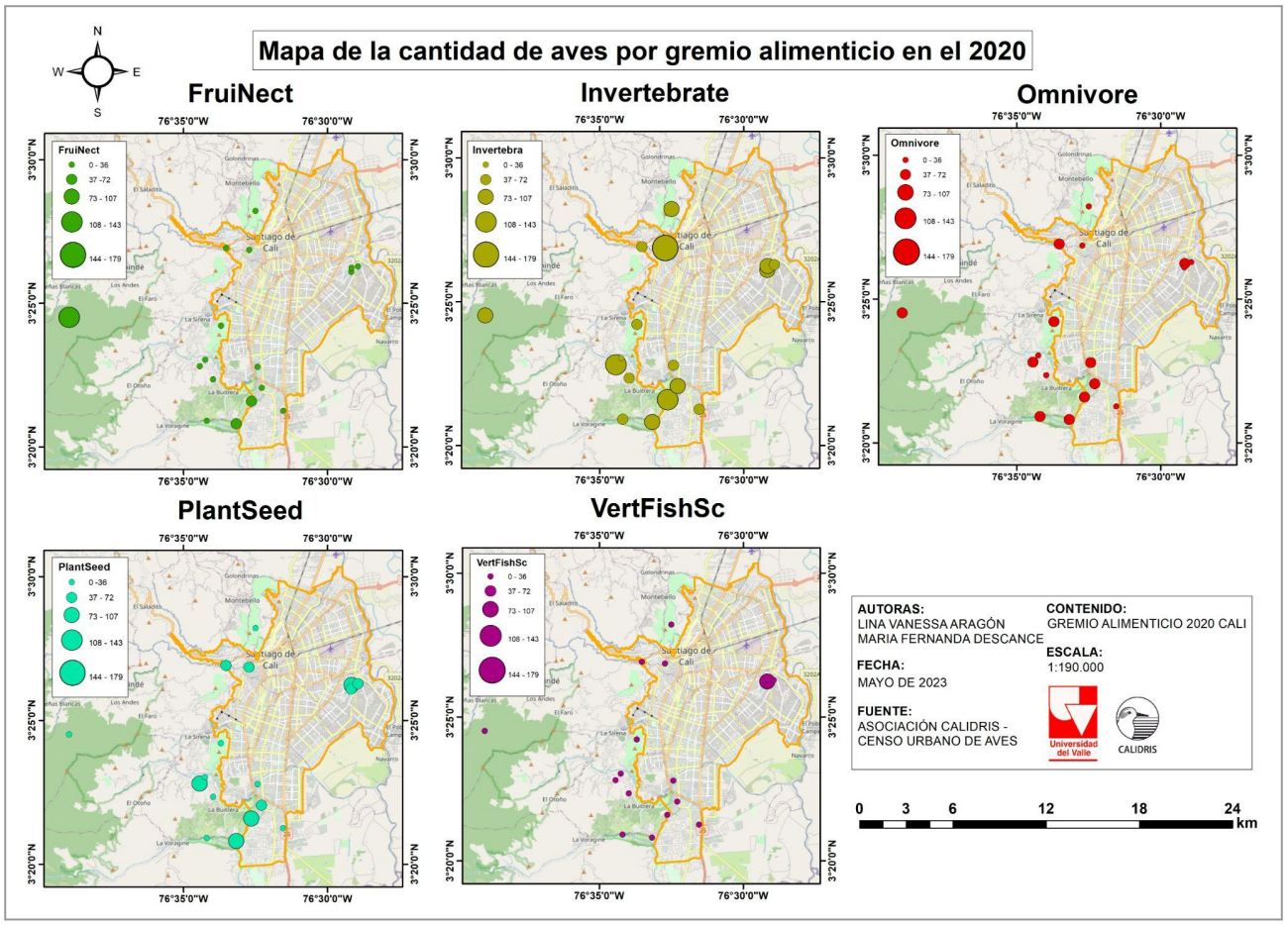
Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Asociación Calidris.

5.1.3. Gremios alimenticios

En los gremios alimenticios para el 2020, se obtuvo que en primer lugar el 38,4% de las aves censadas consumen invertebrados (Invertebrate), el segundo gremio con un 22,1% consumen plantas y semillas (PlantSeed), y el tercer gremio con un 18,7% consumen omnívoros (Omnivore). Los demás gremios estuvieron menos representados con el 12,2% consumen frutas y néctar (FruiNect) y el 8,5% consumen peces, carroñeros y vertebrados (VertFishSc). El gremio trófico más representativo y numeroso es *Invertebrate* con un total de 1.392 individuos, siendo el dominante de la zona de muestreo y el menos numeroso es

el VertFishSc con un total de 309 individuos (ver mapa 4). Por lo mencionado antes, se evidencia la importancia de estos grupos funcionales al ofrecer servicios ecosistémicos tales como la polinización, la dispersión de semillas y frutos, el control de plagas, la depredación de animales y el saneamiento de cadáveres, etc.

Mapa 4. Gremios alimenticios 2020.



Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Asociación Calidris.

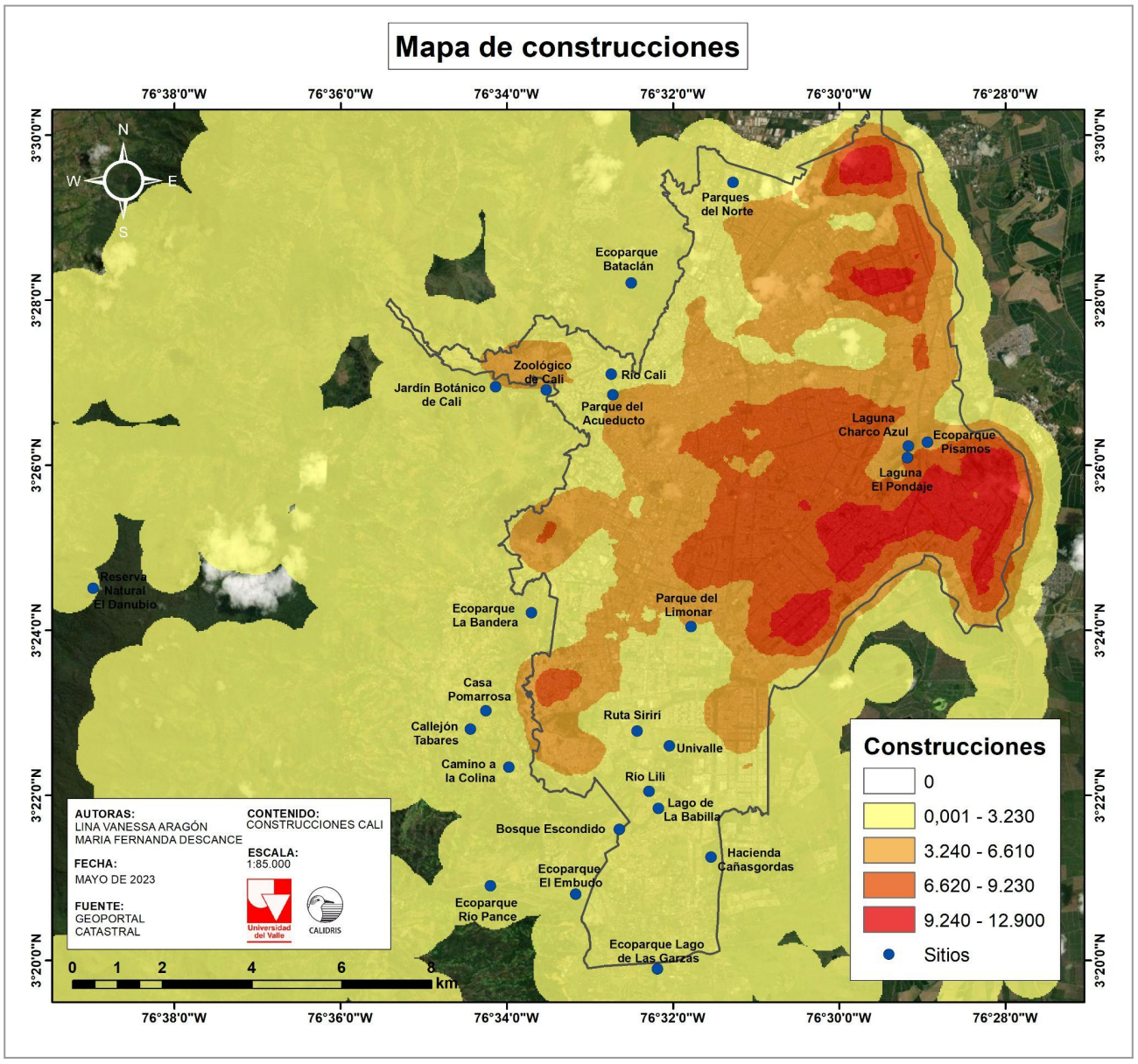
5.2. Variables ambientales

5.2.1. Construcción

La variable de construcción muestra que la zona que presenta una muy alta densidad de predios y edificaciones, es en el oriente y en algunos sectores del norte de la ciudad; una alta y moderada intensidad se presenta en la zona del centro, el norte y algunas zonas del oeste; mientras que al sur y la zona rural se visualiza la intensidad más baja con construcciones más dispersas y en menos cantidad (ver mapa 5). Esto se puede entender, debido a que en la zona oriente y norte existe una alta densidad poblacional en comparación con el resto de la ciudad y no hay casi zonas verdes, mientras que la zona sur y oeste cuenta con más lugares como parques y ecoparques, en tanto que la zona rural aún continúa un poco alejada de las dinámicas y el crecimiento urbano.

La mayoría de los sitios del censo urbano se encuentran en las áreas que cuentan con una densidad baja de construcciones a excepción de la Laguna Charco Azul, Laguna del Pondaje, Ecoparque Písamos, Parque del Acueducto, Parque del Limonar y el Zoológico de Cali, que están en áreas de densidad moderada. Ningún sitio está dentro de las densidades catalogadas altas.

Mapa 5. Construcciones.



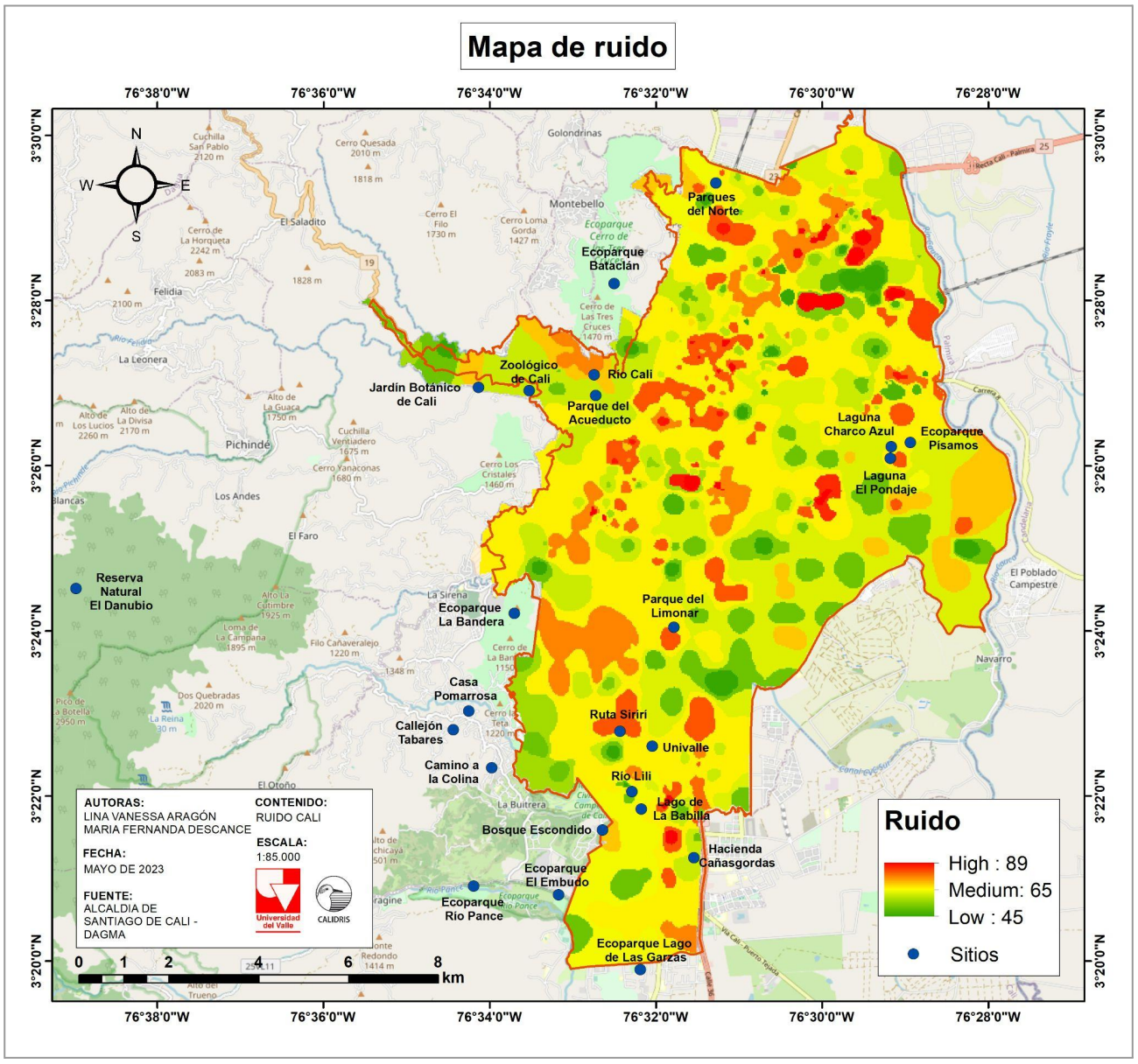
Fuente: elaboración propia a partir de datos del Catastro.

5.2.2. Ruido

La variable ruido indica que las zonas con más dB son el centro y norte de la ciudad, esto debido a que en el centro se encuentra la zona comercial más grande de la ciudad, y el norte por la cercanía con la zona industrial. También, se registraron los picos más altos en las vías principales de la ciudad como la calle 5ta, la Simón Bolívar y la salida de la ciudad por el sur (ver mapa 6).

A pesar de que la variable no cubre 9 de los sitios del censo, la mayoría de los otros lugares se encuentran en zonas con nivel de dB bajo y moderado, menos sitios como El Parque del Limonar, Ruta del Sirirí, Río Cali y Laguna El Pondaje, que tienen dB altos. La ciudad en su mayoría se encuentra a un nivel de dB moderado, con pequeñas áreas en niveles altos y bajos de nivel sonoro.

Mapa 6. Ruido.



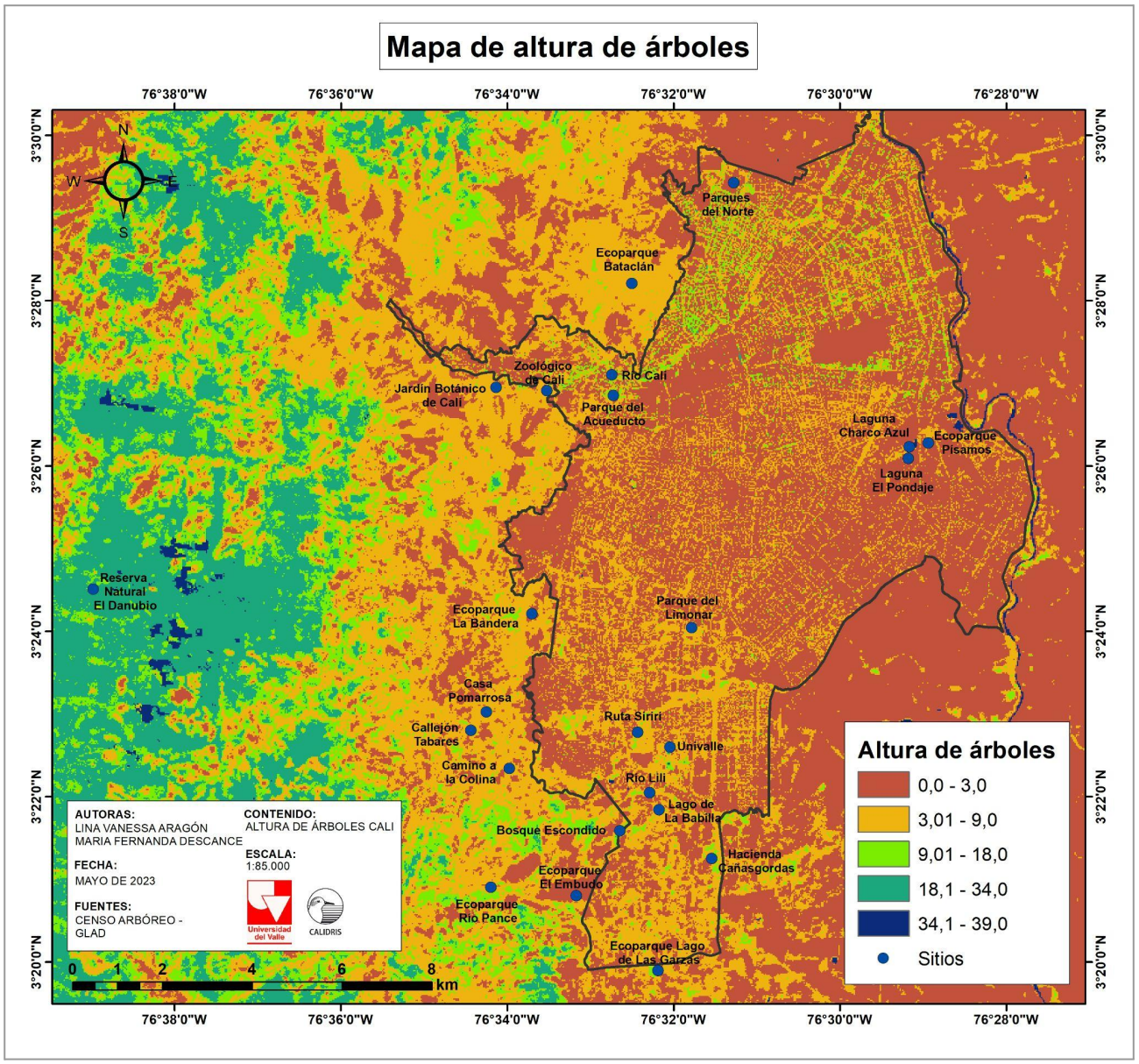
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Alcaldía de Santiago de Cali.

5.2.3. Altura de árboles

La variable altura de árboles, indica que los árboles más altos se encuentran en la zona rural en comparación al casco urbano, donde el dosel es relativamente bajo; mientras que en la periferia se puede apreciar algunas zonas con un dosel moderado, ahí es donde se presentan las zonas de área verdes importantes como los parques, zonas de reserva, ecoparques y algunos ríos que atraviesan la ciudad (ver mapa 7). El único sitio que se encuentra en el rango más alto de la altura de árboles es la Reserva Natural El Danubio,

los demás lugares se encuentran dentro del rango más bajo. Esto se debe al crecimiento continuo de la ciudad, ya que ha implicado la pérdida constante del arbolado y a las condiciones en las que está la zona urbana, porque no hay un desarrollo óptimo para la mayoría de los árboles.

Mapa 7. Altura de árboles.



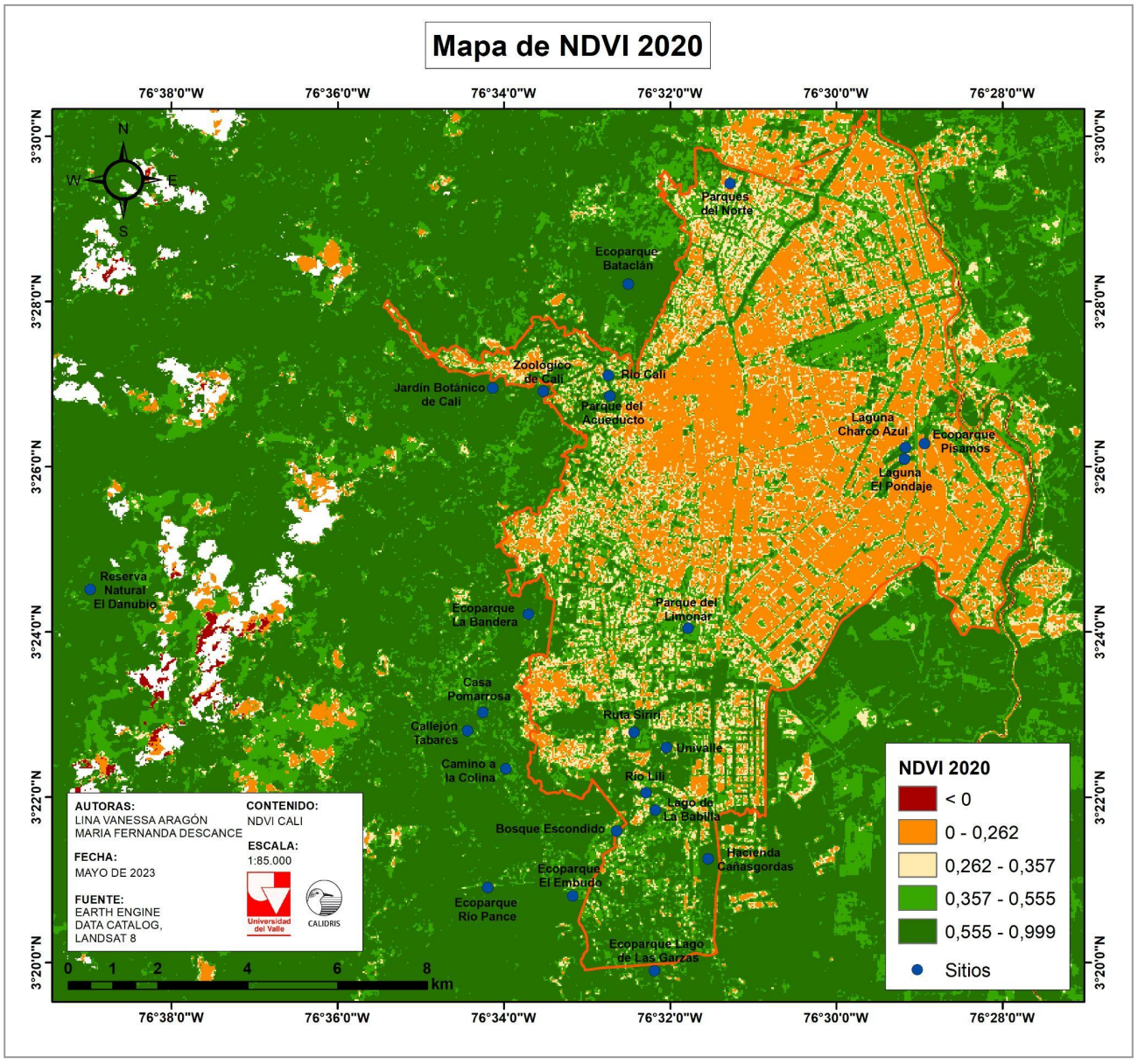
Fuente: elaboración propia a partir del censo arbóreo y GLAD.

5.2.4. NDVI

En la variable de NDVI, se encuentra que la zona urbana tiene predominantemente un índice de vegetación menor a 0.3, haciendo referencia a las construcciones en su mayoría, a excepción de la zona sur, que cuenta con un índice de vegetación bastante alto, debido a que allí existen muchas áreas verdes, la zona de expansión urbana y además de la base aérea, las cuales también muestran un índice alto. Por otro lado, la zona rural cuenta con los mayores índices de vegetación y en algunos lugares específicos como las cabeceras de los corregimientos tiene un índice bajo entre 0 a 0.2 (ver mapa 8).

A pesar de lo dicho anteriormente sobre el índice de vegetación predominante, se puede visualizar que las áreas en las que están los sitios del censo son lugares donde mínimamente hay un índice de vegetación alto y muy alto dentro de la ciudad con entornos de índices bajos, a excepción de Parques del Norte, que está directamente sobre un índice de vegetación menor a 0.3.

Mapa 8. NDVI.



Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Landsat 8.

5.3. Relación entre aves y variables ambientales

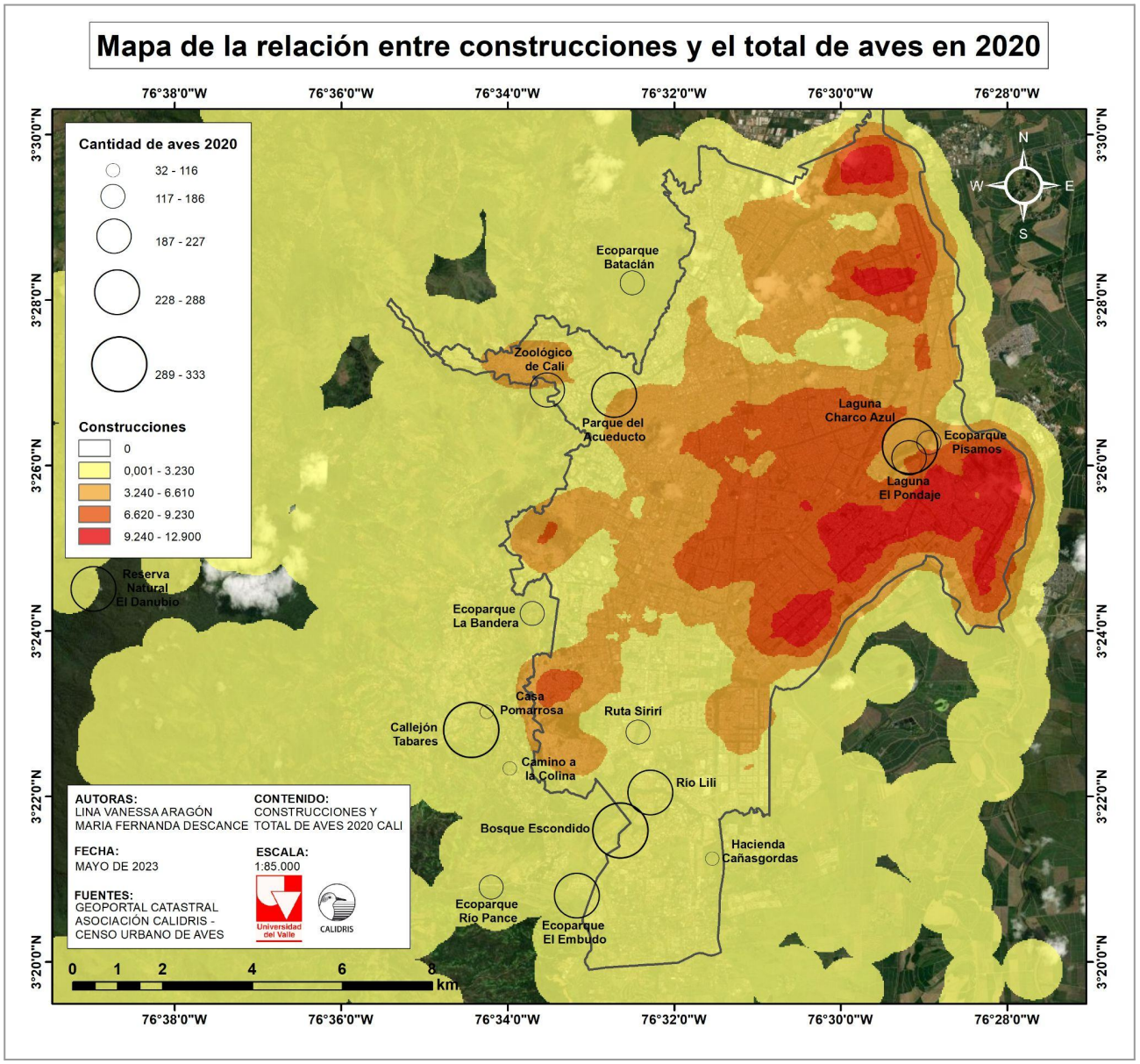
Para relacionar las aves y las variables ambientales, se tomó la decisión de mostrar únicamente los resultados del año 2020 para el total de aves, familias Thraupidae (Tángaras) y Columbidae (Palomas), y solo el gremio alimenticio *invertebrate,* ya que son algunas de las más representativas de la zona de estudio. Se decidió esto, debido a que serían demasiados los resultados por cada familia y gremio.

5.3.1. Construcción y total de aves

La relación entre la variable construcción y todas las aves en general, indica que el incremento de urbanización en el centro y oriente de Cali, puede de alguna manera afectar la conectividad de las aves, sobre todo en áreas como las lagunas y el Ecoparque Písamos, que son las que están más rodeadas de edificaciones y predios; a pesar de ello, no parece ser un impedimento total por ahora para las aves, el desarrollarse en lugares que les ofrezcan lo necesario, aunque su entorno sea agreste. Los demás sitios se posicionan en zonas con densidades relativamente bajas de construcciones y con registros tanto altos como bajos (más altos que bajos) de aves (ver mapa 9).

Las aves revelan una correlación débil con la densidad de construcción tanto a un radio de 500 m (R^2=0,0108) como a un radio de 1500 m (R^2=0,0026) (ver anexo F), evidenciando de manera clara que hay más cantidad de aves en lugares menos urbanizados.

Mapa 9. Relación entre construcciones y el total de aves 2020.



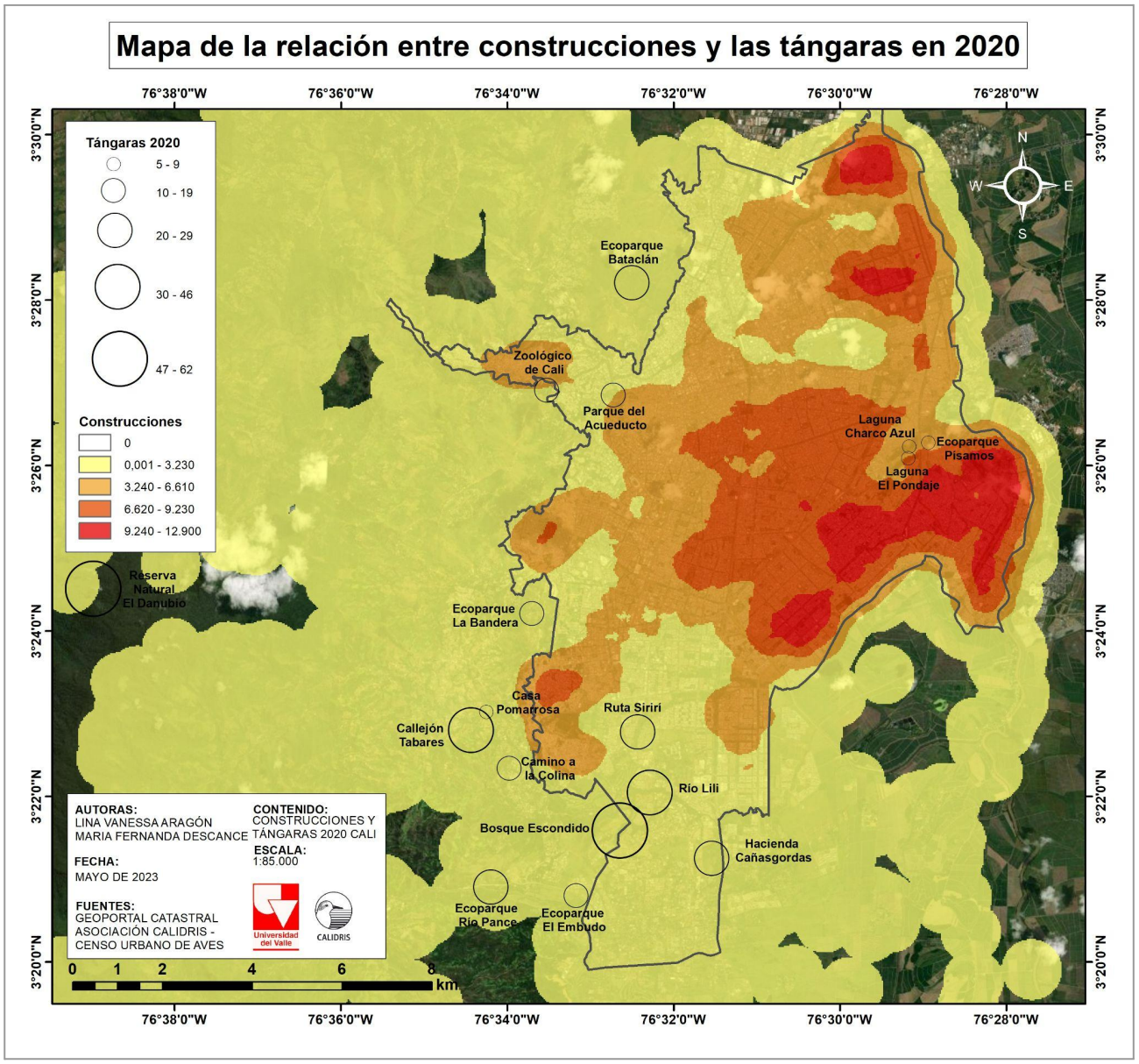
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Catastro y la Asociación Calidris.

5.3.2. Construcción y tángaras

La relación entre la variable construcción y la familia Thraupidae (Tángaras), enseña que a mayor el nivel de urbanización, menor número de tángaras presentes en el área, y se puede relacionar con los procesos de crecimiento urbano y la disminución de la vegetación alrededor de la ciudad, como se ve en los sitios que están al oriente de Cali, donde máximo se han contado 9 tángaras (una cantidad baja). Por otro lado, en los sitios del sur, la periferia y la zona rural la cantidad de tángaras varía entre 10 y 62 de esa familia (cantidad moderada y alta), a excepción de la Casa Pomarrosa (ver mapa 10).

La correlación entre la familia tángaras y la densidad de construcción, muestra una correlación moderada a un radio de 500 m (R^2=0,3005) y a un radio de 1500 m (R^2=0,3605) (ver anexo F), por ende, hay más tángaras en sitios poco construidos.

Mapa 10. Relación entre construcciones y las tángaras 2020.



Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Catastro y la Asociación Calidris.

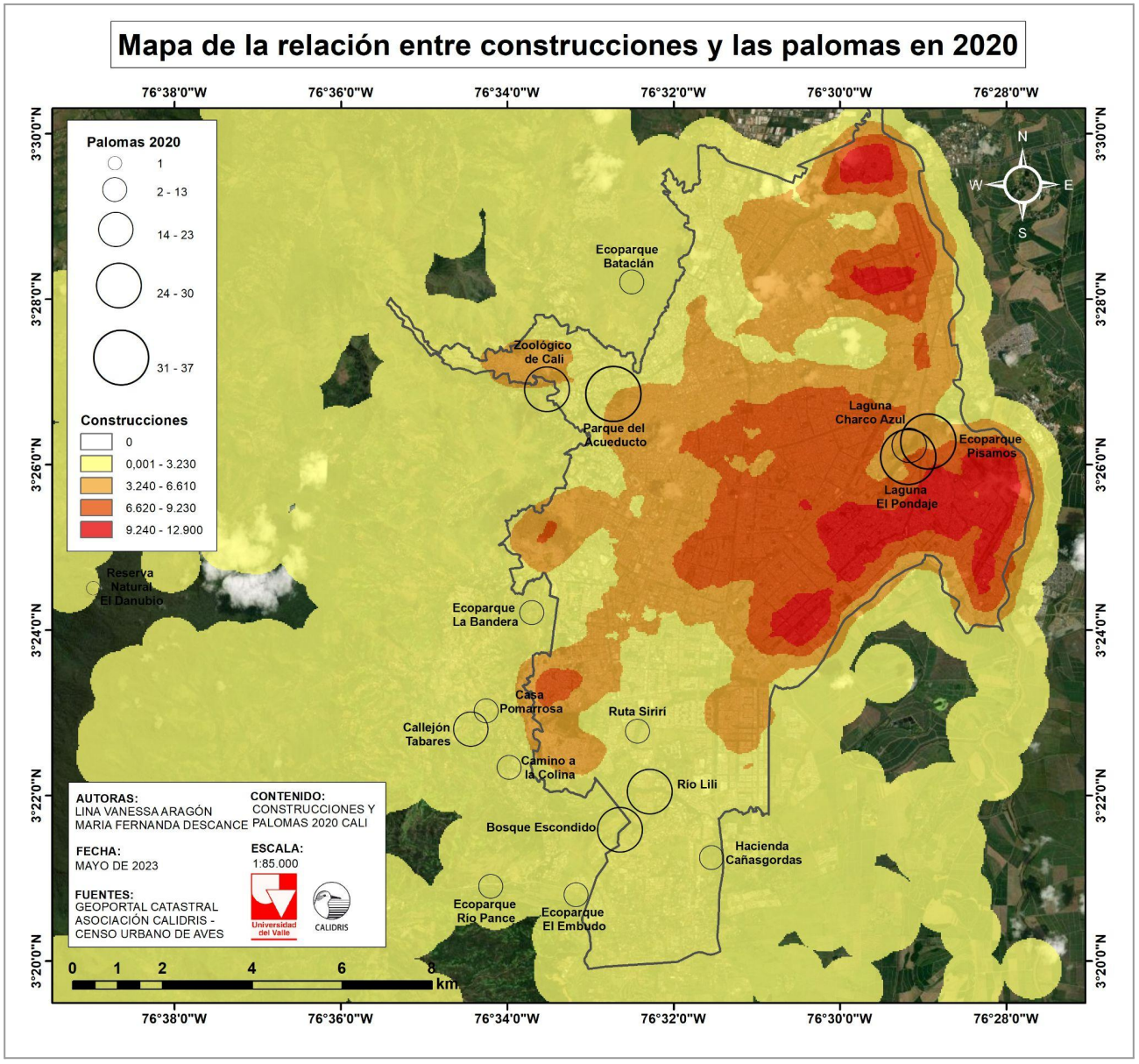
5.3.3. Construcción y palomas

En la relación entre la variable construcción y la familia Columbidae (Palomas), se puede observar que pasó lo contrario al caso de las Thraupidae, debido a que en los sitios con mayor densidad de predios, se vio bastante la presencia de palomas como en la Laguna Charco Azul, Laguna el Pondaje, Ecoparque Písamos, Parque del Acueducto, Zoológico de Cali, Río Lili y Bosque Escondido. Mientras que, en la periferia y zona rural, no hubo un registro mayor a 23 palomas, así como, la Reserva Natural El Danubio, el sitio más lejano de la urbanización, donde se tuvo el registro más bajo, 1 sola paloma (ver mapa 11).

La asociación entre palomas y la densidad de construcción es moderada tanto a un radio de 500 m (R^2=0,4721) como a un radio de 1500 m (R^2=0,3754) (ver anexo F),

demostrando que entre mayor presencia de edificaciones mayor cantidad de palomas, esto quiero decir que, las palomas se adaptan fácilmente a los distintos ambientes presentes en el área urbana.

Mapa 11. Relación entre construcciones y las palomas 2020.



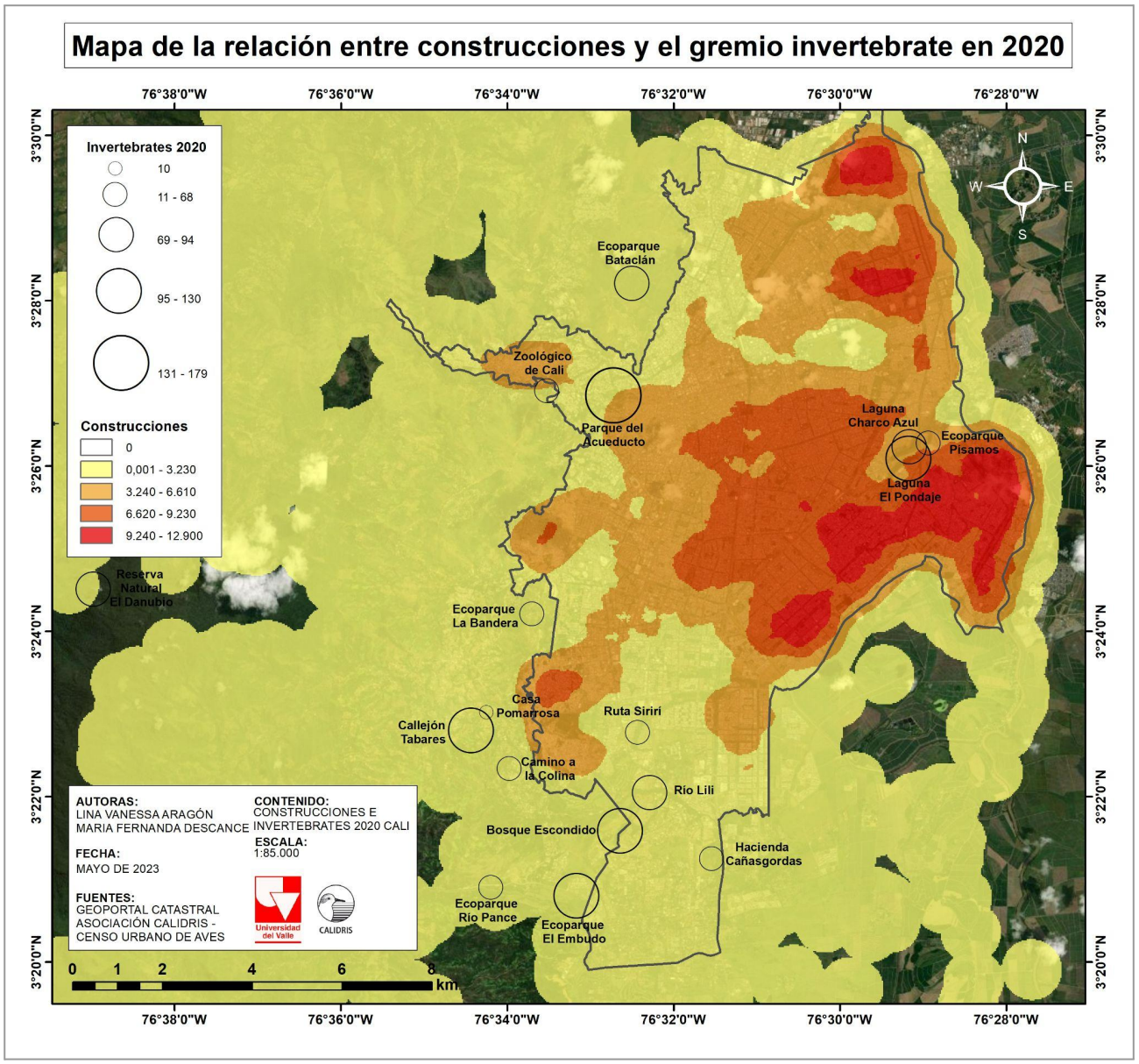
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Catastro y la Asociación Calidris.

5.3.4. Construcción e invertebrates

En la relación entre la variable construcción y el gremio alimenticio *Invertebrate*, se observa que este grupo tiene más presencia en sitios como la Laguna El Pondaje, Ecoparque El Embudo, Bosque Escondido, Callejón Tabares y Parque del Acueducto (ver mapa 12), tal vez porque en estos ambientes se pueden encontrar más abundancia de gusanos, larvas e insectos, los cuales son una parte importante de su dieta alimenticia. Además, este gremio puede capturarlos de manera más fácil en orillas de lagunas y en ambientes poco construidos.

Los *invertebrates* revelan una correlación débil con la densidad de construcción a un radio de 500 m (R^2=0,017) y a un radio de 1500 m (R^2=0,0076) (ver anexo F), reflejando que entre menos densidad de construcciones más presencia del gremio *invertebrate*.

Mapa 12. Relación entre construcciones e invertebrates 2020.



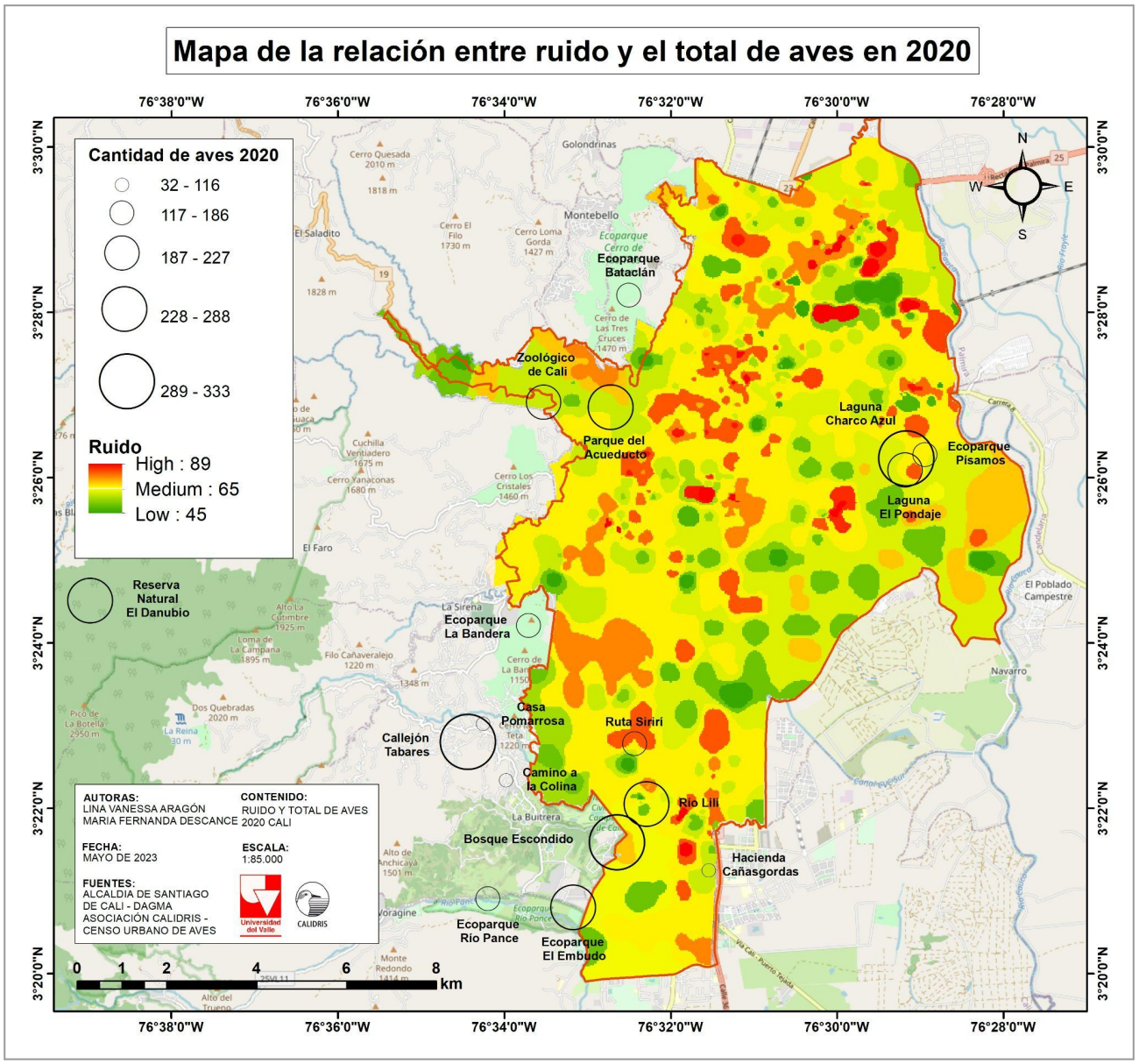
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Catastro y la Asociación Calidris.

5.3.5. Ruido y total de aves

La relación entre la variable ruido y todas las aves, enseña que en generalidad los lugares que tienen un grado sonoro moderado se encuentran con mucha abundancia de aves, mientras que, por ejemplo, el sitio Ruta del Sirirí cuenta con un registro de aves relativamente baja y el dB del área es bastante alta. Sin embargo, el sitio de la Hacienda Cañasgordas a pesar de tener una poca cantidad de aves, el lugar está en un nivel de dB bajo (ver mapa 13).

La asociación entre las aves y ruido es nula a un radio de 500 m (R^2=0,0073) y es débil para un radio de 1500 m (R^2=0,0401) (ver anexo F), indicando que no hay una relación clara entre todas las aves y la intensidad del sonido en el perímetro de la ciudad, se puede deber a que no hay datos de esta variable para todos los sitios.

Mapa 13. Relación entre ruido y el total de aves 2020.



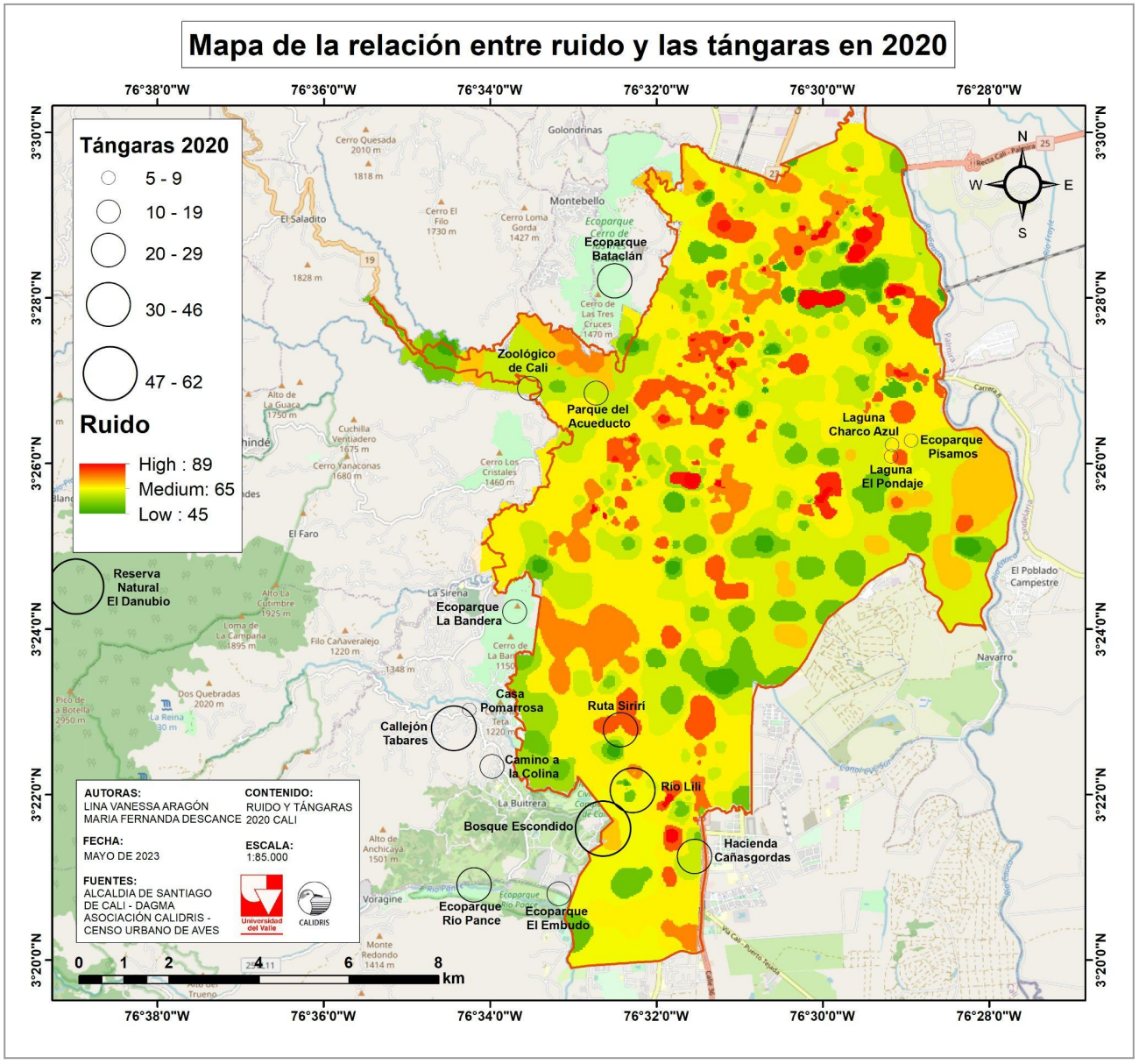
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Alcaldía de Santiago de Cali y la Asociación Calidris.

5.3.6. Ruido y tángaras

En la relación entre esta variable y la familia Thraupidae (Tángaras), se visualiza que en los lugares como las lagunas y el Ecoparque Písamos, tienen poca cantidad de tángaras a un nivel de ruido medio y alto, pero también, hay un registro moderado de tángaras a un nivel de ruido alto como en la Ruta del Sirirí, mientras que en lugares como la Hacienda Cañasgordas, Río Lili, Parque del Acueducto y el Zoológico tienen cantidades moderadas y altas de tángaras en sitios con un nivel de decibel bajo (ver mapa 14).

La correlación entre la familia tángaras y el ruido muestra una correlación débil a un radio de 500 m (R^2=0,0161) y una correlación nula a un radio de 1500 m (R^2=0,0083) (ver anexo F), esto quiere decir que, nuevamente no hay una relación clara entre esta familia y la variable.

Mapa 14. Relación entre ruido y las tángaras 2020.



Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Alcaldía de Santiago de Cali y la Asociación Calidris.

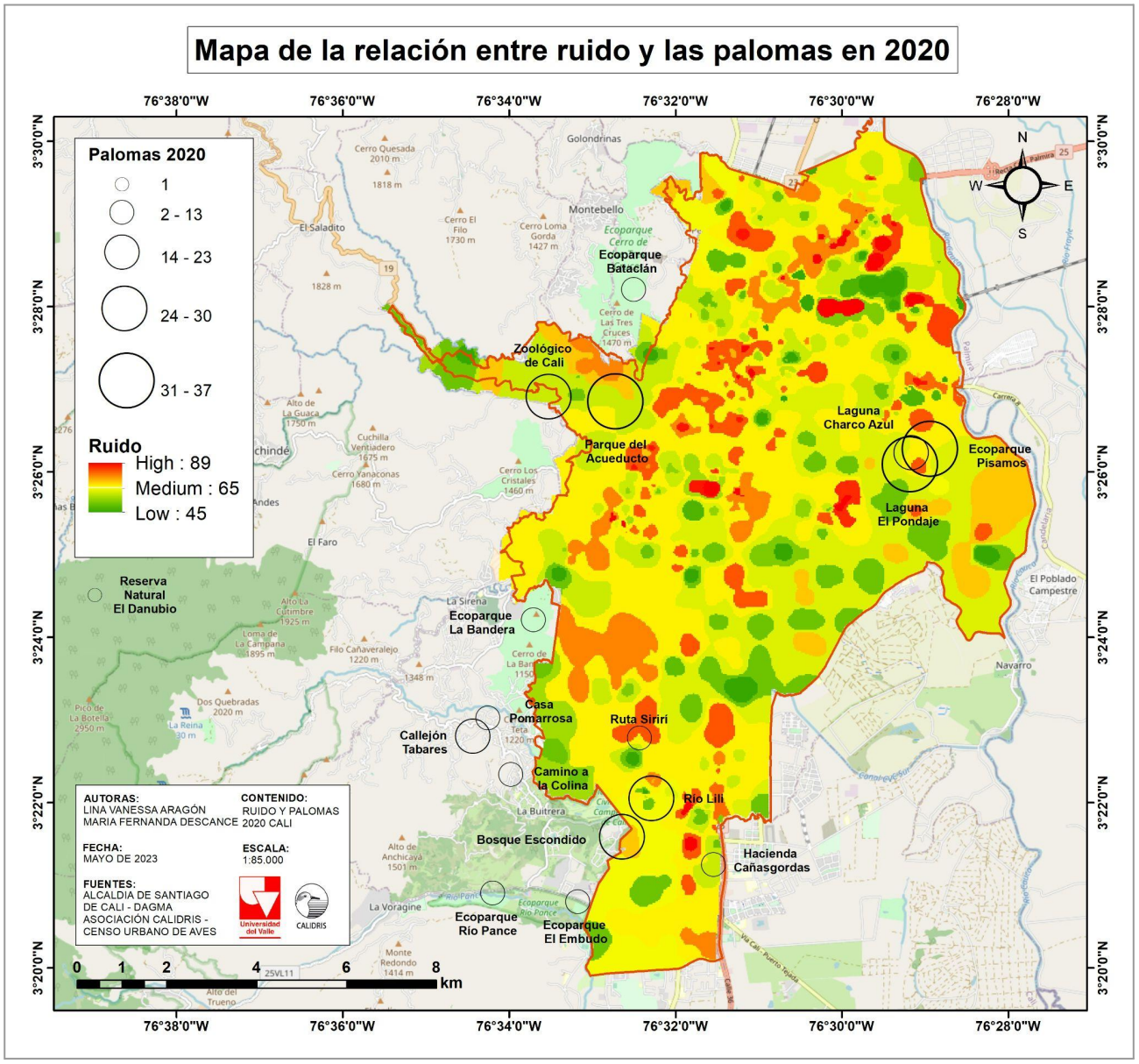
5.3.7. Ruido y palomas

En la relación entre el ruido y la familia Columbidae (Palomas), se halla que hay mayor cantidad de individuos en lugares con altos grados de sonido como la Laguna Charco Azul, Bosque Escondido, Ecoparque Písamos, Río Lili y Parque del Acueducto (ver mapa 15).

Las palomas revelan una correlación con los niveles sonoros a un radio de 500 m (R^2=0,0201) como débil y a un radio de 1500 m (R^2=0,2018) como moderada (ver anexo

F). Lo anterior quiere indicar que, a mayor los niveles de ruido existe más presencia de palomas.

Mapa 15. Relación entre ruido y las palomas 2020.



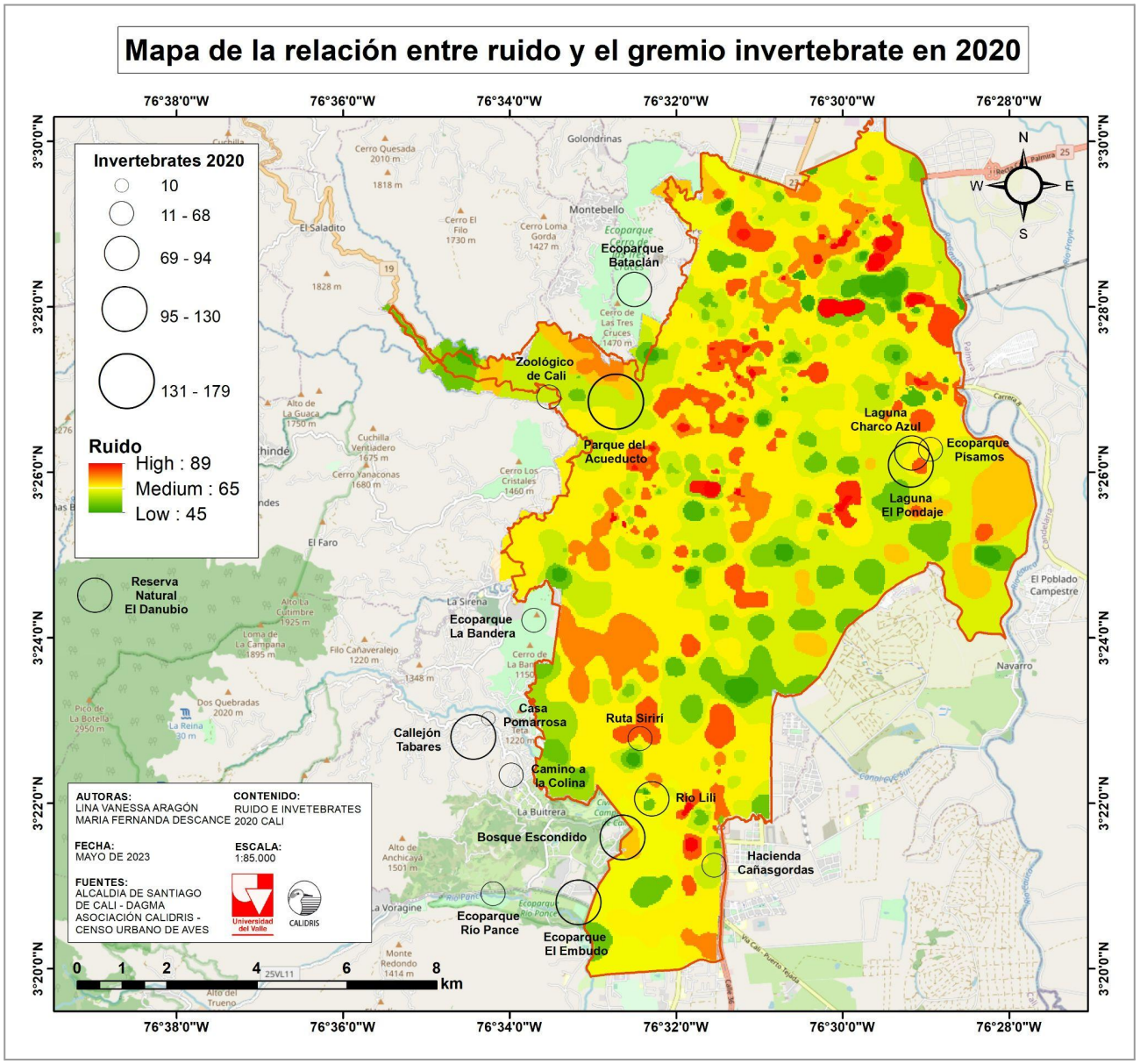
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Alcaldía de Santiago de Cali y la Asociación Calidris.

5.3.8. Ruido e invertebrates

La relación entre ruido e *invertebrate*, señala que lugares con medio y alto nivel de presión sonora como Ruta del Sirirí, Ecoparque Písamos, Bosque Escondido y en las lagunas, hay una presencia alta de este gremio alimenticio, pero a su vez, en lugares con baja intensidad sonora hay una gran presencia de las mismas (ver mapa 16).

La correlación entre el gremio *invertebrate* y el ruido presenta una correlación nula a un radio de 500 m (R^2=0,003) y débil a un radio de 1500 m (R^2=0,0365) (ver anexo F), lo que quiere decir que, la relación no es evidente entre ambos.

Mapa 16. Relación entre ruido e invertebrates 2020.



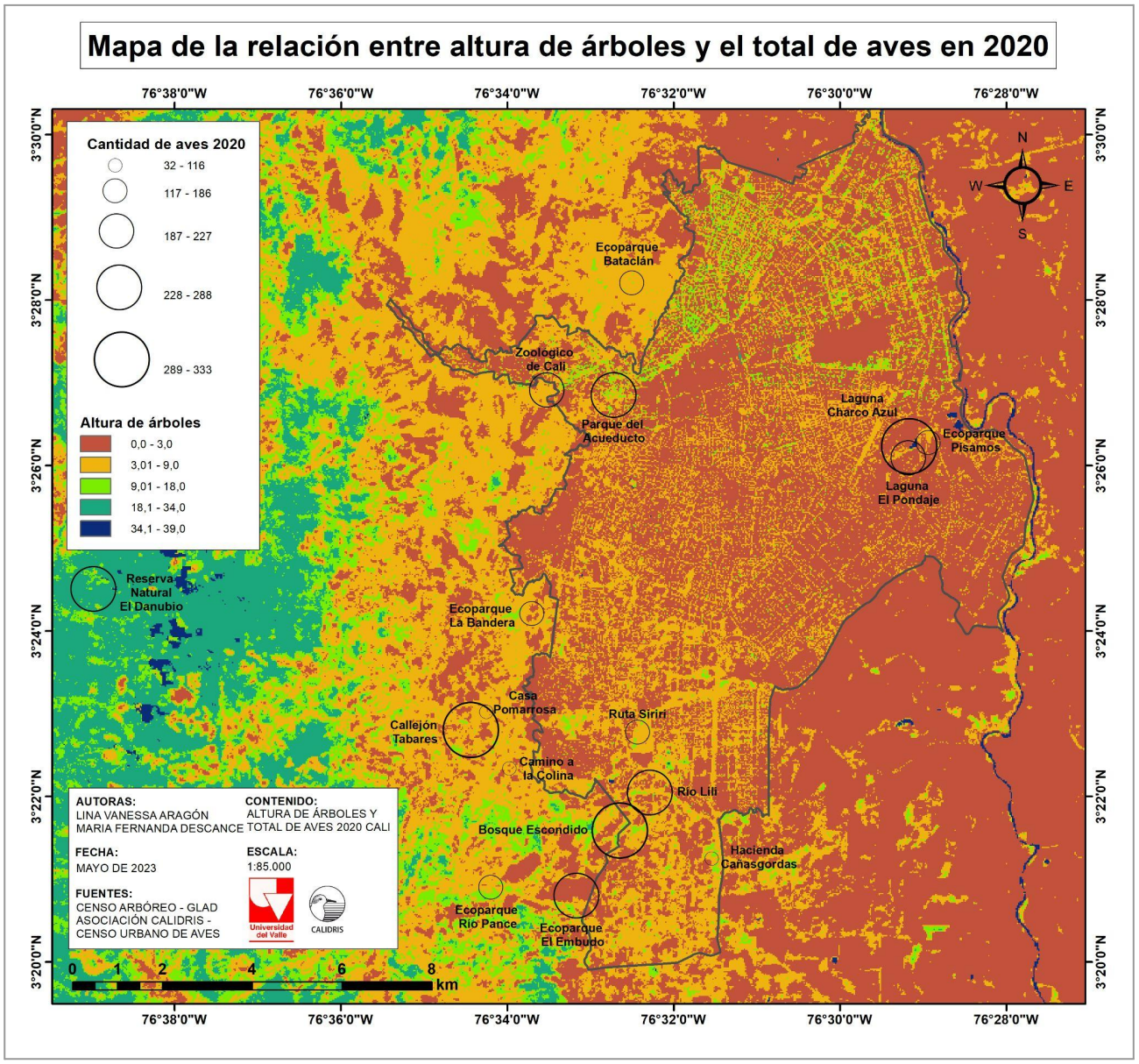
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Alcaldía de Santiago de Cali y la Asociación Calidris.

5.3.9. Altura de árbol y total de aves

La relación entre altura de árboles y todas las aves, indica que gran parte de los sitios están ubicados alrededor de árboles con bajas alturas o en algunos casos sin arbolado, aún con ello, se registran grandes cantidades de aves; en tanto que en la Reserva Natural El Danubio, el único sitio con la máxima altura de arbolado también tiene gran cantidad de aves (ver mapa 17).

La asociación entre las aves y la variable altura de árbol, es débil tanto para un radio de 500 m (R^2=0,02) como para un radio de 1500 m (R^2=0,0252) (ver anexo F), mostrando que a mayor altura de árbol menor cantidad de aves, esto quiere decir que, a la mayoría de las aves presentes en la ciudad les gusta estar en especies de árboles pequeños y juveniles, arbustos, hierbas, etc.

Mapa 17. Relación entre altura de árboles y el total de aves 2020.



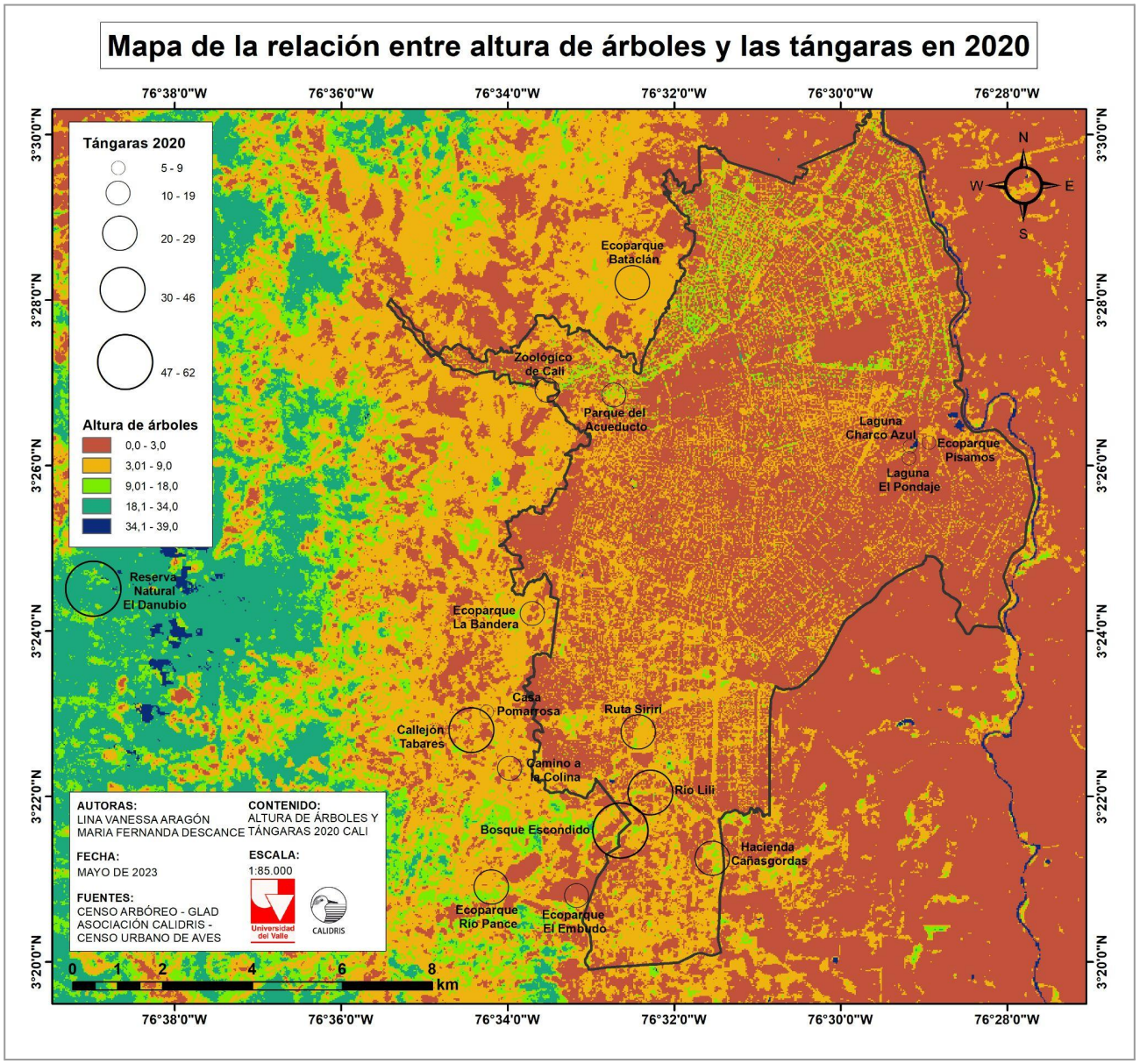
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el censo arbóreo, GLAD y la Asociación Calidris.

5.3.10. Altura de árbol y tángaras

La relación entre la altura de árbol y la familia Thraupidae (Tángaras), muestra que a menor altura en los árboles menos aves se encuentran, para el caso de la Reserva Natural El Danubio tiene el registro más alto de tángaras y el registro más alto de altura de árboles. A excepción de Bosque Escondido y Río Lili que, a pesar de tener bajas alturas de árboles, también tiene un registro de tángaras alto (ver mapa 18).

Las tángaras revelan una correlación con la altura de árbol, moderada a un radio de 500 m (R^2=0,3231) y a un radio de 1500 m (R^2=0,3336) (ver anexo F). Lo anterior quiere indicar que, las tángaras prefieren doseles altos.

Mapa 18. Relación entre altura de árboles y las tángaras 2020.



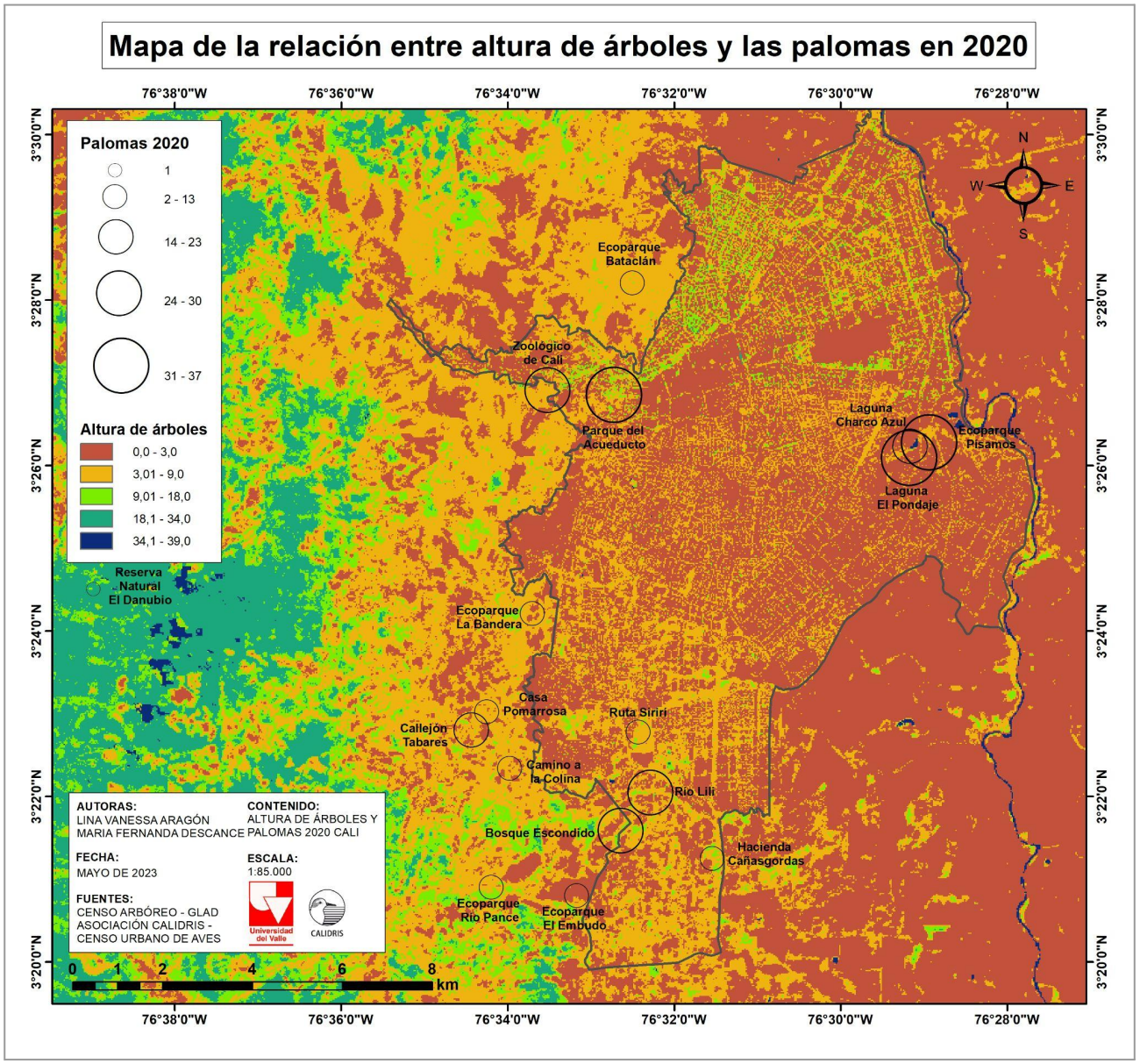
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el censo arbóreo, GLAD y la Asociación Calidris.

5.3.11. Altura de árbol y palomas

La relación entre la variable altura de árbol y las Columbidae (Palomas) es inversa, debido a que se visualiza que entre más abundancia de palomas menor la altura de los árboles, por ejemplo, la Reserva Natural El Danubio tiene la altura máxima de dosel y únicamente se encontró 1 paloma, en comparación con los demás sitios que tienen baja altura de dosel y donde se encuentran la mayoría de éstas (ver mapa 19).

La correlación entre las palomas y altura de árbol presenta una correlación moderada en los radios de 500 m (R^2=0,2068) y de 1500 m (R^2=0,2595) (ver anexo F), lo que quiere decir que, las palomas les gusta más estar en árboles de dosel bajo.

Mapa 19. Relación entre altura de árboles y las palomas 2020.



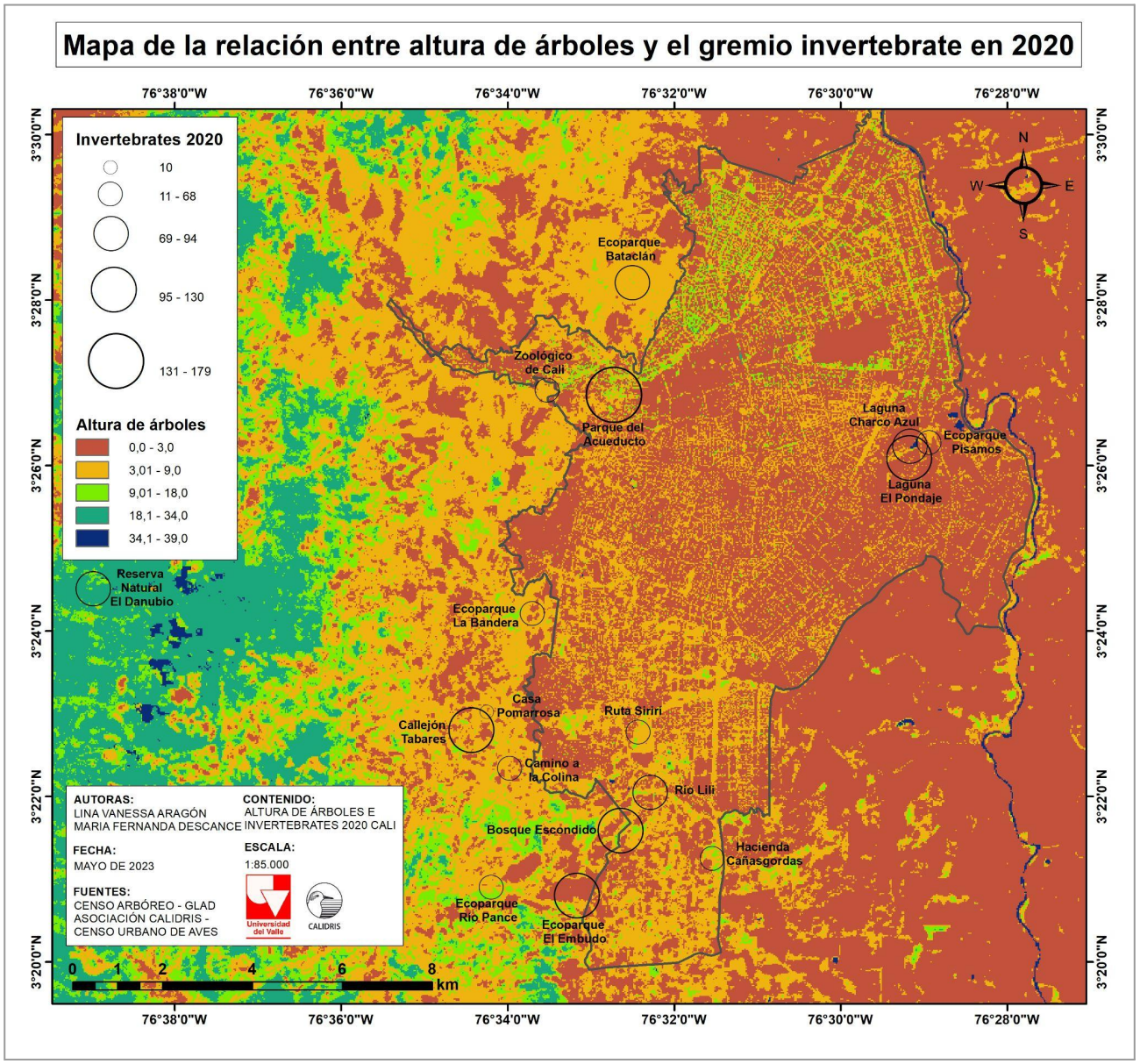
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el censo arbóreo, GLAD y la Asociación Calidris.

5.3.12. Altura de árbol e invertebrates

En la relación entre esta variable y el gremio alimenticio *invertebrate* no hay una correlación clara, porque a mayor presencia de este grupo hay menos cobertura de dosel y algunas prefieren doseles altos, como se registró en la Reserva Natural El Danubio con 81 individuos (ver mapa 20).

La asociación entre los *invertebrates* y la altura de árbol es nula tanto para un radio de 500 m (R^2=0,0004) como para un radio de 1500 m (R^2 = 0,0018) (ver anexo F), señalando que son indiferentes ante el tamaño de los árboles.

Mapa 20. Relación entre altura de árboles e invertebrates 2020.



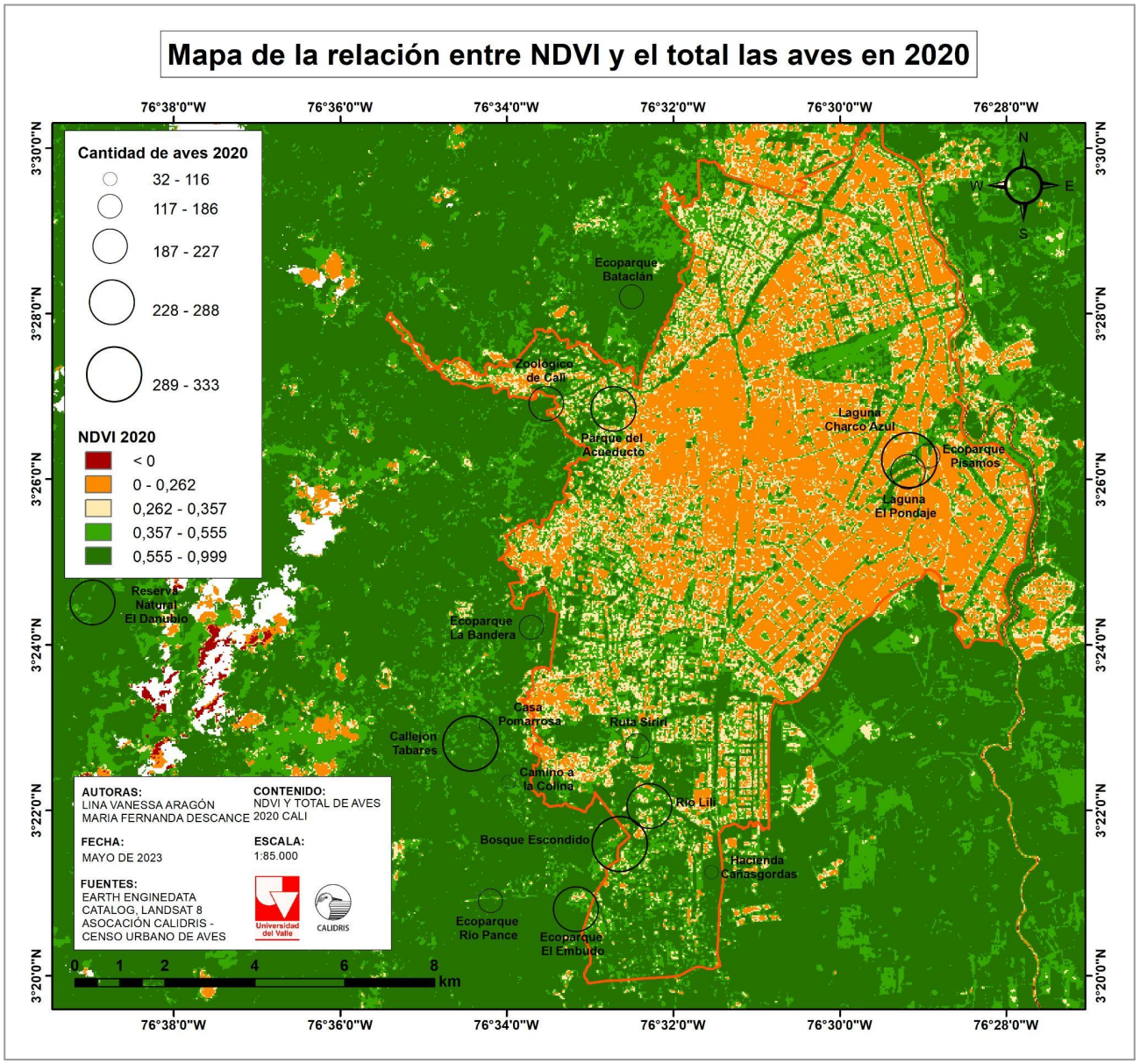
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por el censo arbóreo, GLAD y la Asociación Calidris.

5.3.13. NDVI y total de aves

En la relación entre la variable NDVI y todas las aves, se nota que entre más alto es el índice de vegetación se ven más aves, a excepción de la Laguna Charco Azul (ver mapa 21) que, pese a estar en un entorno de mucha urbanización tiene un registro grande de aves, esto se puede deber a que el sitio hace parte de un ecosistema acuático.

Las aves revelan una correlación con el NDVI como débil a un radio de 500 m (R^2=0,0175) y a un radio de 1500 m (R^2=0,021) (ver anexo F). Sin embargo, entre más saludable sea la vegetación hay mayor posibilidad de que las aves puedan alimentarse, reproducirse, refugiarse, etc.

Mapa 21. Relación entre NDVI y el total de aves 2020.



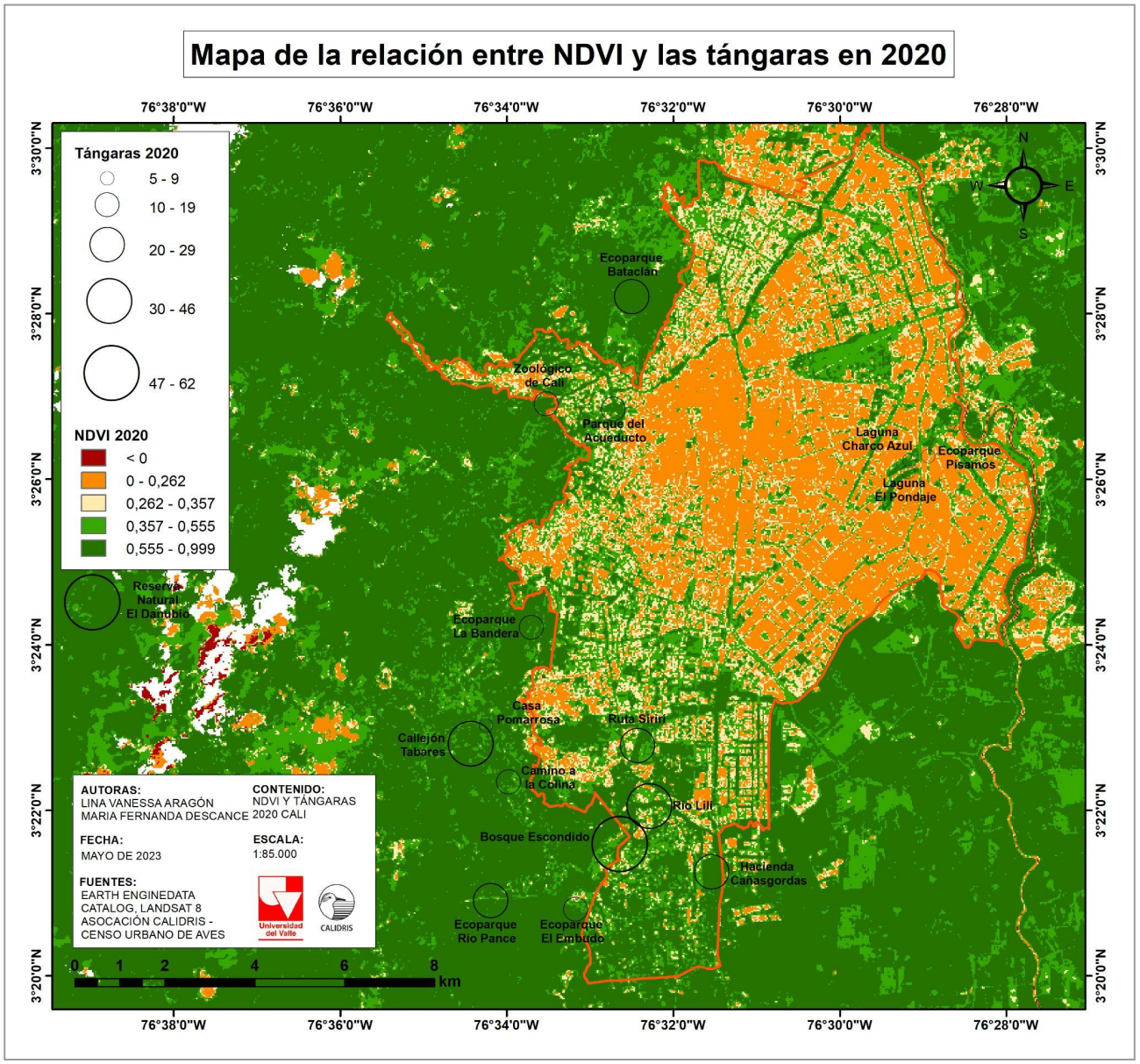
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por imágenes Landsat 8 y la Asociación Calidris.

5.3.14. NDVI y tángaras

La relación entre NDVI y Thraupidae (Tángaras) señala que entre más alto es el índice mayor cantidad de tángaras fueron registradas, como se ve en el caso de la Reserva Natural El Danubio y Bosque Escondido, que tienen el más alto conteo de esta familia y están ubicados en sitios catalogados con vegetación saludable, en comparación con las lagunas y el Ecoparque Písamos, que tiene el menor conteo de tángaras y un índice de vegetación bajo (ver mapa 22).

Las tángaras revelan una correlación con el NDVI como moderada a un radio de 500 m (R^2=0,0236) y a un radio de 1500 m (R^2=0,2162) (ver anexo F). Esto muestra que, posiblemente en ecosistemas fragmentados de la ciudad como los lugares ubicados en el oriente, este tipo de ave difícilmente busque recursos en estas áreas tan intervenidas.

Mapa 22. Relación entre NDVI y las tángaras 2020.



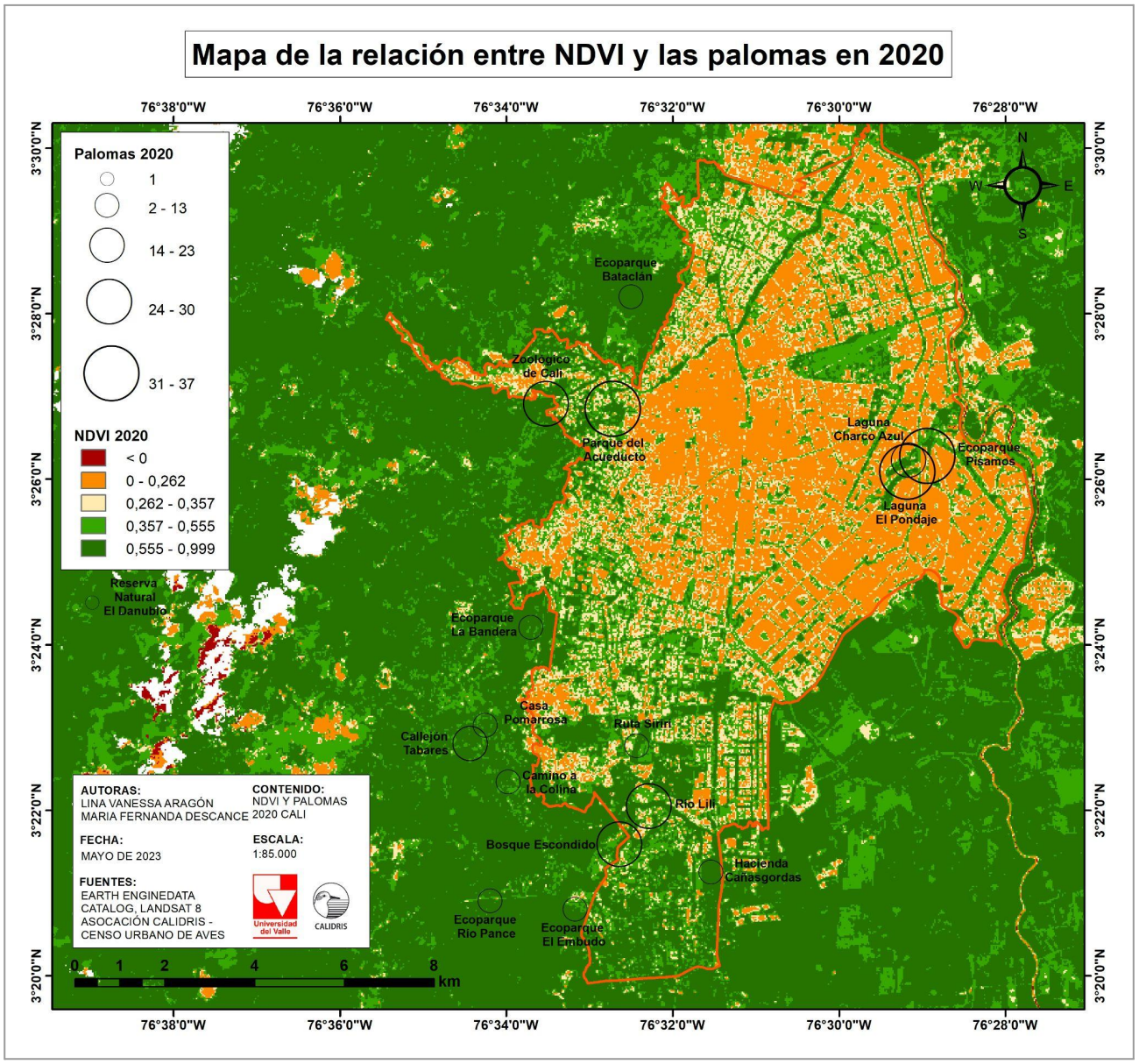
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por imágenes Landsat 8 y la Asociación Calidris.

5.3.15. NDVI y palomas

En la relación entre esta variable y las Columbidae (Palomas), se encuentra que entre mayor sea la cobertura vegetal menor es la presencia de palomas. Se puede observar como en los sitios Ecoparque Písamos, Laguna El Pondaje y Parque del Acueducto, tuvieron un registro mayor a 32 palomas en índices de vegetación bajos, a diferencia de la Reserva Natural El Danubio, solo se registró 1 paloma en un índice de vegetación alto (ver mapa 23).

La correlación entre las palomas y la variable NDVI presenta una correlación moderada en los radios de 500 m (R^2=0,5799) y de 1500 m (R^2=0,4359) (ver anexo F), lo que quiere decir que, las palomas son más aparentes para ambientes descubiertos de vegetación y para zonas edificadas.

Mapa 23. Relación entre NDVI y las palomas 2020.



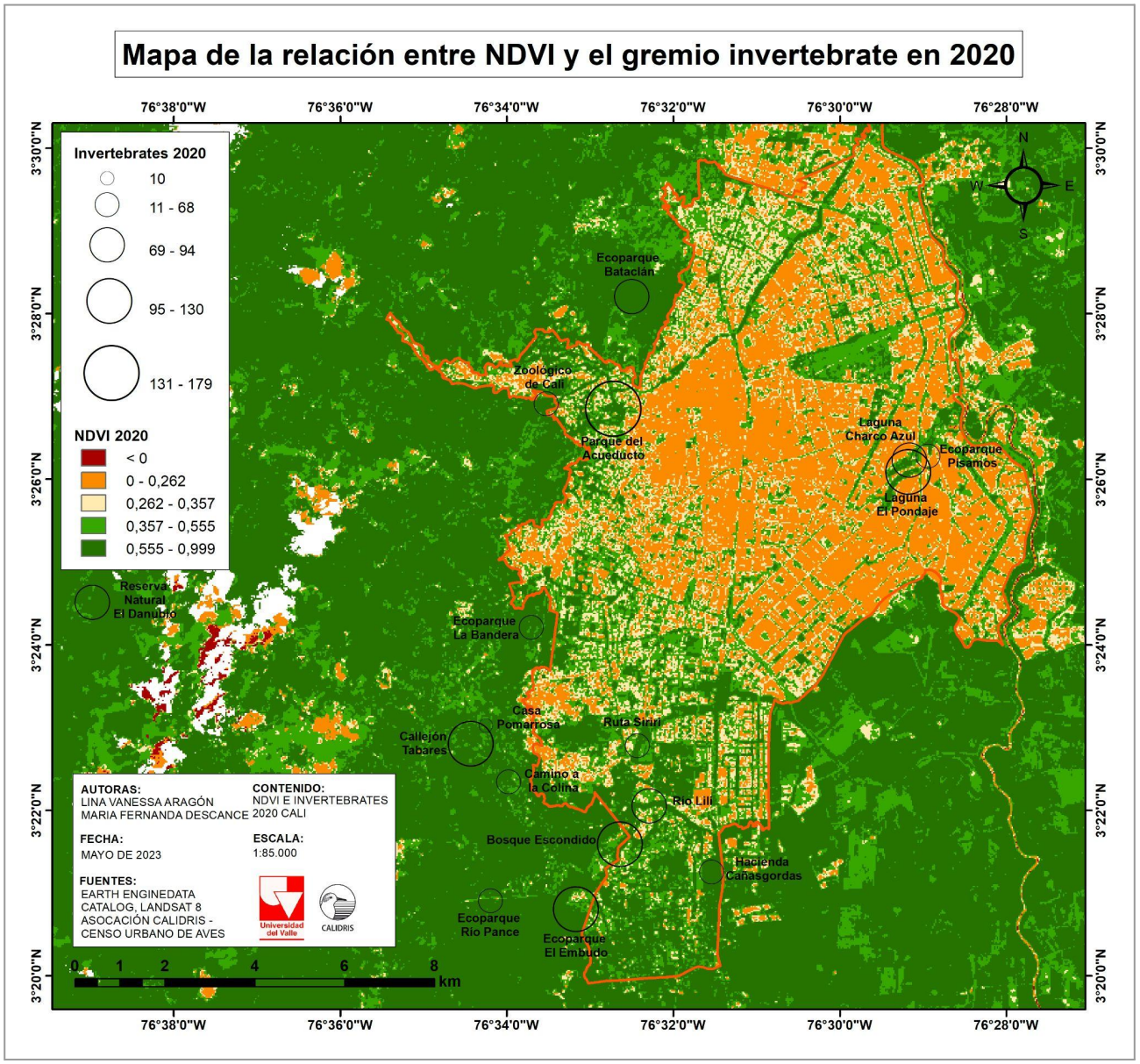
Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por imágenes Landsat 8 y la Asociación Calidris.

5.3.16. NDVI e invertebrates

En la relación entre NDVI e *invertebrates*, se descubre que entre más alto sea el índice de vegetación más aves de este gremio se encuentran, a parte de la Laguna El Pondaje y Parque del Acueducto (ver mapa 24), que aun estando en un ambiente de vegetación crítico o con suelo semidescubierto existe un alto registro de los *invertebrates*.

El análisis señaló que entre los *invertebrates* y NDVI, la relación es débil tanto para un radio de 500 m (R^2=0,0358) como para un radio de 1500 m (R^2=0,0425) (ver anexo F), sin embargo, entre más sana y densa este la vegetación, hay más presencia de este grupo.

Mapa 24. Relación entre NDVI e invertebrates 2020.



Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por imágenes Landsat 8 y la Asociación Calidris.

6. CONCLUSIONES

La consolidación de los registros de aves, permitió entender que todos los sitios juegan un papel fundamental para el desarrollo de la vida de la avifauna urbana, aunque unos más que otros, como por ejemplo, la Laguna Charco Azul, el Callejón Tabares y el Bosque Escondido tienen la capacidad de ofrecer más refugio y alimentos a las aves, debido a que son ambientes que cuentan con coberturas vegetales densas o con fuentes de agua, aspectos que se manifestaron en un mayor número de individuos; entretanto Casa Pomarrosa, Hacienda Cañasgordas y el Camino a la Colina lo hacen pero con menor número de individuos, porque sus entornos les limitan los recursos y la conectividad a las aves.

En cuanto a las familias, todas estuvieron presentes en 6 de los 17 sitios y sus patrones de distribución son distintos; los lugares que cuentan con menor cantidad de registro de cada una de las familias, fueron el Ecoparque Písamos, la Casa Pomarrosa y el Camino a la Colina.

Con respecto a los gremios alimenticios, se halló que los sitios que tienen más dificultad con su oferta alimentaria para las aves, son la Casa Pomarrosa, el Camino a la Colina y el Ecoparque Bataclán, que tienen los menores registros de estos individuos; es importante recalcar que tres de estos lugares se encuentran en la zona periférica del área de estudio, sitios que están relativamente alejados de la perturbación urbana.

El estudio demostró que la cobertura de vegetación es un elemento clave para las aves en Cali, influye positivamente en la familia Thraupidae (Tángaras) y limita la cantidad de individuos de la familia Columbidae (Palomas). Asimismo, la variable construcción está estrechamente relacionada con las aves, específicamente con las Thraupidae (Tángaras), dado que el aumento de las superficies construidas, disminuye la calidad de hábitat para esta familia, a diferencia de un ave típica urbana como las Columbidae (Palomas), que aumentan en áreas urbanizadas. Con la altura arbórea existe una correlación moderada para las aves, en especial, para las Thraupidae (Tángaras) ya que se favorece de áreas boscosas que se encuentren en buen estado, en cuanto a su altura; por ello, es importante considerar el grado de urbanización alrededor de áreas verdes, que puede generar áreas fragmentadas y aisladas entre sí. Por otro lado, la presencia Columbidae (Palomas) en árboles altos, es baja, indicando que este grupo de aves no es sensible a la pérdida de ambientes naturales.

Con el ruido y las aves la correlación no fue clara, ya que no se muestra un efecto significativo, y esto se puede deber a que no hubo datos para la zona rural, sin embargo, no cabe descartar la posible perturbación del nivel sonoro en las aves.

De manera general, el aumento de variables como el ruido y construcción, y la disminución de variables como el índice de vegetación y la altura de los árboles en la ciudad, genera que las Thraupidae (Tángaras) se reduzcan, porque los sitios en los que pueden desarrollar su ciclo de vida están desapareciendo, mientras que otras aves más

generalistas como las Columbidae (Palomas), se adaptan bien a los cambios y pueden aumentar significativamente hasta predominar en los ambientes urbanos. Es esencial entender la importancia de las áreas verdes y del arbolado, debido a que cumplen un papel más relevante para las aves.

Este trabajo permitió conocer más sobre la distribución espacial de las aves y su relación con los hábitats urbanos, a través de la ciencia ciudadana como el censo urbano de aves en Cali. Asimismo, es de vital importancia continuar con el censo anual, para seguir motivando a la comunidad a la participación activa sobre la avifauna urbana y contar con datos recopilados, que ayuden a su estudio y conservación. También, se espera que esta investigación y los datos recogidos sean de gran utilidad para investigadores y tomadores de decisiones, además que deja abierto muchas ideas para futuras investigaciones sobre la relación de las aves y variables que influyen sobre sus hábitats desde un enfoque biogeográfico, lo que implica un estudio interdisciplinario, ya que el conocimiento, manejo y planeación no se realiza desde una sola disciplina.

7. APORTES DE LA PASANTÍA A LA ASOCIACIÓN CALIDRIS

A causa de la gran cantidad de cruce de información que se obtuvo sobre la relación de las aves (8 familias) con las variables ambientales (4 variables) por cada año del censo (2015 al 2022), al espacializarla en mapas y gráficas eran muchísimos los resultados que se hacían y no era posible abordarlas todas; por lo tanto, como se mencionó anteriormente, únicamente se trabajó con el año 2020 en este informe. Sin embargo, a la Asociación Calidris, le quedaron todas las tablas de datos con la información por 8 años, además de las demás familias del 2020 que no se pudieron espacializar de manera específica. Lo anterior, les servirá en un futuro, si desean retomar la espacialización de distintas maneras del censo urbano de aves.

8. RECOMENDACIONES

Para futuros censos urbanos de aves de Cali, se recomienda censar más lugares en las zonas oriente, norte y centro, de tal manera que se obtengan datos más completos sobre las aves en toda la ciudad, debido a que la mayoría de los sitios del censo a la fecha están ubicados al oeste y sur de Cali. Respecto a la información cartográfica ofrecida por las entidades gubernamentales, se invita a mejorar la organización y divulgación de los metadatos para que quienes la tomen sepan de donde proviene y cómo se procesó.

Por otra parte, se recomienda darle la importancia pertinente a las investigaciones sobre la avifauna y su relación con los hábitats de la ciudad, para que desde el ordenamiento territorial se creen y se ejecuten programas de conservación, investigación y educación ambiental, que mejoren los ambientes en las áreas urbanas para la nidificación, alimentación y desarrollo de las aves. Además de integrar a las comunidades locales en el desarrollo de estas iniciativas, con el fin de que se lleve a cabo un seguimiento del estado de las aves e incluso proteger a aquellas que se encuentran en algún grado de amenaza.

9. APORTES DE LA PASANTÍA AL PROCESO FORMATIVO

Uno de los primeros aportes que la pasantía le deja a la disciplina, es la experiencia a los/las estudiantes universitarios/as, ese primer acercamiento con lo que significa la vida laboral, permite conocer anticipadamente las potencialidades y debilidades para mejorar de cara a ejercer la profesión como geógrafas/os, como son las dinámicas de relacionamiento y el trabajo en equipo, lo cual es fundamental para llevar a cabo los objetivos de manera exitosa. También, el proceso investigativo desde cero permite poner el enfoque geográfico directamente en las bases; el trabajo en campo y con la comunidad ayuda a comprender el papel fundamental de las poblaciones que habitan los diferentes territorios. Por otro lado, la articulación con otras disciplinas ofrece la oportunidad de mostrar los aportes valiosísimos que puede realizar la geografía a los procesos investigativos, comunitarios y académicos.

Desde la pasantía realizada en la Asociación Calidris, es importante resaltar el papel que tiene la organización, debido a las oportunidades que brindan constantemente a las/os estudiantes para poder realizar sus prácticas y pasantías profesionales desde las distintas carreras junto a un acompañamiento, asesoramiento y entrenamiento continuo, sin dejar de lado que las/os estudiantes aún son personas en proceso de formación y aprendizaje, pero impulsando el desarrollo de las habilidades que durante 5 años se estuvieron cultivando en el proceso formativo universitario.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, Pelayo; REAL, Raimundo y GORTÁZAR, Christian. Favorabilidad ecogeográfica para el corzo: distribución y abundancia. En: *Pirineos-Revista de Ecología de Montaña*. 2011, vol, 166, pp. 9–27. DOI: 10.3989/pirineos.2011.166001

- ACOSTA PINZÓN, Carlos, *et al*. Gestión de coberturas vegetales, avances del plan de coberturas de Santiago de Cali. En: V Encuentro Nacional de Silvicultura Urbana: hacia el manejo sostenible del arbolado urbano (5: 2019, octubre 23-25: Auditorio Bernardo Garcés Córdoba de la CVC). Cali. 2019. 30 p. Disponible en: https://cvc.gov.co/sites/default/files/2019-11/GESTION%20DE%20COBERTURAS%20VEGETALES%20%20-CALI.pdf

- ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI, *et a*l. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Cali: La Alcaldía, 2019. 200 p. ISBN 978-958-56600-5-2

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. ABC Catastral [en línea]. Cali: La Alcaldía. Febrero, 28, 2022. [Consultado el 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/catastro/publicaciones/148596/abc-catastral/

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Catastro municipal cuenta con datos abiertos [en línea]. Cali: La Alcaldía. Marzo, 04, 2022. [Fecha de consulta: el 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/catastro/publicaciones/147971/datos-abiertos/

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Geoportal catastral [en línea]. Cali: La Alcaldía. Junio, 17, 2019. [Fecha de consulta: el 28 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/catastro/publicaciones/147969/geoportal-catastral/

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Mapa de densidad arbórea en Cali, censo 2015 [en línea]. Cali: Geoportal. 2020. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://geoportal.cali.gov.co/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=9b50167b694f4e83bbeb20cd9bc977d6

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de Ordenamiento Territorial - POT año 2000, documento soporte. [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Planeación Municipal. 2000. 524 p. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://idesc.cali.gov.co/download/pot_2000/pot_2000_documento_soporte.p

df

- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Una experiencia pedagógica ambiental en Santiago de Cali. Ruta Verde, amigos por naturaleza [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, DAGMA. Mayo, 17, 2013. 32 p. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://issuu.com/natucreativa/docs/cartilla_ecoruta_dagma

- ANGULO PEREZ, Natalia, *et al*. Ecología urbana de aves: relación de las plantas, clima y ruido con la biodiversidad de aves en la ciudad de Iquitos, Perú. En: Folia Amazónica. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Diciembre 2017, vol. 26, nro. 2, pp. 121-138. DOI: https://doi.org/10.24841/fa.v26i2.427

- ASOCIACIÓN PARA EL ESTUDIO Y LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES ACUÁTICAS EN COLOMBIA. [sitio Web]. Cali: Calidris, Quienes somos. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://calidris.org.co/quienes-somos/

- BENITO, Javiera F.; ESCOBAR, Martín A. H. y VILLASEÑOR, Nélida R. Conservación en la ciudad: ¿Cómo influye la estructura del hábitat sobre la abundancia de especies de aves en una metrópoli latinoamericana?. En: *Gayana (Concepción)*. Diciembre 2019, vol. 83, nro. 2, pp. 114-125. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382019000200114

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Accipitridae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/accipitriformes/hawks

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Columbidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/columbiformes/pigeons

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Cracidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/galliformes/guans

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Psittacidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/psittaciformes/parrots

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Thraupidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/birds-by-family/passeriformes/tanagers

- BIRDS OF COLOMBIA. [sitio Web]. Family Trochilidae. [Fecha de consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: https://birdsofcolombia.com/index.php/bird-galleries/hummingbirds/hummingbirds-gallery

- BIRDLIFE INTERNATIONAL. Estado de Conservación de las Aves del Mundo 2022. Enfoques y soluciones para la crisis de la biodiversidad. 2022. 88 p.

- BUSTAMANTE, Javier; CALVO, Marta y GAONA, Pilar. Relación entre factores ambientales y la distribución de aves nidificantes en una transición climática templado-mediterránea. En: *Ecología*. 1988, nro 2, pp. 257-268.

- CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Cali en cifras 2022. Santiago de Cali: DAPM, 2022. 211 p.

- CÁRDENAS, Giovanni, *et al*. Aves del departamento del Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. 2020, vol. 21, nro. 2, pp. 72-87. DOI: 10.21068/c2020.v21n02a04

- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA y PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. El Valle de los Sueños. Cali: 2019. 202 p. ISBN 978-958-8332-93-2. Disponible en: https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/el_valle_de_los_suenos_h-ind.pdf

- DATOS ABIERTOS COLOMBIA. [sitio Web]. Información de Predios del Municipio de Santiago de Cali. Cali: Departamento Administrativo de Hacienda Municipal. Agosto, 23, 2022. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.datos.gov.co/dataset/Informaci-n-de-Predios-del-Municipio-de-Santiago-d/2rpb-nw5d/data?no_mobile=true

- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, DAGMA. [sitio Web]. Censo Arbóreo de Santiago de Cali. Cali: Datos Abiertos Cali. Marzo, 29, 2019. [Fecha de consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: http://datos.cali.gov.co/dataset/censo-arboreo-de-santiago-de-cali

- DIAZ, Cristina; Pereyra, Néstor y Coccola, Mariana. Sistema de Información Geográfico para el Monitoreo Poblacional de Aves en Agroecosistemas. En: 1as Jornadas de Latinoamérica y Caribe, Usuarios de gvSIG “cooperar es crecer” (1: 2009, octubre 1: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe). Argentina. 2009. 22 p. Disponible en: http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-lac/1as-jornadas-lac/reports/Monitoreo_de_aves.pdf

- DUQUE HERNÁNDEZ, Iván Felipe. Expansión urbana, contaminación y tráfico amenaza a la fauna vallecaucana [en línea]. El País. Cali. Abril, 27, 2013. [Consultado el 01 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.elpais.com.co/valle/expansion-urbana-contaminacion-y-trafico-amenaza-a-la-fauna-caucana.html

- EBIRD. eBird: An online database of bird distribution and abundance [sitio Web]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. [Fecha de consulta: 19 de mayo 2023]. Disponible en: http://www.ebird.org

- FALK FERNÁNDEZ, Patricia. Censo urbano de aves, una propuesta de ciencia participativa para Cali. En: CALIDRIS. [sitio Web]. Cali: Asociación para el estudio y conservación de las aves acuáticas en Colombia. Noviembre, 03, 2021. [Fecha de consulta: 19 de mayo 2023]. Disponible en: https://calidris.org.co/2021/11/03/censo-urbano-de-aves-una-propuesta-de-ciencia-participativa-para-cali/

- FERRER SÁNCHEZ, Yarelys. Variables que influyen en la distribución y abundancia de rapaces diurnas y en la ubicación de sus sitios de anidación en Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Posgrado en Recursos Naturales, 2015. 260 p.

- GARCÍA, Sandra. Las aves la principal riqueza natural de nuestra casa común [en línea]. Alcaldía de Santiago de Cali. Mayo, 13, 2021. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/160727/las-aves-la-principal-riqueza-natural-de-nuestra-casa-comun/

- GARIZÁBAL-CARMONA, Jaime; GUTIEREZ VASQUEZ, Carlos A. y Santiago David. Diversidad de aves en cuatro localidades con bosques fragmentados en el municipio de Medellín. En: Más bosques para Medellín. Sembrando árboles para la vida. Medellín: La Alcaldía, 2014, pp. 165-200.

- GIRALDO OSSA, Viviana. Cali, destino de las aves migratorias [en línea]. Cali: La Alcaldía. Mayo, 13, 2022. [Consultado el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/168963/cali-destino-de-las-aves-migratorias/#:~:text=Cali%20y%20sus%20humedales%20se,su%20viaje%20hasta%20el%20sur.

- GOMIS MARTÍN, Elías. Las aves urbanas. En: *Argutorio*, revista de la Asociación Cultural "Monte Irago". Junio 1999, nro. 3, pp. 20-22. ISSN 1575-801X

- GLOBAL LAND ANALYSIS & DISCOVERY. Global Forest Canopy Height, 2019 [en línea]. University of Maryland. 2019. [Consultado el 28 de marzo de 2023]. Disponible en: https://glad.umd.edu/dataset/gedi/

- HARRISON, Colin y GREENSMITH, Alan. Aves del mundo, manuales de identificación. Barcelona: Edición Omega, 1994. 416 p. Disponible en: https://www.academia.edu/42963510/Aves_del_Mundo_Manuales_de_identificaci%C3%B3n_Colin_Harrison_Alan_Greensmith

- HERNÁNDEZ, María. La atención a las zonas verdes de Cali se realiza durante todo el año [en línea]. Alcaldía de Santiago de Cali. Febrero, 27, 2021. [Consultado el 24 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/serviciospublicos/publicaciones/159210/la-atencion-a-las-zonas-verdes-de-cali-se-realiza-durante-todo-el-ano/

- INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE SANTIAGO DE CALI-IDESC. Cali: La Alcaldía. [Consultado el 28 de marzo de 2023]. Disponible en: https://idesc.cali.gov.co/geovisor.php

- ILLOLDI-RANGEL, Patricia y ESCALANTE, Tania. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. En: *Biogeografía*. Enero 2008, vol. 3, pp. 7-12.

- OBSERVATORIO AMBIENTAL SANTIAGO DE CALI. Informe ambiental, Cali Cómo Vamos - 2022. [en línea]. Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, DAGMA. Febrero, 01, 2023. 81 p. [Fecha de consulta: el 27 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.cali.gov.co/documentos/5527/informes-ambientales/

- OSORIO OLARTE, Jackeline y MOLINA PRIETO, Luis Fernando. A vuelo de pájaro. Las ciudades como refugio para las aves. En: *Revista Nodo*. Noviembre 2009, vol. 4, nro. 7, pp. 47-58.

- ORTIZ, William. Dinámica de un humedal urbano: Cambios históricos en sus coberturas y cambios recientes en la comunidad de aves (humedal Córdoba, Bogotá). Trabajo de grado (Ecólogo). Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Programa de Ecología, 2014. 55 p.

- PALACIO, Ruben Dario, *et al*. Aves del municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. 2017, vol. 18, nro. 2, pp 228-238. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15

- PARDO RINCÓN, Sergio Daniel. Influencia de la urbanización sobre la diversidad de aves de tres zonas en la ciudad de Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Licenciado en Biología). Bogotá D.C.: Universidad Distrital

Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. Licenciatura en Biología, 2018. 72 p.

- PINEDO, Erick. Así es Cali, el 'paraíso de las aves' que funge como santuario biológico en Colombia [en línea]. En: *National Geographic en Español*. Octubre, 30, 2022. [Fecha de consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: https://www.ngenespanol.com/animales/como-es-vivir-en-cali-colombia/

- SALINAS CASTILLO, Wilver Enrique *et al*. Identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas por percepción remota y sistemas de información geográfica. En: *Investigaciones Geográficas*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Octubre 2002, nro. 49, pp. 74-91. ISSN 2448-7279

- SETINA LIZ, Victor Julio. Variación del canto de *Tyrannus melancholicus* (aves: Tyrannidae) a través de un gradiente de urbanización y su relación con variables ambientales en San José del Guaviare, Amazonia Colombiana. Tesis de maestría (Estudios Amazónicos). Leticia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonas. Posgrado en Estudios Amazónicos, 2019. 44 p.

- SUCARI SUCARI, Emilyn Magaly. Sistema de información geográfica para el monitoreo de aves en el Bosque lluvioso de Madre de Dios en la empresa GI Consultores. Trabajo de investigación (Profesional de Ingeniero de Sistemas). Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Sistemas, 2018. 153 p.

- United States Geological Survey. Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1. Earth Engine Data Catalog. Marzo, 18, 2013. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2023]. Disponible en: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C02_T1_L2#terms-of-use

- WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Abundancia (ecología). [Fecha de consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Abundancia_(ecolog%C3%ADa)&oldid=143002951

- WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Cali. [Fecha de consulta: 24 abril 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cali&oldid=150543177

- WIKIPEDIA: LA ENCICLOPEDIA LIBRE. Familia (biología). [Fecha de consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Familia_(biolog%C3%ADa)&oldid=

150944032

- WILMAN, Hamish, et al. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals [Archivo metadata en línea]. En: *Wiley*. Ecological Archives E095-178-D1. Julio 2014, vol. 95, nro. 7, pp. 1717-2032. https://www.esapubs.org/archive/ecol/E095/178/metadata.php

- WILMAN, Hamish, et al. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals [Base de datos en línea]. En: *Wiley*. Ecological Society of America. Julio 2014, vol. 95, nro. 7, pp. 1717-2032. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.3306933.v1

- ZEPEDA, Verónica; GOLUBOV, Jordan y MANDUJANO, María C.. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). En: *Acta Botánica Mexicana*. Abril 2017, nro. 119, pp, 35-49. DOI: https://doi.org/10.21829/abm119.2017.1230

ANEXOS

ANEXO A. Sitios de muestreo en los censos urbanos de aves.

Sitio	Latitud	Longitud	Ubicación
Bosque Escondido	3,359777	-76,5440226	Periferia
Callejón Tabares	3,3800177	-76,5739081	Periferia
Camino a la Colina	3,3723526	-76,5662256	Periferia
Casa Pomarrosa	3,3837517	-76,570828	Periferia
Ecoparque Bataclán	3,4701142	-76,5416408	Periferia
Ecoparque El Embudo	3,3467099	-76,5528202	Periferia
Ecoparque La Bandera	3,4035	-76,5617	Periferia
Ecoparque Lago de Las Garzas	3,3315907	-76,5364283	Periferia
Ecoparque Písamos	3,4379835	-76,4822647	Urbano
Ecoparque Río Pance	3,3484132	-76,5698633	Rural
Hacienda Cañasgordas	3,3541911	-76,5256441	Urbano
Jardín Botánico de Cali	3,4491536	-76,5688705	Periferia
Lago de La Babilla	3,3640233	-76,5362191	Urbano
Laguna Charco Azul	3,4371508	-76,4860547	Urbano
Laguna El Pondaje	3,4348161	-76,4862746	Urbano
Parque del Acueducto	3,4475283	-76,5453261	Urbano
Parque del Limonar	3,400719	-76,529668	Urbano
Parques del Norte	3,4904185	-76,5212452	Urbano
Río Cali	3,4516675	-76,5456842	Urbano
Río Lili	3,367494	-76,538113	Urbano
Reserva Natural El Danubio	3,4084976	-76,6495895	Rural
Ruta Siririí	3,3796726	-76,5404718	Urbano
Univalle	3,3766606	-76,5339947	Urbano
Zoológico de Cali	3,4485135	-76,558709	Urbano

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.

ANEXO B. Total de individuos de aves por año.

Sitio	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio	Máximo
Bosque Escondido	378	368	241	296	569	330	364	569
Callejón Tabares						333	333	333
Camino a la Colina						116	116	116
Casa Pomarrosa						32	32	32
Ecoparque Bataclán		238	145	184	159	181	181	238
Ecoparque El Embudo						288	288	288
Ecoparque La Bandera					285	180	233	285
Ecoparque Lago de Las Garzas	132	301	119	96	152		160	301

Ecoparque Písamos	87		140	59		148	109	148
Ecoparque Río Pance	210	310	335	332	337	186	285	337
Hacienda Cañasgordas					181	112	147	181
Jardín Botánico de Cali					129		129	129
Lago de La Babilla	122						122	122
Laguna Charco Azul	207	205	410	394	645	323	364	645
Laguna El Pondaje	144	120		121	253	227	173	253
Parque del Acueducto	310	303	190	392	306	283	297	392
Parque del Limonar		147					147	147
Parques del Norte	423	268	317	420	243		334	423
Río Cali	230	161	125	243	148		181	243
Río Lili	495	428	419	300	365	255	377	495
Reserva Natural El Danubio	115	102	170	202	212	276	180	276
Ruta Siriri		170	203	253	81	159	173	253
Univalle	529	241	257	303	281		322	529
Zoológico de Cali			232	378	217	203	258	378

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.

ANEXO C. Promedio de individuos de aves por familia.

	Promedio							
Sitio	**Gavilanes**	**Palomas**	**Pavas**	**Reinitas**	**Loros**	**Tángaras**	**Colibríes**	**Atrapamoscas**
Bosque Escondido	4	20	23	3	45	41	9	44
Callejón Tabares	2	22	7	3	45	39	4	74
Camino a la Colina	1	7	2	2	6	15	3	16
Casa Pomarrosa	0	8	0	0	0	6	1	2
Ecoparque Bataclán	4	19	9	4	4	29	3	36
Ecoparque El Embudo	1	9	13	3	22	19	7	40
Ecoparque La Bandera	2	16	14	1	21	18	2	19
Ecoparque Lago de Las Garzas	0	4	0	3	12	9	4	13
Ecoparque Písamos	1	22	0	3	6	8	2	13
Ecoparque Río Pance	2	30	30	6	24	45	5	39
Hacienda Cañasgordas	3	12	2	10	6	23	2	15
Jardín Botánico de Cali	1	7	6	7	11	13	3	33
Lago de La Babilla	0	24	3	0	2	11	1	15

Laguna Charco Azul	6	24	0	1	10	6	2	29
Laguna El Pondaje	1	20	0	0	1	4	2	13
Parque del Acueducto	1	60	0	8	15	19	6	41
Parque del Limonar	0	14	0	0	5	10	2	25
Parques del Norte	2	72	0	5	21	28	11	65
Río Cali	1	33	0	5	14	12	7	29
Río Lili	4	53	3	13	41	41	12	61
Reserva Natural El Danubio	1	9	4	22	14	37	13	14
Ruta Sirirí	1	10	0	10	15	16	6	32
Univalle	2	29	1	7	33	33	11	58
Zoológico de Cali	4	48	5	6	13	28	14	28

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.

ANEXO D. Promedio de individuos de aves por gremio alimenticio.

	Promedio				
Sitio	**FruiNect**	**Invertebrate**	**Omnivore**	**PlantSeed**	**VertFishScav**
Bosque Escondido	48	109	68	82	56
Callejón Tabares	21	130	65	100	17
Camino a la Colina	9	52	26	18	11
Casa Pomarrosa	5	10	5	12	0
Ecoparque Bataclán	23	80	30	37	11
Ecoparque El Embudo	40	106	45	88	9
Ecoparque La Bandera	21	109	41	41	21
Ecoparque Lago de Las Garzas	10	79	18	41	11
Ecoparque Písamos	4	41	15	31	18
Ecoparque Río Pance	56	82	61	71	16
Hacienda Cañasgordas	11	58	32	36	9
Jardín Botánico de Cali	15	65	20	21	6
Lago de La Babilla	9	24	38	48	3
Laguna Charco Azul	5	90	90	94	85
Laguna El Pondaje	3	63	53	34	20
Parque del Acueducto	18	138	44	90	7
Parque del Limonar	10	59	24	49	5
Parques del Norte	31	113	55	117	18
Río Cali	12	67	41	52	9
Río Lili	40	128	71	108	30
Reserva Natural El Danubio	60	74	28	15	2

Ruta Siriri	14	77	33	35	13
Univalle	35	115	61	99	12
Zoológico de Cali	28	76	54	77	23

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.

ANEXO E. Promedio de variables ambientales.

	Promedio							
Sitio	**Construcción 500 m**	**Construcción 1500 m**	**Ruido 500 m**	**Ruido 1500 m**	**Altura de árbol 500 m**	**Altura de árbol 1500 m**	**NDVI 500 m**	**NDVI 1500 m**
Bosque Escondido	561,2192931	740,8875991	65,83969466	63,72031344	4,982826512	4,326312928	0,5832318114	0,601040264
Callejón Tabares	477,834299	783,9416109		60	4,466209598	4,426348999	0,6553404739	0,6375259465
Camino a la Colina	1167,844072	1408,815797		59,43997017	4,832188	5,388223334	0,643694	0,6423283248
Casa Pomarrosa	654,9538739	1456,76108		59,97826087	4,450195313	3,823744968	0,6260003665	0,6001435575
Ecoparque Bataclán	44,676789	744,1953958		63,03629893	6,317739	4,967346384	0,707074	0,6012709793
Ecoparque El Embudo	176,42785	235,4313669	63,87931	62,6517393	2,710372	4,895440696	0,633372	0,6628078465
Ecoparque La Bandera	463,718606	2032,300672		64,16585645	5,222222	3,749091898	0,683295	0,5647144815
Ecoparque Lago de Las Garzas	570,85628	422,3015783	64	64,83868955	4,857982	3,999844538	0,651055	0,6512707095
Ecoparque Písamos	6063,466161	6619,043648	65,19747417	64,26100152	3,715820289	3,281057126	0,3437711278	0,3227526623
Ecoparque Río Pance	10,935606	29,32851781			6,40098	7,482533464	0,708001	0,7433563495
Hacienda Cañasgordas	638,799882	661,1116394	62,902521	64,75348129	4,314169	3,357815491	0,622809	0,5693515448
Jardín Botánico de Cali	2331,399514	1704,331303	64,260128	60,96132786	4,410904	3,469668081	0,603697	0,5794552831
Lago de La Babilla	1268,539663	1002,267783	64,09621993	64,75260417	4,005896686	3,885096206	0,5136424955	0,5507346737
Laguna Charco Azul	6164,426664	6916,809327	65,07560137	63,68579553	3,569999982	2,706265595	0,3539146466	0,3059538191
Laguna El Pondaje	6577,583886	7414,913407	64,62242563	63,76475838	3,529365836	2,324313638	0,3694225114	0,2913527787
Parque del Acueducto	3064,319809	2981,166205	63,58897819	64,46341463	4,673216025	3,379716012	0,4613818173	0,4204209389
Parque del Limonar	3037,070976	3898,091047	66,061856	63,87033499	3,160656	2,837408333	0,426569	0,3964794277
Parques del Norte	1380,935983	1605,47347	64,190652	65,280251	4,305409	2,758742	0,40503	0,385743
Río Cali	2121,472082	2610,973	66,26800472	64,02083009	5,293829578	3,77739645	0,447329605	0,4511275001
Río Lili	1391,923031	1229,155667	63,64155251	64,77861599	4,159115044	3,988716525	0,5217872526	0,5481219716
Reserva Natural El Danubio	0,50621	3,273071			24,229717	23,109987	0,772802	
Ruta Siriri	1788,766535	2187,454541	67,25143513	64,56878036	4,400908206	3,813929851	0,5141113534	0,5028257794

Univalle	1317,511429	1864,752018	64,96547756	65,42782495	4,985000001	3,667705774	0,591029433	0,4853981486
Zoológico de Cali	2815,075812	2212,446737	61,927536	63,99444673	4,086417	3,838033988	0,573373	0,5428209333

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.

ANEXO F. Coeficiente de correlación (R^2) entre el número total de aves, las familias evaluadas (Thraupidae y Columbidae) y las variables ambientales.

	R^2 (Coeficiente de determinación)			
Variables ambientales\Dato de aves	Total aves 2020	Tángaras	Palomas	Invertebrate
Construcción - 500 m	0,0108	0,3005	0,4721	0,017
Construcción - 1500 m	0,0026	0,3605	0,3754	0,0076
Ruido - 500 m	0,0073	0,0161	0,0201	0,003
Ruido - 1500 m	0,0401	0,0083	0,2018	0,0365
Altura de árbol - 500 m	0,02	0,3231	0,2068	0,0004
Altura de árbol - 1500 m	0,0252	0,3336	0,2595	0,0018
NDVI - 500 m	0,0175	0,236	0,5799	0,0358
NDVI - 1500 m	0,021	0,2162	0,4359	0,0425

Fuente: elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Asociación Calidris.