

**Efectos de la urbanización en rasgos de personalidad  
en aves: el caso de *Zonotrichia capensis***

**Tesis**

**Entregada A La**

**Universidad De Chile**

**En Cumplimiento Parcial De Los Requisitos**

**Para Optar Al Grado De Magister**

**Magíster en Ciencias Biológicas**

**Facultad De Ciencias**

**Por**

**César Eduardo Muñoz Varela**

**Noviembre, 2024**

**Director de Tesis Dr: Rodrigo A. Vásquez Salfate**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**INFORME DE APROBACION**

**TESIS DE MAGÍSTER**

**Se informa a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias que la Tesis de Magíster presentada por el candidato**

**César Eduardo Muñoz Varela**

**Ha sido aprobada por la comisión de Evaluación de la tesis como requisito para optar al grado de Magíster en Ciencias Biológicas, en el examen de Defensa Privada de Tesis rendido el día 25 de septiembre de 2024**

**Director de Tesis:**

**Dr. Rodrigo Vásquez** .....

**Comisión de Evaluación de la Tesis**

**Dr. Pablo Sabat** .....

**Dr. Cristián Estades** .....



Biólogo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, titulado con mención en Recursos Naturales y Medio Ambiente el 2015 y miembro de la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC). El año 2021 ingresó al Laboratorio de Ecología Evolutiva del Comportamiento, a cargo del Dr. Rodrigo Vásquez, para cursar su magíster en Ciencias Biológicas, con el fin de profundizar sus estudios del comportamiento animal, sobre todo de las aves de Chile.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo debo agradecer al Dr. Rodrigo Vásquez, por permitirme ser parte de su laboratorio y darme la libertad de abordar este tema de investigación. En segundo lugar, a todos los miembros del laboratorio LEEC por la amistad y compañía, y en particular a Pablo Cornejo y Dr. Carlos Valeris, sin quienes no hubiera podido sortear las dificultades que se presentaron realizando esta investigación.

Agradezco también al Dr. David Veliz y Dr. Esteban Botero, por su ayuda y orientación en los análisis de datos y comentarios sobre procedimientos experimentales. También agradecer el constante apoyo y cariño de mis padres a la hora de decidir embarcarme en este proyecto, así como a mis amigos y mi hermana Bernardita, que siempre están y estarán cuando los necesite.

Finalmente, agradecer el apoyo (y paciencia) de mi polola Carla, quien no tuvo más que palabras de amor, consuelo y cariño durante este período; su apoyo hizo más llevaderos los momentos complejos, y más felices los logros obtenidos.

## ÍNDICE DE MATERIAS

ÍNDICE DE MATERIAS .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN.....	1
SUMMARY .....	3
1.INTRODUCCIÓN .....	5
HIPÓTESIS .....	12
2.MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3. RESULTADOS.....	21
4. DISCUSIÓN .....	34
CONCLUSIONES.....	40
5.BIBLIOGRAFÍA.....	42
6.ANEXOS.....	54

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción y promedio de valores (sin transformar) obtenidos de las variables medidas en ambos experimentos.....	20
<b>Tabla 2.</b> MANCOVA no paramétrico de la primera repetición del experimento de ambiente nuevo según sitio, con BCI como covariable. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Resultado permutaciones para cada variable del MANCOVA no paramétrico de la primera repetición del experimento de ambiente nuevo, con BCI como covariable. ..	22
<b>Tabla 4.</b> MANCOVA no paramétrico de la segunda repetición del experimento de ambiente nuevo según sitio, con BCI como covariable. ....	24
<b>Tabla 5.</b> Resultado permutaciones para cada variable del MANCOVA no paramétrico de la segunda repetición del experimento de ambiente nuevo, con BCI como covariable...	24
<b>Tabla 6.</b> Test de Kruskal-Walis para evaluar diferencias entre repeticiones en las tres variables del experimento de ambiente nuevo. ....	26
<b>Tabla 7.</b> Test de Kruskal-Walis para evaluar diferencias entre repeticiones en las tres variables del experimento de ambiente (sin outliers).....	29
<b>Tabla 8.</b> ANCOVA para tiempo de aproximación a objeto nuevo, con BCI como cofactor. ....	31
<b>Tabla 9.</b> ANCOVA para tiempo de aproximación a objeto nuevo, con largo de tarso como cofactor.....	31

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre sitios para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), para el primer experimento de ambiente nuevo (repetición 1). “\*” = diferencias significativas (ver resultados). N= 24. ....23
- Figura 2.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre sitios para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), para el primer experimento de ambiente nuevo (repetición 2). “\*” = diferencias significativas (ver resultados). N= 28. ....25
- Figura 3.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento de ambiente nuevo para sitio urbano.....27
- Figura 4.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento de ambiente nuevo para sitio no-urbano. ....28
- Figura 5.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento ambiente nuevo para sitio urbano (sin “outliers”). “\*” =  $p < 0.05$ . ....29

**Figura 6.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento ambiente nuevo para sitio no-urbano (sin “outliers”). .....30

**Figura 7.** Diagrama de cajas del experimento de objeto nuevo mostrando a) tiempo, b) índice de condición corporal (BCI), y c) largo de tarso, según sitio. Tiempo transformado mediante el método Box Cox.....31

**Figura 8.** Gráficos de correlación entre a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log) las tres variables del experimento de ambiente nuevo v/s tiempo del experimento de objeto nuevo para el sitio urbano, según cada repetición. Tempo latencia ( $\lambda$ ) = tiempo latencia experimento objeto nuevo (transformado mediante Box Cox). Sombreado corresponde al intervalo de confianza del 95%.....32

**Figura 9.** Gráficos de correlación entre a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log) las tres variables del experimento de ambiente nuevo v/s tiempo del experimento de objeto nuevo para el sitio no-urbano, según cada repetición. Tempo latencia ( $\lambda$ ) = tiempo latencia experimento objeto nuevo (transformado mediante Box Cox). Sombreado corresponde al intervalo de confianza del 95%.....33

## RESUMEN

Los ambientes urbanos se configuran como nuevos ambientes en constante expansión, imponiendo nuevos desafíos para los animales que logran habitarlos, los que a través de mecanismos como cambios conductuales logran sobrellevar estos desafíos. Es así como ha surgido un creciente interés en estudiar el papel de rasgos conductuales que se manifiestan de forma consistente entre individuos, llamados rasgos de personalidad, y cómo varían estos entre individuos de poblaciones urbanas y no urbanas, encontrándose por ejemplo casos de aves urbanas más exploradoras que su contraparte no urbana, como en la especie *Parus major* (Charmantier et al., 2017). Sin embargo, estos estudios son aún escasos en el neotrópico. En este estudio analicé el efecto de la urbanización en rasgos de personalidad en *Zonotrichia capensis* (chincol), un ave con una amplia distribución geográfica en el neotrópico, incluyendo zonas urbanas. Mediante dos pruebas estandarizadas evalué la conducta exploratoria y la neofobia en individuos de esta especie comparando dos grupos, uno urbano y otro de una zona no urbana (silvestre), y la existencia de diferencias en estos rasgos entre ambos sitios, además de evaluar la relación entre ambos y si esta difiere entre sitios. Los conjuntos de rasgos comportamentales diferentes entre poblaciones son considerados como parte de un síndrome de comportamiento. Contrariamente a las predicciones, las aves de ambos sitios presentaron una conducta de exploración frente a un ambiente nuevo similar, así como también fueron

igualmente neofóbicas frente a un objeto nuevo. Sin embargo, las aves urbanas resultaron significativamente menos neofóbicas que su contraparte no-urbana en cuanto a la neofobia ambiental. Tampoco encontré correlaciones entre estos rasgos en ninguno de los ambientes. Este estudio, el primero de este tipo para la especie, y de los pocos en Latinoamérica, refuerza la complejidad de estudiar la variabilidad en los rasgos de personalidad en animales que habitan ambientes urbanos. Los resultados resaltan la necesidad de realizar mayores estudios sobre la neofobia entre distintos ambientes, ya que pareciera ser un rasgo de personalidad que responde a cambios ambientales en esta especie.

## SUMMARY

Urban environments emerge as new environments in constant expansion, imposing new challenges to animals for them to inhabit there, which through mechanisms such as behavioral changes manage to overcome these challenges. This is how a growing interest has arisen in studying the role of behavioral traits that vary consistently between individuals, called personality traits, and how these differ between individuals in urban and non-urban populations. For example, in studies of *Parus major*, where urban birds were more exploratory than their non-urban counterparts (Charmantier et al., 2017). Nevertheless, these studies are yet scarce in the neotropics. In this study, I analyzed the effect of urbanization on the personality traits of the Rufous-collared sparrow (*Zonotrichia capensis*), a bird widely distributed across the Neotropic, including urban areas. Through two standardized tests, I evaluated the exploratory behavior and neophobia between birds of two sites, one urban and another not urban, and the existence of differences in these traits between sites, also evaluating the relation between both traits and if this relation differs between sites, as they are considered to be part of a behavioral syndrome. Contrary to my predictions, birds from both sites were equally explorers in a new environment, and equally neophobic to a new object. Nevertheless, urban birds were significantly less neophobic than their non-urban counterpart in their environmental neophobia. This study, the first for the species and one of the few in Latin America reinforces the complexity of studying personality trait variation in urban fauna. The results highlight the necessity for

more studies about neophobia between environments as it appears that this personality trait can respond to environmental changes in this species.

## 1.INTRODUCCIÓN

La urbanización se configura como una gran amenaza para la biodiversidad, debido al cambio de uso de suelo y la fragmentación de hábitat, entre otros factores (Marzluff, 2001; McKinney, 2006). Es en este contexto que los centros urbanos surgen como nuevos ecosistemas en constante aumento, exponiendo a la vida silvestre a presiones selectivas que muchas veces difieren drásticamente de los lugares donde esta ha evolucionado (Lowry et al., 2013a). Es así como se ha visto que algunas especies son fuertemente afectadas e incapaces de sobrevivir en ambientes urbanos, observándose una tendencia general a que la urbanización conlleva una disminución de la diversidad, generando un proceso conocido como “homogenización biótica” (McKinney, 2006). Sin embargo, también se han descrito otras especies que no solamente sobreviven en ambientes urbanos, sino que lo hacen de manera exitosa, ocurriendo en grandes números con altos valores reproductivos, especies conocidas como “adaptadoras” o “explotadoras”(Humphrey et al., 2023; McKinney, 2006)

Dentro de los mecanismos que podrían explicar cómo estas especies logran adaptarse a los nuevos ambientes urbanos, las investigaciones muestran abundantes casos de modificaciones conductuales, una mayor flexibilidad conductual, y/o una alta capacidad de innovación, entre otros que permitirían a los animales sobrellevar diferentes presiones

selectivas y así mejorar su adecuación biológica (Diego Ibáñez-Álamo & Soler, 2010; Wright et al., 2010).

Además, se ha observado como ciertas especies presentan diferencias inter-individuales y/o inter-poblacionales, y que son consistentes en sus comportamientos, relacionados a ciertos rasgos tales como reactividad, exploración, sociabilidad y evasión frente a lo nuevo (Humphrey et al., 2023; Réale et al., 2007). Es así como esta variabilidad conductual intraespecífica, persistente a nivel individual en el tiempo y bajo distintas situaciones, conforma lo que se conoce como personalidad (Réale et al., 2007). De esta manera la personalidad de un animal puede determinar cómo responderá frente a situaciones nuevas, riesgosas o desafiantes, tales como las que podrían encontrarse en ambientes urbanos, por lo que resulta esperable que ciertos rasgos en las personalidades se vean favorecidos naturalmente en estos ambientes (Breck et al., 2019; Lapiedra et al., 2017). Dicho esto, a la hora de estudiar las personalidades en animales, éstas se han cuantificado tradicionalmente en poblaciones únicas. Pero últimamente ha incrementado el interés de buscar diferencias en las personalidades entre poblaciones, considerando que las presiones selectivas que actúan sobre ciertas combinaciones de comportamientos podrían diferir entre poblaciones dependiendo de las diferentes condiciones ambientales a nivel local (Dingemanse et al., 2002; van Dongen et al., 2010). Es así como a la hora de investigar las variaciones en rasgos de la personalidad en fauna urbana, se ha visto como emergen ciertos patrones contrastantes entre esta y la no-urbana, encontrándose casos en que, por ejemplo, aves urbanas serían más audaces (bolder, en inglés) y más territoriales que sus contrapartes no urbanas (Evans et al., 2010), además de más tolerantes frente al

acercamiento de los humanos, tardando más en huir de estos (Samia et al., 2017), lo que lleva a hipotetizar una posible relación entre la audacia y el éxito de un animal para adecuarse a las áreas urbanas (Lowry et al., 2013a). Sin embargo, otros autores cuestionan esta asociación, señalando que la evidencia muestra casos donde la fauna urbana resulta más tolerante a los humanos y tiene mejor desempeño en la resolución de problemas, pero a la vez es más cauta frente a nuevos desafíos, rasgo conocido como “neofobia”, lo que probablemente los volvería más exitosos para afrontar cambios ambientales (Lapiedra et al., 2017; Miranda et al., 2013a).

Uno de los rasgos más investigados en el estudio de la personalidad animal, y por consecuencia, en los estudios comparativos entre animales no-urbanos y urbanos, es justamente el rasgo de audacia (*boldness* en inglés), el cual se ha definido como la propensión a correr riesgos, especialmente en situaciones nuevas (Coleman & Wilson, 1998)(Coleman & Wilson, 1998), pero también se ha definido como la respuesta a situaciones riesgosas y/o amenazantes (véase Réale et al., 2007)Réale et al., 2007). Una forma común para medir este rasgo en aves consiste en medir la tolerancia a la perturbación a través de la distancia inicial de vuelo (*flight initial distance*, *FID* en inglés) en respuesta a la aproximación de un humano (Lowry et al., 2013a) . Por ejemplo, Samia et al. (2017), estudió los cambios en la evaluación de riesgo de depredación de 32 especies de aves en 92 pares de poblaciones urbanas y no-urbanas en un gradiente latitudinal en Europa, encontrando una tendencia general de las aves urbanas a tolerar un mayor acercamiento de humanos. Esta diferencia en este rasgo permitiría sobrellevar la presencia

constante de los humanos en el hábitat urbano, y no gastar energía innecesariamente escapando del acercamiento de las personas y sus actividades (Samia et al., 2017)

Otro rasgo frecuentemente analizado para estudiar la personalidad es la neofobia, que corresponde a una aversión a lo nuevo (i.e., lo previamente desconocido) y proteger al organismo del peligro (Mettke-Hofmann, 2022), siendo una de las formas más usadas la realización de estudios sobre neofobia de objetos, mediante lo que se denomina experimento de objeto nuevo, aunque no es la única aproximación para su estudio (Kimball & Lattin, 2023a; Mettke-Hofmann, 2022). Los resultados son complejos en cuanto a la relación entre neofobia y ambientes urbanos, dado que hay estudios donde las aves urbanas muestran mayor neofobia (Miranda et al., 2013a), mientras que en otros casos la relación fue inversa (Biondi et al., 2020; Riyahi et al., 2017a; Ryan & Partan, 2014), o incluso estudios sin ninguna variación significativa (Echeverría & Vassallo, 2008). Además, se ha estudiado su relación con otros rasgos, como neofilia o exploración, encontrándose, por ejemplo, que neofobia y neofilia son dos rasgos independientes, por lo que no son las antípodas de una misma variable (Greenberg & Mettke-Hofmann, 2001). Además, algunos estudios han evidenciado correlaciones existentes entre neofobia y conducta exploratoria en aves silvestres, conformando lo que se conoce como síndrome de comportamiento, encontrando por ejemplo, una menor exploración asociada a mayor neofobia (Riyahi et al., 2017), o una correlación positiva entre la neofobia a objetos nuevos y la exploración de objetos nuevos (Miranda et al., 2013a), mientras que otros estudios han encontrado una relación negativa (Mettke-Hofmann et al., 2005). A la vez existe

evidencia de una flexibilización de estos rasgos en áreas urbanas, llevando a romper la relación entre ambos rasgos (véase e.g., Biondi et al., 2020; Riyahi et al., 2017).

Finalmente, otro de los rasgos de personalidad comúnmente estudiado en animales es la conducta exploratoria, la cual permite a un animal adquirir información acerca del ambiente que lo rodea (Dingemanse et al., 2002), y generalmente se evalúa como el tiempo y espacio que los individuos se desplazan a través de un ambiente nuevo, i.e., previamente desconocido (Atwell et al., 2012). La tendencia general respecto de este rasgo en ambientes urbanos indicaría que los individuos de poblaciones urbanas serían más exploradores que sus contrapartes silvestres, i.e., de áreas no urbanizadas (Atwell et al., 2012; Lapiedra et al., 2017; Thompson et al., 2018, Moule et al., 2016). Además, en aves se ha visto que este rasgo estaría relacionado positivamente con audacia frente a objetos nuevos, comportamientos riesgosos y agresividad (Drent et al., 2003; Verbeek et al., 1996).

Todo lo anterior evidencia como en los últimos años ha ocurrido un aumento significativo de las investigaciones sobre personalidad animal (Carere & Maestripieri, 2013), y su efecto en la fauna urbana, pero principalmente en países desarrollados, mayoritariamente en regiones templadas del hemisferio norte (Breck et al., 2019; Miranda, 2017; Riyahi et al., 2017a). En comparación, los estudios realizados en Sudamérica han sido escasos, más aun considerando la gran diversidad de fauna silvestre que tiene este subcontinente (Reboreda et al., 2019), y el reciente y veloz aumento en la urbanización comparado con Norteamérica y Europa en los últimos 50 años (Cerrutti & Bertonecello, 2003).

En el caso de Sudamérica, en los últimos años, han surgido algunos estudios en la especie *Zonotrichia capensis* (chincol) un passeriforme neotropical con una amplia distribución desde el sur de México hasta Cabo de Hornos, enfocados mayoritariamente en su eco-fisiología y comportamiento, principalmente en Chile (véase Addis et al., 2013; V. Echeverría et al., 2018; Poblete et al., 2021, 2023; Ruiz et al., 2002; Sabat et al., 2004, 2006), pero también en otras zonas de su distribución (véase Peña-Villalobos et al., 2013; Stevenson et al., 2012). Además, han surgido estudios analizando aspectos sobre rasgos de la personalidad de esta especie, como el estudio de Maldonado et al. (2012a), donde encontraron diferencias en la conducta exploratoria de *Z. capensis*, siendo mayor en ambientes más estables climáticamente. Por otro lado, estudios como los Ruiz et al. (2002) o Fernández et al. (2023) encontraron efectos negativos del nivel de urbanización en la condición corporal de esta especie y en el nivel de estrés de los mismos. Finalmente, van Dongen et al. (2010) investigaron la repetibilidad de 3 medidas de conducta exploratoria, encontrando una tendencia a la alta repetibilidad entre intentos, lo que sugiere una mayor variación interindividual que intraindividual en las variables medidas. Además, no encontraron variaciones geográficas entre las 3 poblaciones (sitios silvestres no-urbanos), separadas por al menos 700 km de distancia, en los 3 estimadores de conducta exploratoria, sugiriendo que la magnitud de la conducta exploratoria sería una característica fija o inflexible, no afectada por el ambiente local, para esta especie, pero a su vez, las variaciones inter-poblacionales en la repetibilidad de diferentes aspectos de la conducta exploratoria, sugieren que dentro de estas poblaciones los individuos tendrían diferentes estrategias de exploración.

De esta manera considerando su amplia distribución neotropical y los variados ambientes donde habita, los antecedentes sobre las variaciones conductuales y de personalidad en las aves en respuesta a la urbanización, y teniendo en cuenta los antecedentes sobre posibles variaciones en rasgos de personalidad en *Z. capensis*, resulta pertinente proponer a esta especie como modelo de estudio para preguntarse como varía la personalidad frente a la urbanización. Considerando que los ambientes urbanos muchas veces presentan una serie de cambios ambientales rápidos y drásticos en las condiciones ambientales para los organismos que los habitan, como contaminación, nuevas presiones selectivas, interacciones planta-animal alteradas (Atwell et al., 2012; Sih et al., 2011), se esperaría que existiesen diferencias en rasgos como conducta exploratoria y neofobia entre individuos de la matriz urbana e individuos de zonas no urbanas, indicando como las variaciones en el ambiente pueden producir y favorecer distintas respuestas en la personalidad de los individuos para sobrellevar los desafíos que impone un ambiente urbano (Lowry et al., 2013; Sol et al., 2013). Sin embargo, el estudio de van Dongen et al (2010) no encontró diferencias en la magnitud de la conducta exploratoria entre poblaciones que habitan ambientes no-urbanos distintos, aunque este estudio no incluyó ambientes urbanos, pero a la vez si encontró gran variabilidad en la repetibilidad de los distintos aspectos de la conducta exploratoria entre poblaciones. Por lo tanto, la interrogante sobre qué ocurriría al comparar poblaciones no-urbanas con poblaciones urbanas, a una misma latitud, es una pregunta vigente que requiere investigación, sobre todo incluyendo variables asociadas a la convivencia con los humanos, como podría ser conductas asociadas a exploración, o a la neofobia (Biondi et al., 2020).

Es por lo anterior que en este estudio se analizó el efecto de la urbanización en la conducta de *Z. capensis*, midiendo conducta exploratoria y neofobia para individuos que habitan en la región de Santiago de Chile, que incluye sitios urbanos y sitios no-urbanos (i.e., silvestres). Además, se analizó qué efecto tiene la urbanización en la relación entre conducta exploratoria y neofobia, considerados como parte de un síndrome de comportamiento (Biondi et al., 2020; Miranda et al., 2013a). Se espera que en ambientes urbanos exista una mayor cantidad de fenotipos conductuales distintos a los de ambientes no urbanizados, generando diferencias en rasgos conductuales asociados a la personalidad, como respuesta a vivir en ambientes urbanos, permitiendo su colonización.

### **HIPÓTESIS**

Se hipotetiza que en *Z. capensis*, los individuos de zonas urbanas son menos neofóbicos y más exploradores que los de su contraparte no-urbana, siendo los primeros más tolerantes y ajustables a las nuevas condiciones que presenta este tipo de ambientes generados producto de las actividades humanas, ya que en ambientes heterogéneos y expuestos constantemente a la presencia humana en zonas urbanizadas, los individuos con estas características podrían encontrar más fácilmente nuevas fuentes de alimento, ahorrar energía e incrementar su tiempo de alimentación y explorar más rápidamente estos hábitats (Lapiedra et al 2017, Biondi et al 2020, Bókony et al 2012)

Se predice que, al ser sometidas a un experimento de objeto nuevo, las aves urbanas serán menos tímidas y demorarán menos tiempo en acercarse a éste para alimentarse. De la misma manera, se predice que, al ser sometidos a un experimento de ambiente nuevo, los ejemplares urbanos serán más exploradores, moviéndose más y visitando una mayor parte

de este ambiente, en comparación con los ejemplares no urbanos. Además, se espera la existencia de una relación entre conducta exploratoria y neofobia en aves de zonas no-urbanas, y que esta relación no sea observada en los ejemplares de zonas urbanas,

## 2.MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio y especie de estudio

En este estudio se trabajó con *Zonotricha capensis* (chincol), paseriforme neotropical de la familia *Passerellidae*, que habita desde el sur de México hasta Cabo de Hornos, en el extremo sur de Sudamérica, desde el nivel del mar hasta los 4600 m de altitud, y en una gran diversidad de hábitats, con preferencia a zonas abiertas, siendo además un ave común en zonas urbanas a lo largo de su distribución, incluyendo a Chile (véase e.g., (Addis et al., 2013; Egli & Vásquez, 2018; Poblete et al., 2023; Rising & Jaramillo, 2020; van Dongen et al., 2010). Esta diversidad de hábitats se ve reflejada en la descripción de 27 subespecies para *Z. capensis* (Rising & Jaramillo, 2020).

El área urbana donde se realizó el estudio corresponde al campus Juan Gómez Millas, de la Universidad de Chile (Anexo 2), ubicado en la región metropolitana de Santiago, comuna de Ñuñoa (33°28'10.57"S, 70°35'46.87"O), mientras que el área no-urbana o silvestre corresponde al sector de Rinconada de Maipú (Sector Quebrada Pajaritos), ubicada aproximadamente 30 km al oeste de la ciudad de Santiago, comuna de Maipú (33°28'53.15"S, 70°49'23.37"O) y administrado por la Universidad de Chile (Anexo 2). Ambos sitios se sitúan en un ambiente con un clima mediterráneo, del tipo templado cálido con veranos secos y lluvias invernales (Kottek et al, 2006, Beck et al 2023), las que promedian los 312 mm (Meteochile), a pesar de que desde el año 2010, la zona central del

país se encuentra atravesando un déficit en las precipitaciones, lo que es considerado como una megasequía (Garreaud et al 2019).

## **2.2. Captura de aves**

Entre los meses de julio-agosto de 2022 (invierno austral), se capturaron un total de 39 aves adultas no reproductivas, 18 de estas capturadas en la zona urbana y 21 en la zona no-urbana. Los ejemplares capturados fueron anillados con anillas de aluminio con un código individual, fueron medidos y pesados, y luego llevados al laboratorio ubicado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, donde fueron mantenidos en jaulas individuales (100 x 40 x 40 cm) con agua y comida en base a semillas *ad libitum*, hasta la realización de los experimentos, manteniéndose en cautiverio por un total de 3 días. Una vez finalizados, las aves fueron liberadas en el mismo sitio de captura, previa toma de fotografías de alas y cuerpo.

## **2.3 Procedimientos experimentales**

### **2.3.1 Conducta exploratoria.**

El experimento para evaluar la conducta exploratoria se realizó en dos días distintos para cada uno de los 39 individuos (Tabla 1), primero el mismo día de captura, donde solamente se obtuvieron 24 experimentos exitosos (12 por sitio), y una segunda vez el tercer día, donde solamente 28 lo completaron (14 por sitio). Un total de 19 individuos completaron ambos experimentos (10 en área urbana y 9 en área no-urbana). El rasgo en cuestión se evaluó mediante un experimento de ambiente nuevo, siguiendo la metodología descrita en van Dongen et al. (2010). Cada ave fue puesta primero en una pequeña jaula de

aclimatación (30 cm largo x 25 cm ancho x 39 cm alto) cubierta con una tela oscura, la cual fue colocada a su vez en una de las esquinas de un aviario portable (270 x 150 x 150 cm), hecho con tubos de aluminio y cubierto con una tela negra sombreada semitransparente, el cual fue situado al exterior en un área del campus universitario de acceso restringido, sin flujo de personas. Cinco perchas de madera (80 cm de largo y 2 cm de diámetro) fueron colgadas a la jaula en forma diagonal a varias alturas (entre 50 y 110 cm sobre el suelo) (Anexo 1). Luego de un período de cinco minutos de aclimatación, la tela que cubría la jaula fue removida y su puerta fue abierta, permitiendo que el ave saliera. Por 10 minutos el comportamiento del ave fue grabada, en primera instancia utilizando una cámara Canon 70D y un lente 18-135mm o con un smartphone Samsung A52 en calidad full HD (1920x1080) montado en un trípode frente a una de las caras laterales del aviario a aproximadamente 2 m de este. Posteriormente, se analizaron los videos y se registró la cantidad de movimientos (i.e., saltos y vuelos) así como la posición dentro del aviario y tiempo del ave en cada una de las 15 zonas determinadas (5 perchas, cara lateral y trasera del aviario, 2 zonas para techo, 2 para suelo, y 2 para cada cara lateral, Anexo 1). Los videos fueron analizados mediante el software Boris 8.2 (Friard & Gamba, 2016). Al finalizar la prueba, las aves fueron recapturadas con una red de entomológica, y devueltas a su jaula individual. Los experimentos no exitosos se debieron a diversos factores, como aves que no salieron de la jaula de aclimatación, factores externos que afectaron el intento, o complicaciones en la salud del ave que obligaron a no realizar alguno de los intentos para priorizar la salud de esta.

Para cuantificar la variación en la conducta exploratoria se calcularon las siguientes variables: (1) tasa de saltos, calculada como la cantidad de saltos en relación a los movimientos totales. Debido a que en esta especie se pudo observar que los vuelos son principalmente asociados a intentos de escape de la jaula, resulta más representativo utilizar los saltos como proxy de exploración del aviario (Jablonszky et al., 2020); (2) índice de diversidad exploratoria (van Dongen et al. 2010) cuantificada usando el índice de diversidad de Brillouin, apropiado cuando la posibilidad de visitar un área particular no es igual (Botero-Delgadillo et al., 2020). Para calcular este índice, se usaron las frecuencias de visitas a 8 zonas del aviario (5 perchas, 2 en suelo, y 1 considerando todas las paredes, véase Anexo 1). La exclusión de las zonas asociadas al techo, y la asignación de las paredes laterales como una sola zona, se deben a que esta ave se desplaza principalmente en el suelo y no trepa por las paredes o el techo, y los contactos con las zonas mencionadas son breves, y casi exclusivamente asociados a colisiones con la malla o intentos de escape; (3) tiempo de salida de la jaula de aclimatación o latencia de salida, variable no considerada en estudios similares. Se registró además el número de individuos que no salieron de la jaula de aclimatación en el lapsus de 10 minutos.

### **2.3.2 Neofobia**

Para evaluar el grado de neofobia en las aves, se realizó un experimento de objeto nuevo a 36 individuos, 16 urbanos y 20 no-urbanos, de los cuales solamente 32 fueron utilizados finalmente (14 urbanos y 18 no urbanos, Tabla 1), ya que contaban con los datos del Índice de Condición Corporal (véase sección 2.4 para detalles) disponibles (véase Biondi et al., 2020; Funghi et al., 2015). El experimento consistió primero en retirar el comedero de la

jaula donde se mantienen las aves, dejando al animal sin alimento por 60 minutos. Luego, se reintrodujo el comedero, con un objeto nuevo, no familiar (un destacador amarillo) en su interior (Anexo 3). Por medio de una grabación en video (véase métodos de conducta exploratoria) se procedió a cuantificar el tiempo de latencia que le toma al ave acercarse al comedero, dejando un lapso de 10 minutos (600 segundos), utilizando el software Boris 8.21. (Friard & Gamba, 2016).

## **2.4 Análisis estadísticos**

Una visión general de las variables medidas y los valores medios se puede observar en la Tabla 1.

Todos los datos fueron sometidos a evaluaciones de los supuestos para análisis paramétricos (distribución normal, homogeneidad de varianzas), y transformados en caso de no cumplir estos supuestos. En los casos en que estas transformaciones no lograron normalizar los datos, se procedió a utilizar test no paramétricos. Debido a que, en el experimento de ambiente nuevo, algunos individuos no salieron de la jaula de aclimatación, se procedió a realizar *a priori* una prueba exacta de Fisher para evaluar la existencia de diferencias significativas entre sitios en cuanto a cantidad de individuos que salen v/s los que no salen de la jaula.

Para evaluar la existencia de diferencias en la conducta exploratoria de las aves entre sitios, se procedió a realizar un análisis multivariado de covarianza (MANCOVA por sus siglas en inglés) no paramétrico para cada repetición, mediante la función *adonis2* del paquete “vegan” (Oksanen J et al., 2024), utilizando tres variables con un bajo índice de

correlación (Anexo 6 y Anexo 7) como variables respuesta: Índice de diversidad, tasa de saltos y tiempo de salida; además del sitio como variable predictora, y el Índice de Condición Corporal (BCI por sus siglas en inglés) como covariable (Tabla 1), el cual se calcula obteniendo los residuales de la regresión entre el peso y el largo de tarso de los individuos (Labocha & Hayes, 2012) . Luego, en caso de encontrar un resultado significativo entre sitios, se procedió a realizar un análisis de permutaciones a posteriori, para analizar el efecto de cada variable en la diferencia encontrada. Sumado a lo anterior, se analizaron las diferencias en las distintas variables entre repeticiones para cada sitio, utilizando una prueba de Kruskal-Wallis (no paramétrica), para comprobar si existió variabilidad significativa atribuible a la repetición del experimento.

Por otro lado, para analizar las diferencias del tiempo de latencia frente al objeto nuevo entre sitios, se procedió a realizar un análisis de covarianza (ANCOVA por sus siglas en inglés: Analysis of Covariance), utilizando el tiempo de acercamiento al comedero, en segundos, como variable respuesta, y el Índice de Condición Corporal (BCI) como covariable.

Finalmente, para evaluar la existencia de posibles relaciones entre neofobia y conducta exploratoria, se realizaron análisis de correlaciones de Spearman entre cada par entre el tiempo de latencia frente al objeto nuevo y cada una de las tres variables asociadas a conducta (tiempo de salida, índice de diversidad y tasa de saltos), separando entre los sitios y la repetición cada vez. Los valores de P fueron corregidos por pruebas múltiples usando el método de Holm-Bonferroni (Holm, 1979). Todos los análisis fueron realizados

utilizando el software R (v4.3.1; R Core Team, 2023) mediante la plataforma R Studio (Posit team, 2024).

**Tabla 1.** Descripción y promedio de valores (sin transformar) obtenidos de las variables medidas en ambos experimentos.

Prueba conductual	Rasgo conductual	Variable medida	Valores promedio	
			(SD) #01	(SD) #02
<b>Ambiente nuevo</b>	Conducta exploratoria	Diversidad exploratoria (índice de Brillouin)	Urbano (n=12) 0,8(0,3)	No-urbano (n=12) 0,7(0,3)
		Tasa de saltos (saltos/total movs)	0,6(0,3)	0,8(0,3)
		Tiempo de salida (en segundos)	8,4(17,7)	173,6(127,7)
<b>Objeto nuevo</b>	Neofobia	Tiempo aproximación comedero (segundos)	Urbano (n=14) 59,7(65,1)	No-urbano (n=18) 42,1(57,6)

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Diferencias morfológicas entre poblaciones**

Se encontraron diferencias significativas en el tamaño del tarso de las aves por sitio, medida utilizada comúnmente como proxy de tamaño corporal (Fernández et al., 2023b), siendo las aves del área no-urbana significativamente más grandes que las del área urbana (t-test,  $p=0.00286$ ,  $n=38$ ). Sin embargo, no hubo diferencias significativas con masa corporal ni con BCI (t-test,  $p=0.409$  y  $p=0.861$ , respectivamente) entre sitios.

#### **3.2 Conducta exploratoria**

##### **3.2.1 Diferencias en cantidad de salidas efectivas.**

No se encontraron diferencias significativas en las salidas efectivas de la jaula de aclimatación entre sitios, es decir en el número de individuos que salen v/s los que no salen de la jaula de preliberación, considerando ambas repeticiones ( $p=0.1054$ ), tampoco para sitios en cada repetición (Repetición 1  $p=0.4848$ , Repetición 2  $p=0.1801$ ). Además, no se encontraron diferencias entre repeticiones sin considerar sitio ( $p=0.283$ ), ni entre repeticiones para cada sitio (Urbano  $p=0.3402$ , No urbano  $p=0.7342$ ),

##### **3.2.2 Primera repetición (día 1)**

El Mancova no paramétrico, considerando el Índice de Condición Corporal (BCI) como covariable, arrojó diferencias significativas entre sitios ( $p=0.001$ ), pero no para el efecto de BCI ( $p=0.676$ ) (Tabla 2). Al realizar las permutaciones correspondientes para evaluar

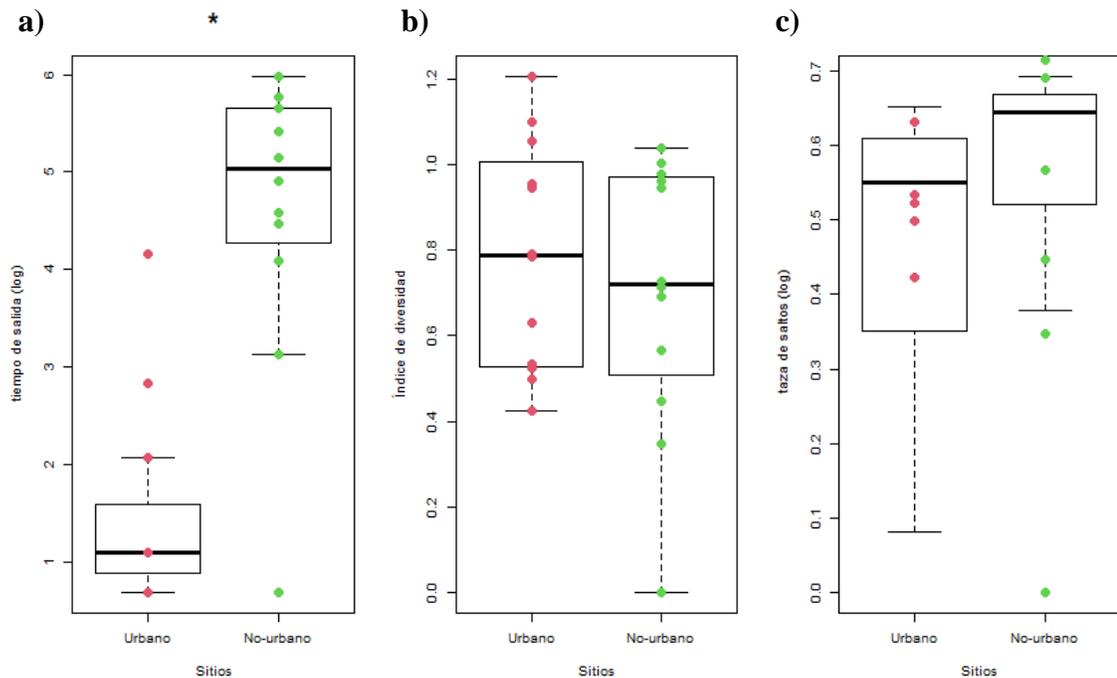
la significancia de cada variable (Tabla 3), se encontraron diferencias significativas entre sitios, solamente en el tiempo de salida ( $p= 0.001$ ), pero no hubo efecto de la covariable (BCI,  $p= 0.774$ ). Gráficamente, se aprecia una clara diferencia en los tiempos de salida entre sitios, siendo este menor en los individuos urbanos, es decir, estos salieron más rápido de la jaula de preliberación que su contraparte de no-urbana (Figura 1).

**Tabla 2.** MANCOVA no paramétrico de la primera repetición del experimento de ambiente nuevo según sitio, con BCI como covariable.

	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>	1	59.584	0.6035	32.2873	0.001
<b>BCI</b>	1	0.3868	0.0039	0.2096	0.66
<b>Residual</b>	21	38.754	0.3925		
<b>Total</b>	23	98.7249	1		

**Tabla 3.** Resultado permutaciones para cada variable del MANCOVA no paramétrico de la primera repetición del experimento de ambiente nuevo, con BCI como covariable.

<b>Índice de diversidad</b>	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>	1	0.0437	0.0227	0.5399	0.455
<b>BCI</b>	1	0.1799	0.0934	2.2203	0.149
<b>Residual</b>	21	1.701	0.8838		
<b>Total</b>	23	1.9246	1		
<b>Tiempo salida (log)</b>	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>	1	59.4775	0.6206	34.4893	0.001
<b>BCI</b>	1	0.1536	0.0016	0.0891	0.774
<b>Residual</b>	21	36.215	0.3778		
<b>Total</b>	23	95.8461	1		
<b>Tasa de saltos (log)</b>	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>	1	0.0628	0.0658	1.5729	0.237
<b>BCI</b>	1	0.0534	0.0559	1.337	0.273
<b>Residual</b>	21	0.8381	0.8783		
<b>Total</b>	23	0.9542	1		



**Figura 1.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre sitios para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), para el primer experimento de ambiente nuevo (repetición 1). “\*” = diferencias significativas (ver resultados). N= 24.

### 3.2.3 Segunda repetición (día 3)

El Mancova no paramétrico, considerando el Índice de Condición Corporal (BCI) como covariable, encontró diferencias significativas entre sitios ( $p= 0.002$ ) y también en el efecto de BCI ( $p= 0.007$ ) (Tabla 4). Al realizar las permutaciones correspondientes para evaluar la significancia de cada variable, se encontraron diferencias significativas entre sitios, solamente en el tiempo de salida ( $p= 0.04$ ), además de un efecto significativo de la covariable (BCI,  $p= 0.04$ ) (Tabla 5). Gráficamente (Figura 2) se aprecia una clara

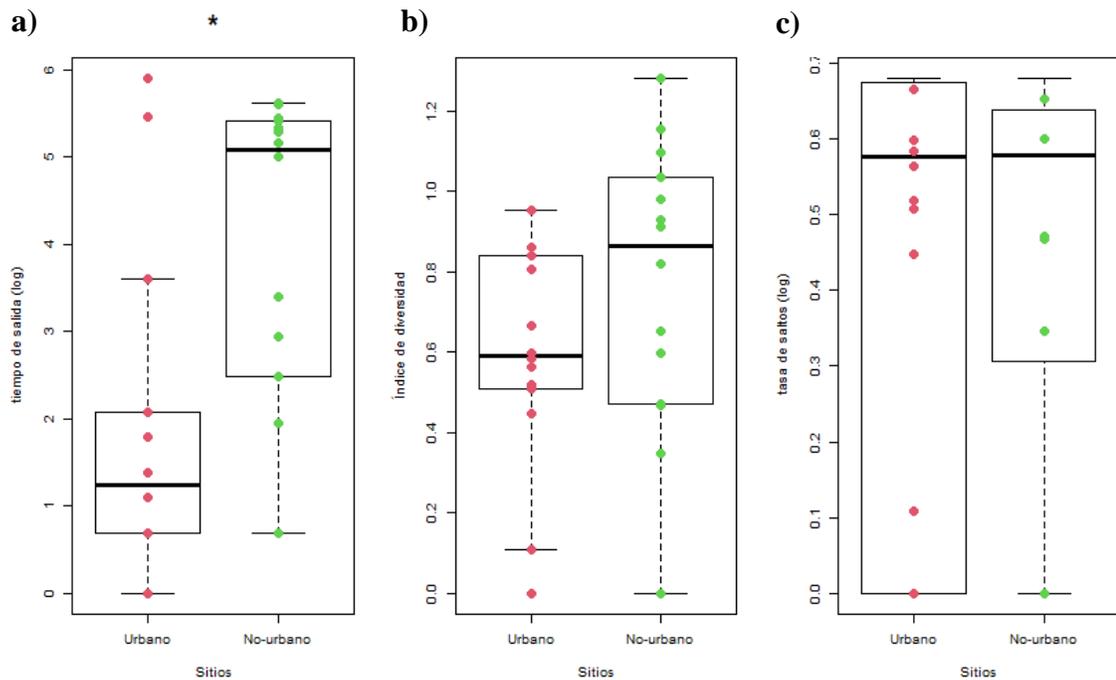
diferencia en los tiempos de salida entre sitios, siendo éste menor en los individuos urbanos, es decir, salen más rápido de la jaula de preliberación que su contraparte de no-urbana, similar a los resultados de la primera repetición.

**Tabla 4.** MANCOVA no paramétrico de la segunda repetición del experimento de ambiente nuevo según sitio, con BCI como covariable.

	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>	1	29.1129	0.2391	10.6375	0.002
<b>BCI</b>	1	24.2139	0.1989	8.8474	0.007
<b>Residual</b>	25	68.4206	0.562		
<b>Total</b>	27	121.7473	1		

**Tabla 5.** Resultado permutaciones para cada variable del MANCOVA no paramétrico de la segunda repetición del experimento de ambiente nuevo, con BCI como covariable.

<b>Índice de diversidad</b>	<b>de</b>	<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>		1	0.2147	0.0744	2.0184	0.157
<b>BCI</b>		1	0.0125	0.0043	0.1174	0.732
<b>Residual</b>		25	2.6593	0.9213		
<b>Total</b>		27	2.8865	1		
<b>Tiempo salida (log)</b>		<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>		1	28.8869	0.2475	11.349	0.004
<b>BCI</b>		1	24.1997	0.2073	9.5075	0.004
<b>Residual</b>		25	63.6332	0.5452		
<b>Total</b>		27	116.7198	1		
<b>Tasa de saltos (log)</b>		<b>Df</b>	<b>SumOfSqs</b>	<b>R2</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Sitio</b>		1	0.0113	0.0053	0.1322	0.695
<b>BCI</b>		1	0.0017	8e-04	0.0202	0.88
<b>Residual</b>		25	2.1281	0.9939		
<b>Total</b>		27	2.1411	1		



**Figura 2.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre sitios para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), para el primer experimento de ambiente nuevo (repetición 2). “\*” = diferencias significativas (ver resultados). N= 28.

### 3.3 Diferencias entre repeticiones

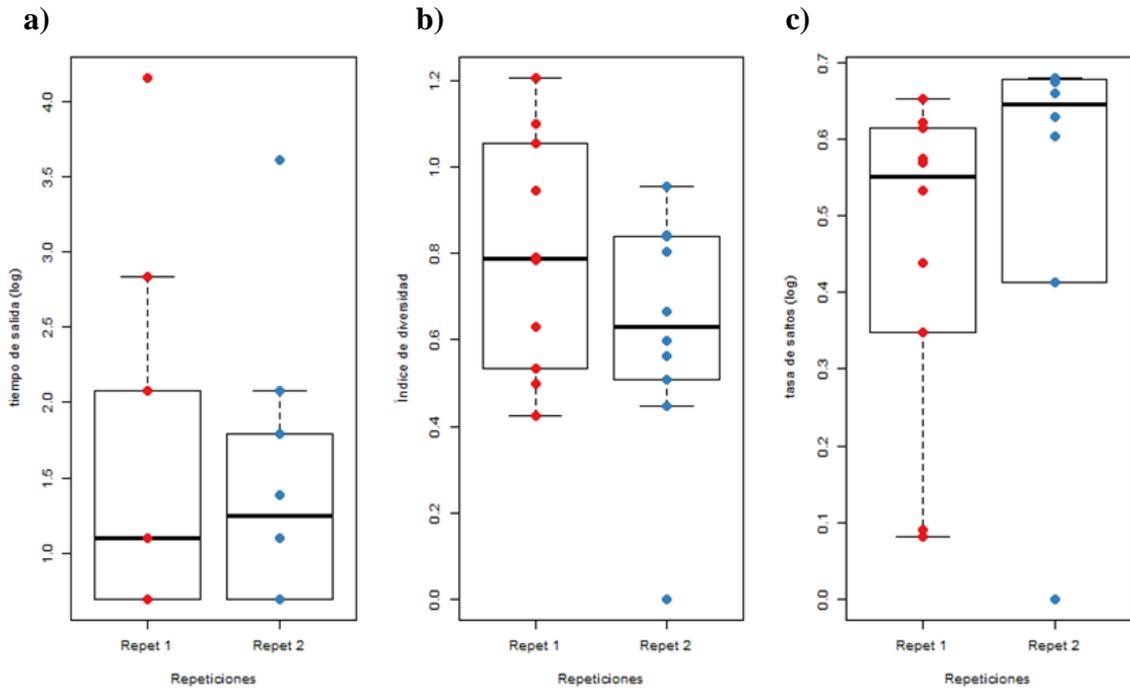
Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis para testear diferencias entre repeticiones del experimento de conducta exploratoria para las 3 variables medidas, mostraron que no existen diferencias significativas en ninguna de las variables, en ninguno de los 2 sitios (Tabla 6 y Tabla 7). Al analizar visualmente los diagramas de caja o “boxplot” (Figura 3 y Figura 4 es posible distinguir algunos datos que podrían tratarse como atípicos o “outliers”. Sin embargo, debido a que no se encontraron razones biológicas o

experimentales que justificasen su eliminación, se consideró que lo correcto es mantener esos datos. Dicho lo anterior, y a modo de prueba, al retirar estos outliers usando el criterio del método IQR, es decir eliminar datos sobre 1.5 IQR del 3er quintil, o 1.5 IQR debajo del 1er quintil, y correr nuevamente el test de Kruskal-Wallis para las diferencias, la única diferencia significativa observada entre repeticiones fue en la tasa de saltos para el área urbana ( $p=0.009$ ), (Figura 5 y Figura 6).

**Tabla 6.** Test de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias entre repeticiones en las tres variables del experimento de ambiente nuevo.

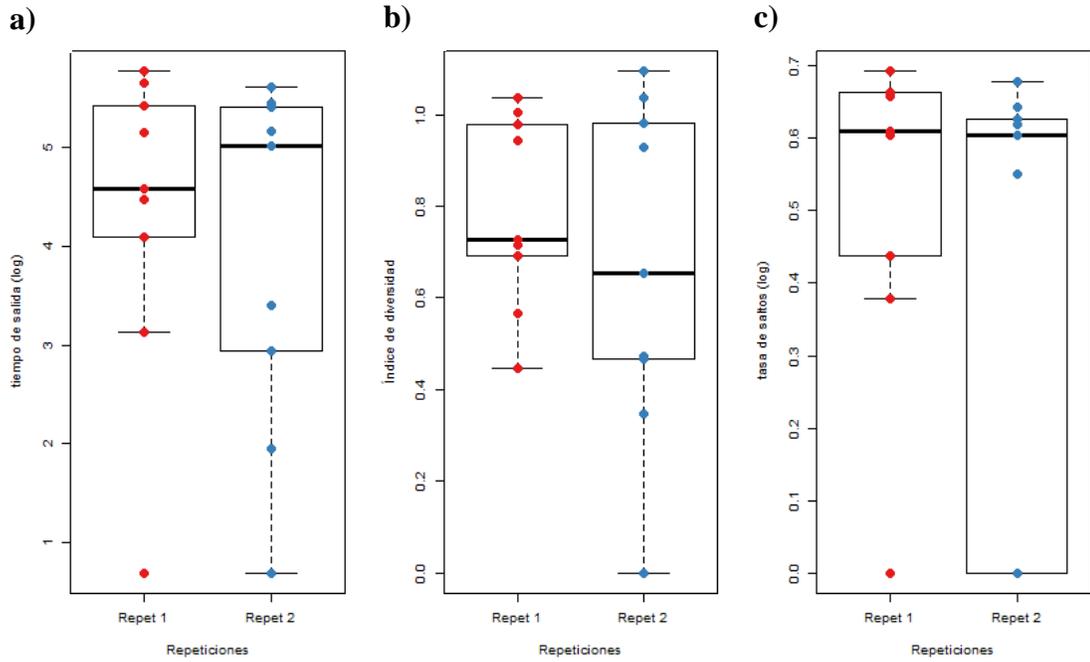
<b>Urbano</b>				
	<b>chi-squared</b>	<b>df</b>	<b>p-value</b>	
<b>Índice de diversidad</b>	0.82286	1	1	0,3643
<b>Tiempo salida (log)</b>	0.013658	1	1	0,907
<b>Tasa de saltos (log)</b>	20.644	1	1	0,1508
<b>No Urbano</b>				
	<b>chi-squared</b>	<b>df</b>	<b>p-value</b>	
<b>Índice de diversidad</b>	0.4386	1	1	0,5078
<b>Tiempo salida (log)</b>	0.19513	1	1	0,6587
<b>Tasa de saltos (log)</b>	0.78786	1	1	0,3747

Grupo: Urbano



**Figura 3.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento de ambiente nuevo para sitio urbano.

Grupo: No-urbano

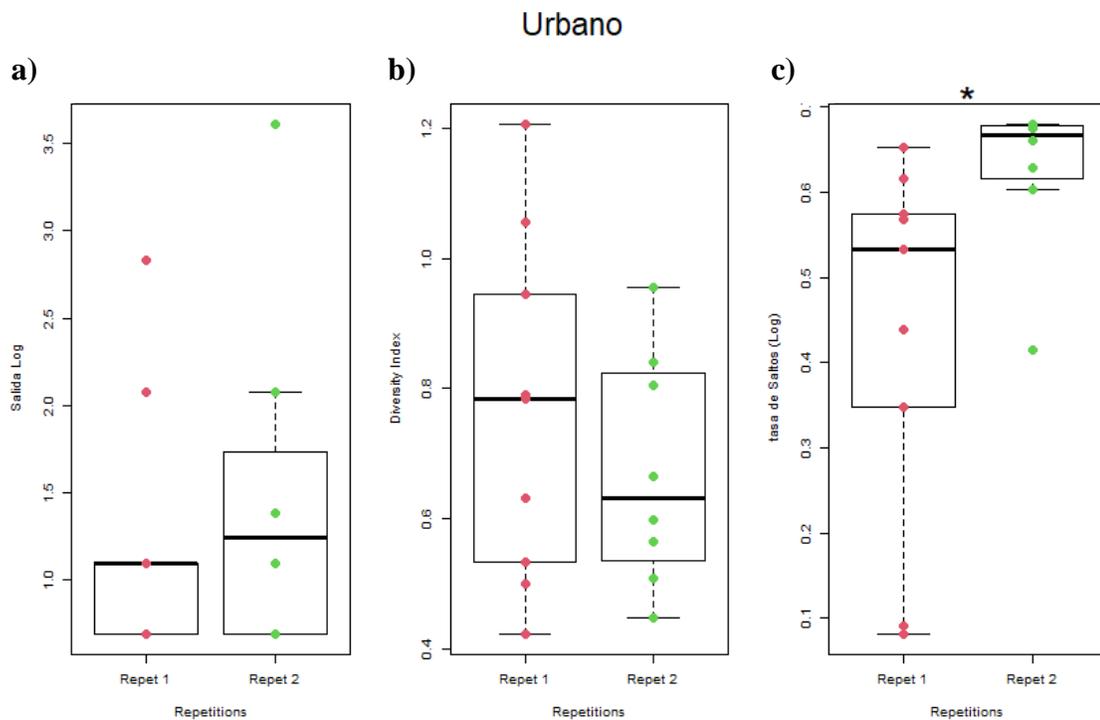


**Figura 4.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento de ambiente nuevo para sitio no-urbano.

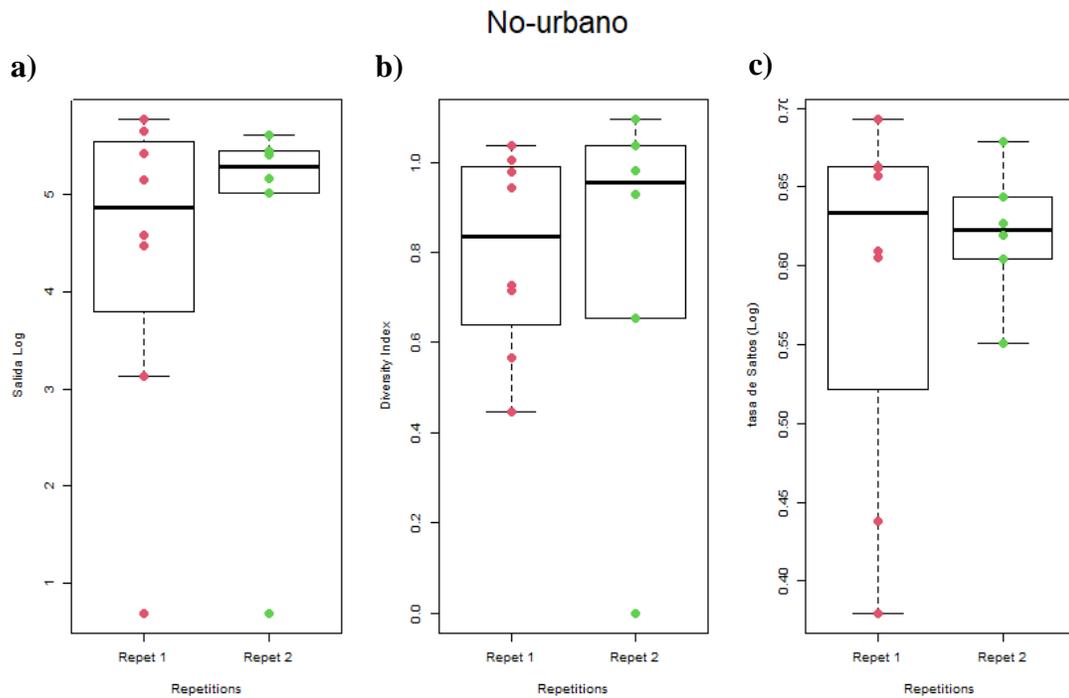
**Tabla 7.** Test de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias entre repeticiones en las tres variables del experimento de ambiente (sin outliers).

Urbano			
	chi-squared	df	p-value
Diversity Index	0.14815	1	0.7003
Tiempo salida (log)	0.15927	1	0,6989
Tasa de saltos (log)	6.75	1	0.009375*
No Urbano			
	chi-squared	df	p-value
Diversity Index	0,15	1	0,6985
Tiempo salida (log)	0.1044	1	0,7466
Tasa de saltos (log)	0.016667	1	0,8973

\*=  $p < 0.05$



**Figura 5.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento ambiente nuevo para sitio urbano (sin “outliers”). “\*” =  $p < 0.05$ .



**Figura 6.** Diagrama de cajas mostrando las diferencias entre repeticiones para a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log), del experimento ambiente nuevo para sitio no-urbano (sin “outliers”).

### 3.4 Neofobia

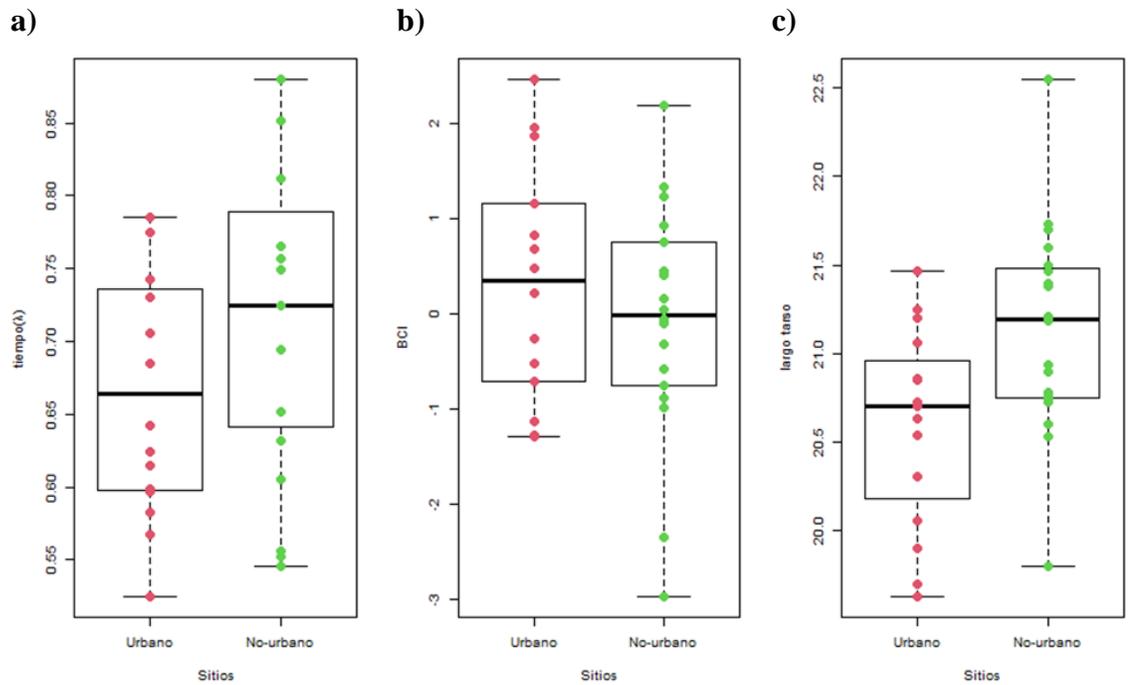
No se obtuvieron diferencias significativas entre sitios para el tiempo de respuesta al objeto nuevo, aun considerando como cofactores tanto BCI ( $p= 0.9661$ ) (Tabla 8) como el tamaño de las aves a través de la medida del tarso ( $p= 0.2051$ ), siendo estos cofactores también no significativos para ambos casos. (Tabla 9, Figura 7).

**Tabla 8.** ANCOVA para tiempo de aproximación a objeto nuevo, con BCI como cofactor.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<b>BCI</b>	1	5.00e-03	5.0e-03	4.980e-01	0.486
<b>Sitio</b>	1	2.10e-02	2.1e-02	2.173e+00	0.152
<b>BCI:sitio</b>	1	0.00e+00	0.0e+00	2.000e-03	0.966
<b>Residuals</b>	28	2.72e-01	1.0e-02		

**Tabla 9.** ANCOVA para tiempo de aproximación a objeto nuevo, con largo de tarso como cofactor.

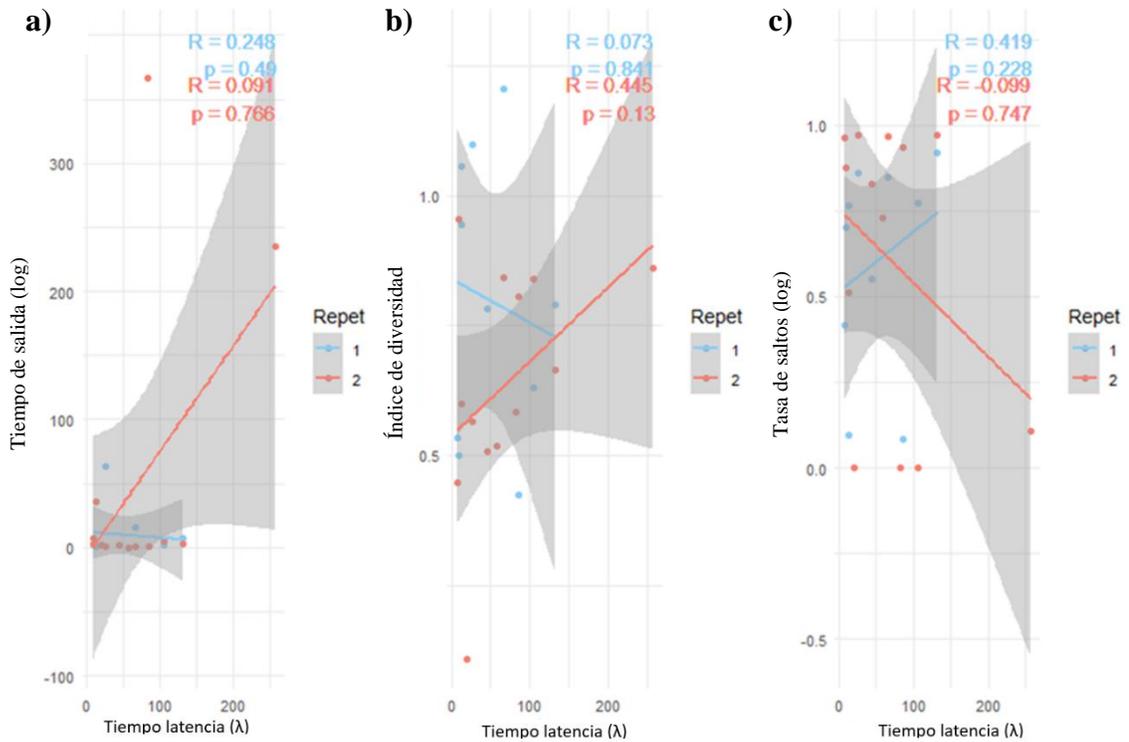
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<b>Tarso</b>	1	2.10e-02	2.1e-02	2.484e+00	0.125
<b>Sitio</b>	1	1.10e-02	1.1e-02	1.313e+00	0.261
<b>tarso:sitio</b>	1	1.40e-02	1.4e-02	1.676e+00	0.205
<b>Residuals</b>	31	2.68e-01	9.0e-03		



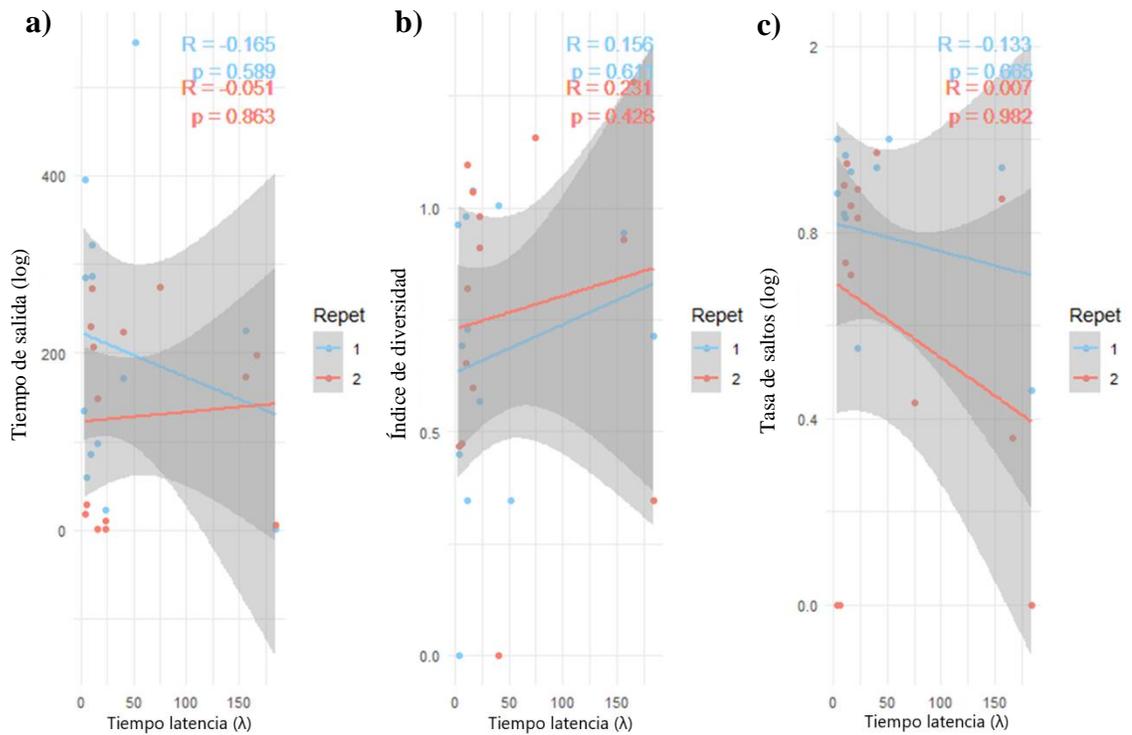
**Figura 7.** Diagrama de cajas del experimento de objeto nuevo mostrando a) tiempo, b) índice de condición corporal (BCI), y c) largo de tarso, según sitio. Tiempo transformado mediante el método Box Cox.

### 3.5 Relación entre neofobia y conducta exploratoria.

No se encontraron correlaciones significativas entre la latencia frente al objeto nuevo y ninguna de las tres variables asociadas a conducta exploratoria, en ninguno de los dos sitios, para ambas repeticiones (Figura 8 y Figura 9).



**Figura 8.** Gráficos de correlación entre a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log) las tres variables del experimento de ambiente nuevo v/s tiempo del experimento de objeto nuevo para el sitio urbano, según cada repetición. Tiempo latencia ( $\lambda$ ) = tiempo latencia experimento objeto nuevo (transformado mediante Box Cox). Sombreado corresponde al intervalo de confianza del 95%.



**Figura 9.** Gráficos de correlación entre a) tiempo de salida (log), b) índice de diversidad de Brillouin, y c) tasa de saltos (log) las tres variables del experimento de ambiente nuevo v/s tiempo del experimento de objeto nuevo para el sitio no-urbano, según cada repetición. Tiempo latencia ( $\lambda$ ) = tiempo latencia experimento objeto nuevo (transformado mediante Box Cox). Sombreado corresponde al intervalo de confianza del 95%.

#### 4. DISCUSIÓN

Contrariamente a lo esperado, los resultados mostraron que las aves de ambientes urbanos y no urbanos fueron igualmente exploradoras, reflejado en la diversidad de sitios explorados y en la tasa de saltos y, además, fueron igualmente neofóbicas frente a objetos, reflejado en la latencia a acercarse a un objeto nuevo en la fuente de alimento. Sin embargo, en una variable no evaluada en estudios previos similares (e.g., Botero-Delgadillo et al., 2020; Van Dongen et al., 2010b), el tiempo de latencia para salir de la jaula de preliberación hacia el ambiente nuevo, se encontraron diferencias significativas entre aves urbanas y no-urbanas. Es decir, con un menor tiempo de latencia para salir hacia el ambiente nuevo, las aves urbanas fueron menos neofóbicas espacialmente que sus contrapartes de zonas no urbanas. Finalmente, no se encontró evidencia en ninguno de los ambientes de la existencia de alguna asociación entre los rasgos de neofobia y conducta exploratoria, descartando así la presencia de algún síndrome de personalidad presente en las aves estudiadas.

Dentro de las situaciones con las que los animales pueden estar no familiarizados, se incluyen otros organismos, alimentos, espacios y otros objetos, entre otros (Mettke-Hofmann, 2022). Es así como en los resultados de esta tesis observamos que, al enfrentarse a un ambiente desconocido, las aves urbanas fueron más veloces que su contraparte no urbana a la hora de salir a explorar, por lo que se puede inferir que presentan una menor neofobia espacial para los individuos de *Z. capensis* que viven en la zona

urbana. Cabe mencionar lo señalado por Mettke-Hofmann et al (2009), sobre el papel que cumple la decisión de ingresar a un ambiente nuevo (neofilia espacial), aún cuando en esa misma investigación, Mettke-Hoffman también recalca la dificultad de separar ambas conductas experimentalmente. Independientemente de lo anterior, el resultado obtenido da un primer indicio sobre el papel de la urbanización en la neofobia espacial de esta especie y podría ser indicativo de que, en el caso de conductas asociadas a riesgo en contextos nuevos, como lo son los hábitats urbanos, serían más propensos a explorar nuevos ambientes, lo cual sería ventajoso para los individuos de esta especie que viven en la ciudad. Esto va en línea con la tendencia en otras investigaciones que proponen que los individuos que logran colonizar exitosamente los ambientes urbanos debiesen ser más propensos a correr riesgos y más tolerantes a la alta perturbación propia de los ambientes urbanos (véase Lapiedra et al., 2017; Lowry et al., 2013b), y por lo mismo, apoya la hipótesis inicial, donde los individuos urbanos son menos neofóbicos, y serían más tolerantes y adaptables a los desafíos del ambiente urbano.

En cuanto a la neofobia frente a un objeto nuevo, la similitud de respuestas estaría indicando que esta parte del rasgo de neofobia, a diferencia de la neofobia espacial, no estaría siendo afectada por un ambiente como el urbano en *Z. capensis*. Cabe señalar que la ausencia de una asociación entre estos dos distintos tipos de neofobia va en línea con una investigación reciente donde explícitamente se evaluó dicha relación (véase Kimball & Lattin, 2023), por lo que este resultado viene a reforzar su postulado de que se estarían midiendo dos rasgos distintos que podrían o no estar asociados como un síndrome de comportamiento, explicando s resultados disímiles en estudios previos (véase e.g., Fox &

Millam, 2007; Martins et al., 2007; Ruuskanen & Laaksonen, 2010). Sin embargo, el que no se hayan detectado diferencias en los tiempos de latencia frente al objeto nuevo entre los dos sitios, muestra que, de acuerdo a los resultados, los individuos de *Z. capensis*, tanto de la zona urbana como no urbana, son igualmente tolerantes frente a objetos nuevos, lo que difiere con la hipótesis planteada de que las ventajas de ser más osados frente a nuevos elementos serían mayores en un ambiente urbano, donde las fuentes de alimento pueden ser variadas y altamente cambiantes (Lowry et al., 2013; Riyahi et al., 2017). Tampoco va en línea con la situación contraria, donde para animales ya establecidos en ambientes urbanos, al abastecerse de comida de origen antropogénico de manera segura, y enfrentar temperaturas más estables (Arnfield, 2003), una mayor neofobia resultaría conveniente (Miranda et al., 2013a). Sin embargo, los resultados no son los primeros ni los únicos que no han encontrado estas diferencias (A. I. Echeverría & Vassallo, 2008, Miranda et al., 2013), resaltando que los resultados pueden ser contexto y especie dependientes, dificultando establecer patrones globales.

En relación con las dos variables directamente asociadas a conducta exploratoria, diversidad y tasa de saltos, los resultados no apoyan la hipótesis general de que las aves en ambientes urbanos serían más exploradoras, para poder explotar potenciales recursos presentes en estos ambientes (e.g. Atwell et al., 2012; Lapiedra et al., 2017). También la teoría señala que una mayor tendencia a explorar sería útil en la dispersión de las especies, y así podría favorecer también la colonización de ambientes urbanos (Lowry et al., 2013a). De esta manera, pareciese ser que individuos de *Z. capensis* urbanos son igualmente

exploradores que los de su contraparte no urbana, sugiriendo que las presiones selectivas sobre este rasgo para la especie no son muy diferentes a las de su hábitat natural.

Considerando los estudios previos realizados en *Z. capensis* que han analizado la conducta exploratoria (véase Maldonado et al., 2012b; Poblete et al., 2018, 2023; van Dongen et al., 2010), se ha observado que las diferencias en este rasgo no se manifiestan entre poblaciones que variaban ampliamente en latitud, pero sí entre poblaciones que difieren en altitud (Poblete et al., 2018, 2023). Es en este contexto que los resultados de esta tesis cobran más sentido, en cuanto a la semejanza en la conducta de estos dos grupos de estudio que, aunque difieren en grado de urbanización, se encuentran a la misma latitud y en el mismo clima mediterráneo, considerando que, en otras latitudes con climas diferentes, estos rasgos de personalidad tampoco variaron significativamente (véase Poblete et al., 2023; Van Dongen et al., 2010).

Por otro lado, no se encontraron correlaciones significativas entre neofobia de objeto y conducta exploratoria, ni tampoco entre neofobia de objeto y neofobia ambiental. Existe en la literatura evidencia de correlaciones entre estos rasgos de personalidad que podrían sugerir que son seleccionados de forma conjunta, comportándose como síndromes de comportamiento (Cole & Quinn, 2014; Kimball & Lattin, 2023b), y a la vez se ha postulado que en ambientes urbanos podría ocurrir un desacople de estos rasgos, eliminando dicho síndrome (Kimball & Lattin, 2023a, 2023b). También resulta relevante analizar si estas correlaciones implican la existencia de síndromes de comportamiento, o si evidencia que distintas mediciones pueden estar midiendo el mismo rasgo de personalidad (Carter et al., 2013), lo que cobra relevancia por ejemplo en lo referente a la

neofobia frente a objetos y la neofobia frente a ambientes. En este caso particular, la ausencia de diferencias en dos de los tres rasgos medidos dificulta la identificación de patrones claros. Sin embargo, se esperaba encontrar una relación entre la forma en que los individuos exploran un nuevo ambiente y su interacción con objetos o alimentos nuevos, especialmente en zonas no urbanas. Esto se debe a que una mayor exploración podría facilitar el descubrimiento de recursos necesarios en el entorno.

Considerando lo anterior, las variaciones en los rasgos de personalidad y las relaciones entre estos son complejas, seguramente contexto-dependientes, por lo cual se debe ser cuidadoso en cómo se evalúan (Kimball & Lattin, 2023a; Van Dongen et al., 2010).

Una de las interrogantes que surgió una vez terminados los experimentos, fue si las diferencias en el tiempo de traslado de los individuos desde el sitio de captura, podría generar diferencias en los resultados del primer experimento de ambiente nuevo. Esto debido a que los individuos no-urbanos permanecieron más tiempo en jaulas temporales y el tiempo de traslado fue mayor (>1 hora entre captura y traslado al campus universitario en vehículo), antes de ser sometidos al primer experimento, mientras que en las aves urbanas el traslado era de pocos metros entre la captura y el sitio del experimento. La detección de diferencias entre ambos sitios en alguna de las variables medidas para la primera repetición, podría entonces reflejar un efecto del estrés producto del traslado en la conducta exploratoria o neofobia, pero en este caso no se detectaron tales diferencias y en la segunda repetición, al tercer día, donde se espera que el efecto del traslado dejase de ser relevante, los valores de las variables para el sitio no-urbano, no fueron significativamente diferentes de la primera repetición. Por lo tanto, pareciese ser que el

efecto del traslado no estaría afectando los resultados, algo que va en línea con lo encontrado por van Dongen et al. (2010), en *Z. capensis* no-urbanas de la zona central de Chile.

También se hace necesario, para darle más robustez a los resultados y sobre todo a las diferencias que surgieron en cuanto a la neofobia espacial en *Z. capensis* de acuerdo con el grado de urbanización, en diseñar un experimento específico para evaluar la neofobia ambiental, donde idealmente las aves debieran encontrarse primero en un ambiente familiar, comúnmente la jaula donde se les mantiene, o una réplica de esta misma a la que son trasladadas, y que desde esta se les permita salir hacia el ambiente nuevo, entre otras posibles opciones (Kimball & Lattin, 2023a; Mettke-Hofmann, 2022). Respecto a esta variable y a como se evaluó en el presente estudio, se desconoce si esta situación de variabilidad en los tiempos de salida se dio en estudios similares, no fue reportada, o si ocurrió debido a diferencias metodológicas. En efecto, en el estudio de Poblete et al. (2023), primero se removió la cubierta de la jaula, y recién pasado 1 minuto se procedió a abrir la puerta de esta. En el caso de esta investigación la cubierta fue removida e inmediatamente se abrió la puerta, siguiendo las metodologías en investigaciones anteriores (Botero-Delgadillo et al., 2020; Maldonado et al., 2012b; Van Dongen et al., 2010b). No se puede descartar que parte de esta diferencia en los tiempos de salida sea explicada alternativamente por variabilidad en alguna respuesta asociada a estrés o escape desde la jaula de preliberación, si bien, sigue llamando la atención el marcado patrón diferencial entre ambos grupos estudiados.

Finalmente, para el estudio de neofobia frente a un objeto nuevo, en futuros estudios sería deseable generar una situación de control, es decir, con solamente manipulación del comedero sin poner un objeto nuevo en/contiguo a este, y así poder establecer una variación entre ambos tratamientos, para evaluar de forma más precisa el tiempo de latencia (Greenberg & Mettke-hofmann, 2001; Miranda et al., 2013b).

## CONCLUSIONES

Este estudio surge como un importante primer paso en la evaluación del papel que juega la urbanización en la variación de rasgos de personalidad en aves del neotrópico, como es *Z. capensis*, una especie con amplia distribución geográfica a nivel neotropical y por consiguiente con un gran rango latitudinal. Los resultados resaltan la complejidad de las interacciones entre el ambiente urbano y los rasgos de personalidad, con evidencia de variación en algunos de estos como es la neofobia espacial, a la vez que no se evidenciaron diferencias en otros rasgos clásicamente estudiados, como es la conducta exploratoria o la neofobia frente a un objeto nuevo. El que los ejemplares urbanos sean menos neofóbicos frente a un ambiente nuevo, pero igualmente exploradores y neofóbicos frente a objetos nuevos, refleja la posibilidad de diferencias latentes en como estas aves abordan los desafíos de la urbanización, pero a su vez podría indicar que las presiones selectivas a las que están sujetos serían semejantes, o al menos no suficientemente diferentes como para desencadenar diferencias en la personalidad de estas aves. Esto abre todo un abanico de posibles interrogantes en como estas aves lograron adaptarse al ambiente urbano y el papel de los rasgos de personalidad, como por ejemplo en cuanto a la heredabilidad de estos rasgos, el rol de la plasticidad fenotípica y su rol en disminuir la selección (Price et al

2003), el grado de flujo génico entre la zona urbana y la no urbanizada, y la diferencia interindividual en estos rasgos entre otras (véase Charmantier et al., 2017; Sih et al., 2011).

En conclusión, considerando el aumento de la urbanización en Sudamérica, la amplia distribución geográfica de *Z. capensis* y la relevancia que han cobrado los estudios sobre personalidad animal, resulta relevante el papel de esta especie como un modelo de estudio sobre urbanización en aves neotropicales, siendo el presente trabajo un primer avance respecto a cómo la personalidad de esta especie se ve afectada por el avance de los sistemas urbanos, y como responde a los desafíos que este hábitat presenta, en un mundo cada vez más urbanizado.

## 5.BIBLIOGRAFÍA

- Addis, E. A., Clark, A. D., Vasquez, R. A., & Wingfield, J. C. (2013). Seasonal modulation of testosterone during breeding of the rufous-collared sparrow (*Zonotrichia capensis australis*) in Southern Patagonia. *Physiological and Biochemical Zoology*, 86(6), 782–790. <https://doi.org/10.1086/673868>
- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23(1), 1–26. <https://doi.org/10.1002/JOC.859>
- Atwell, J. W., Cardoso, G. C., Whittaker, D. J., Campbell-Nelson, S., Robertson, K. W., & Ketterson, E. D. (2012). Boldness behavior and stress physiology in a novel urban environment suggest rapid correlated evolutionary adaptation. *Behavioral Ecology*, 23(5), 960–969. <https://doi.org/10.1093/beheco/ars059>
- Biondi, L. M., Fuentes, G. M., Córdoba, R. S., Bó, M. S., Cavalli, M., Paterlini, C. A., Castano, M. V., & García, G. O. (2020). Variation in boldness and novelty response between rural and urban predatory birds: The Chimango Caracara, *Milvago chimango* as study case. *Behavioural Processes*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2020.104064>
- Botero-Delgadillo, E., Quirici, V., Poblete, Y., Poulin, E., Kempenaers, B., & Vásquez, R. A. (2020). Exploratory behavior, but not aggressiveness, is correlated with

- breeding dispersal propensity in the highly philopatric thorn-tailed rayadito. *Journal of Avian Biology*, 51(2). <https://doi.org/10.1111/jav.02262>
- Breck, S. W., Poessel, S. A., Mahoney, P., & Young, J. K. (2019). The intrepid urban coyote: a comparison of bold and exploratory behavior in coyotes from urban and rural environments. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38543-5>
- Carere, C., & Maestripieri, D. (2013). *Animal personalities: behavior, physiology, and evolution*.  
<https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=bBTZXOWoae8C&oi=fnd&pg=PP6&dq=Animal+personalities:+21+Behavior,+physiology+and+evolution.+Chicago+University+Press&ots=zaYh5omU-4&sig=PQYAwEm-vxh0A-Q1xzw0NGufNsg>
- Carter, A. J., Feeney, W. E., Marshall, H. H., Cowlshaw, G., & Heinsohn, R. (2013). Animal personality: What are behavioural ecologists measuring? *Biological Reviews*, 88(2), 465–475. <https://doi.org/10.1111/brv.12007>
- Cerrutti, M., & Bertonecello, R. (2003). Urbanization and Internal Migration Patterns in Latin America. In *Proceedings of the African Migration in Comparative Perspective* (pp. 1–24).
- Charmantier, A., Demeyrier, V., Lambrechts, M., Perret, S., & Grégoire, A. (2017). Urbanization is associated with divergence in pace-of-life in great tits. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5(MAY). <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00053>

- Cole, E. F., & Quinn, J. L. (2014). Shy birds play it safe: Personality in captivity predicts risk responsiveness during reproduction in the wild. *Biology Letters*, *10*(5). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2014.0178>
- Coleman, K., & Wilson, D. S. (1998). Shyness and boldness in pumpkinseed sunfish: individual differences are context-specific. In *ANIMAL BEHAVIOUR* (Vol. 56).
- Diego Ibáñez-Álamo, J., & Soler, M. (2010). *Does urbanization affect selective pressures and life-history strategies in the common blackbird (Turdus merula L.)?* <https://academic.oup.com/biolinnean/article/101/4/759/2450659>
- Dingemanse, N. J., Both, C., Drent, P. J., Van Oers, K., & Van Noordwijk, A. J. (2002). Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild. *Animal Behaviour*, *64*(6), 929–938. <https://doi.org/10.1006/anbe.2002.2006>
- Drent, P. J., Van Oers, K., & Van Noordwijk, A. J. (2003). Realized heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *270*(1510), 45–51. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2168>
- Echeverría, A. I., & Vassallo, A. I. (2008). Novelty responses in a bird assemblage inhabiting an urban area. *Ethology*, *114*(6), 616–624. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2008.01512.x>
- Echeverría, V., Estades, C. F., Botero-Delgadillo, E., Wingfield, J. C., & González-Gómez, P. L. (2018). Pre-basic molt, feather quality, and modulation of the adrenocortical response to stress in two populations of rufous-collared sparrows

- Zonotrichia capensis. *Journal of Avian Biology*, 49(11).  
<https://doi.org/10.1111/jav.01892>
- Egli, G., & Vásquez, Rodrigo. A. (2018). Chicol. In F. Medraano, R. Barros, Heraldo. V. Norambuena, R. Matus, & F. Shcimtt (Eds.), *Atlas de las aves nidificantes de Chile* (pp. 570–571). Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile.
- Evans, J., Boudreau, K., & Hyman, J. (2010). Behavioural Syndromes in Urban and Rural Populations of Song Sparrows. *Ethology*, 116(7), 588–595.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2010.01771.x>
- Fernández, C., Villaseñor, N. R., Contreras, C., Ávila, M., Sabat, P., & Poblete, Y. (2023). Intra-urban variation in body condition, body size and oxidative status of Rufous-collared sparrow relate to urban green space attributes in a Latin American metropolis. *Urban Ecosystems*, 26(2), 575–586. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01348-6>
- Fox, R. A., & Millam, J. R. (2007). Novelty and individual differences influence neophobia in orange-winged Amazon parrots (*Amazona amazonica*). *Applied Animal Behaviour Science*, 104(1–2), 107–115.  
<https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2006.04.033>
- Friard, O., & Gamba, M. (2016). BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(11), 1325–1330.

- Greenberg, R., & Mettke-hofmann, C. (2001). Ecological Aspects of Neophobia and neophilia in birds. In *Current Ornithology, Volume 16* (pp. 119–178). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1211-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1211-0_3)
- Holm, S. (1979). A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65–70. <http://www.jstor.org/stable/4615733>
- Humphrey, J. E., Haslem, A., & Bennett, A. F. (2023). Avoid, adapt or exploit: Re-visiting bird responses to urbanization using a novel landscape approach. *Global Ecology and Conservation*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02735>
- Jablonszky, M., Krenhardt, K., Markó, G., Szász, E., Hegyi, G., Herényi, M., Kötél, D., Laczi, M., Nagy, G., Rosivall, B., Török, J., & Garamszegi, L. Z. (2020). A behavioural trait displayed in an artificial novel environment correlates with dispersal in a wild bird. *Ethology*, 126(5), 540–552. <https://doi.org/10.1111/eth.13005>
- Kimball, M. G., & Lattin, C. R. (2023a). Exploration of A novel environment is not correlated with object neophobia in wild-caught house sparrows (*Passer domesticus*). *Behavioural Processes*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2023.104913>
- Kimball, M. G., & Lattin, C. R. (2023b). Exploration of A novel environment is not correlated with object neophobia in wild-caught house sparrows (*Passer domesticus*). *Behavioural Processes*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2023.104913>
- Kimball, M. G., & Lattin, C. R. (2023c). The “Seven Deadly Sins” of Neophobia Experimental Design. *Integrative And Comparative Biology*. <https://doi.org/10.1093/icb/icad127>

- Labocha, M. K., & Hayes, J. P. (2012). Morphometric indices of body condition in birds: A review. In *Journal of Ornithology* (Vol. 153, Issue 1, pp. 1–22). Springer Verlag.  
<https://doi.org/10.1007/s10336-011-0706-1>
- Lapiedra, O., Chejanovski, Z., & Kolbe, J. J. (2017). Urbanization and biological invasion shape animal personalities. *Global Change Biology*, 23(2), 592–603.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.13395>
- Lowry, H., Lill, A., & Wong, B. B. M. (2013a). Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Reviews*, 88(3), 537–549.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12012>
- Lowry, H., Lill, A., & Wong, B. B. M. (2013b). Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Reviews*, 88(3), 537–549.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12012>
- Maldonado, K., van Dongen, W. F. D., Vásquez, R., & Sabat, P. (2012a). Geographic variation in the association between exploratory behavior and physiology in rufous-collared sparrows. *Physiological and Biochemical Zoology*, 85(6), 618–624.  
<https://doi.org/10.1086/667406>
- Maldonado, K., van Dongen, W. F. D., Vásquez, R., & Sabat, P. (2012b). Geographic variation in the association between exploratory behavior and physiology in rufous-collared sparrows. *Physiological and Biochemical Zoology*, 85(6), 618–624.  
<https://doi.org/10.1086/667406>

- Martins, T. L. F., Roberts, M. L., Giblin, I., Huxham, R., & Evans, M. R. (2007). Speed of exploration and risk-taking behavior are linked to corticosterone titres in zebra finches. *Hormones and Behavior*, 52(4), 445–453. <https://doi.org/10.1016/J.YHBEH.2007.06.007>
- Marzluff, J. M. (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*, 19–47. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_2)
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- Mettke-Hofmann, C. (2022). Neophobia. In T. K. Vonk Jennifer and Shackelford (Ed.), *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior* (pp. 4582–4590). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55065-7\\_908](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55065-7_908)
- Mettke-Hofmann, C., Ebert, C., Schmidt, T., Steiger, S., & Stieb, S. (2005). Personality Traits in Resident and Migratory Warbler Species. *Behaviour*, 142(9/10), 1357–1375. <http://www.jstor.org/stable/4536304>
- Mettke-Hofmann, C., Lorentzen, S., Schlicht, E., Schneider, J., & Werner, F. (2009). Spatial neophilia and spatial neophobia in resident and migratory warblers (*Sylvia*). *Ethology*, 115(5), 482–492. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2009.01632.x>
- Miranda, A. C. (2017). Mechanisms of behavioural change in urban animals: The role of microevolution and phenotypic plasticity. In *Ecology and Conservation of Birds in*

*Urban Environments* (pp. 113–132). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1_7)

Miranda, A. C., Schielzeth, H., Sonntag, T., & Partecke, J. (2013a). Urbanization and its effects on personality traits: A result of microevolution or phenotypic plasticity? *Global Change Biology*, *19*(9), 2634–2644. <https://doi.org/10.1111/gcb.12258>

Miranda, A. C., Schielzeth, H., Sonntag, T., & Partecke, J. (2013b). Urbanization and its effects on personality traits: A result of microevolution or phenotypic plasticity? *Global Change Biology*, *19*(9), 2634–2644. <https://doi.org/10.1111/gcb.12258>

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O’Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, B. D., Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, ... Weedon J. (2024). *vegan: Community Ecology Package* (package version 2.6-7).

Peña-Villalobos, I., Valdés-Ferranty, F., & Sabat, P. (2013). Osmoregulatory and metabolic costs of salt excretion in the Rufous-collared sparrow *Zonotrichia capensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *164*(2), 314–318.  
<https://doi.org/10.1016/J.CBPA.2012.10.027>

Poblete, Y., Contreras, C., Fernández, C., Flores, C. R., Vega, P., Ávila, M., & Sabat, P. (2023a). Geographic variation in the altitudinal migration patterns, body size, oxidative status and exploratory behavior in a neotropical bird. *Ecology and Evolution*, *13*(3). <https://doi.org/10.1002/ece3.9941>

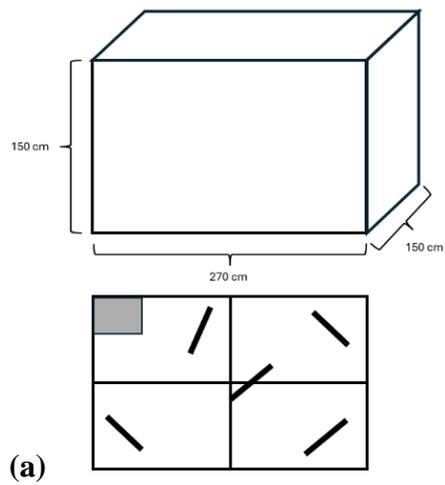
- Poblete, Y., Contreras, C., Fernández, C., Flores, C. R., Vega, P., Ávila, M., & Sabat, P. (2023b). Geographic variation in the altitudinal migration patterns, body size, oxidative status and exploratory behavior in a neotropical bird. *Ecology and Evolution*, 13(3). <https://doi.org/10.1002/ece3.9941>
- Poblete, Y., Gutiérrez, V., Cid, V., Newsome, S. D., Sabat, P., & Vasquez, R. A. (2018). Intraspecific variation in exploratory behavior and elevational affinity in a widely distributed songbird. *Oecologia*, 186(4), 931–938. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4076-8>
- Poblete, Y., Gutierrez, V., González-Gómez, P. L., Wingfield, J. C., & Vásquez, R. A. (2021). Differences in circulating corticosterone levels associated with elevation of breeding sites in Rufous-collared Sparrows *Zonotrichia capensis*. *Journal of Ornithology*, 162(2), 487–496. <https://doi.org/10.1007/s10336-020-01846-w>
- Posit team. (2024). *RStudio: Integrated Development Environment for R* (2024.4.2.764). Posit Software, PBC.
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (version 4.3.1).
- Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., & Dingemanse, N. J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. In *Biological Reviews* (Vol. 82, Issue 2, pp. 291–318). <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00010.x>

- Reboreda, J. C., Fiorini, V. D., & Tuero, D. T. (2019). Behavioral Ecology of Neotropical Birds. In *Behavioral Ecology of Neotropical Birds*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14280-3>
- Rising, J. D., & Jaramillo, A. (2020). Chincol (*Zonotrichia capensis*), version 1.0. *Birds of the World*. [https://doi.org/10.2173/BOW.RUCSPA1.01SPECIES\\_SHARED.BOW.PROJECT\\_NAME](https://doi.org/10.2173/BOW.RUCSPA1.01SPECIES_SHARED.BOW.PROJECT_NAME)
- Riyahi, S., Björklund, M., Mateos-Gonzalez, F., & Senar, J. C. (2017a). Personality and urbanization: behavioural traits and DRD4 SNP830 polymorphisms in great tits in Barcelona city. *Journal of Ethology*, 35(1), 101–108. <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0496-2>
- Riyahi, S., Björklund, M., Mateos-Gonzalez, F., & Senar, J. C. (2017b). Personality and urbanization: behavioural traits and DRD4 SNP830 polymorphisms in great tits in Barcelona city. *Journal of Ethology*, 35(1), 101–108. <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0496-2>
- Ruiz, G., Rosenmann, M., Novoa, F. F., & Sabat, P. (2002). Hematological Parameters and Stress Index in Rufous-Collared Sparrows Dwelling in Urban Environments. *The Condor*, 104(1), 162–166. <https://doi.org/10.1093/CONDOR/104.1.162>
- Ruuskanen, S., & Laaksonen, T. (2010). Yolk hormones have sex-specific long-term effects on behavior in the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Hormones and Behavior*, 57(2), 119–127. <https://doi.org/10.1016/J.YHBEH.2009.09.017>

- Ryan, A. M., & Partan, S. R. (2014). Urban wildlife behavior. In *Urban Wildlife Conservation: Theory and Practice* (pp. 149–173). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7500-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7500-3_9)
- Sabat, P., Cavieres, G., Veloso, C., & Canals, M. (2006). Water and energy economy of an omnivorous bird: Population differences in the Rufous-collared Sparrow (*Zonotrichia capensis*). *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, *144*(4), 485–490. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.04.016>
- Sabat, P., Sepúlveda-Kattan, E., & Maldonado, K. (2004). Physiological and biochemical responses to dietary protein in the omnivore passerine *Zonotrichia capensis* (Emberizidae). *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, *137*(2), 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2003.10.021>
- Samia, D. S. M., Blumstein, D. T., Díaz, M., Grim, T., Ibáñez-álamo, J. D., Jokimäki, J., Tätte, K., Markó, G., Tryjanowski, P., & Møller, A. P. (2017). Rural-urban differences in escape behavior of european birds across a latitudinal gradient. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *5*(JUN). <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00066>
- Sih, A., Ferrari, M. C. O., & Harris, D. J. (2011). Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. *Evolutionary Applications*, *4*(2), 367–387. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00166.x>

- Stevenson, T. J., Small, T. W., Ball, G. F., & Moore, I. T. (2012). Variation in the gonadotrophin-releasing hormone-1 and the song control system in the tropical breeding rufous-collared sparrow (*Zonotrichia capensis*) is dependent on sex and reproductive state. *General and Comparative Endocrinology*, *178*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.YGCEN.2012.03.013>
- van Dongen, W. F. D., Maldonado, K., Sabat, P., & Vásquez, R. A. (2010). Geographic variation in the repeatability of a personality trait. *Behavioral Ecology*, *21*(6), 1243–1250. <https://doi.org/10.1093/beheco/arq145>
- Van Dongen, W. F. D., Maldonado, K., Sabat, P., & Vásquez, R. A. (2010a). Geographic variation in the repeatability of a personality trait. *Behavioral Ecology*, *21*(6), 1243–1250. <https://doi.org/10.1093/beheco/arq145>
- Van Dongen, W. F. D., Maldonado, K., Sabat, P., & Vásquez, R. A. (2010b). Geographic variation in the repeatability of a personality trait. *Behavioral Ecology*, *21*(6), 1243–1250. <https://doi.org/10.1093/beheco/arq145>
- Verbeek, M. E. M., Boon, A., & Drent, P. J. (1996). Exploration, Aggressive Behaviour and Dominance in Pair-Wise Confrontations of Juvenile Male Great Tits. In *Source: Behaviour* (Vol. 133, Issue 11).
- Wright, T. F., Eberhard, J. R., Hobson, E. A., Avery, M. L., & Russello, M. A. (2010). Behavioral flexibility and species invasions: The adaptive flexibility hypothesis. *Ethology Ecology and Evolution*, *22*(4), 393–404. <https://doi.org/10.1080/03949370.2010.505580>

## 6.ANEXOS



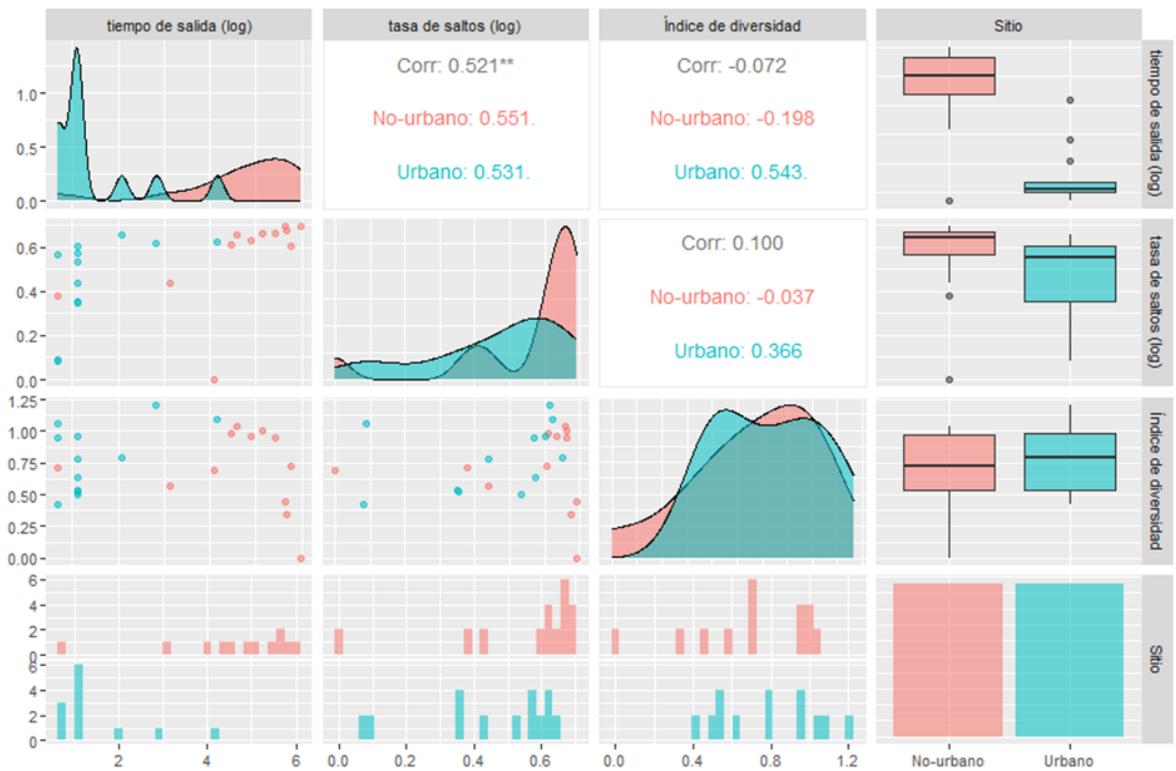
**Anexo 1.** Esquema (a) e imagen real (b) del aviario experimental para evaluación de conducta exploratoria.



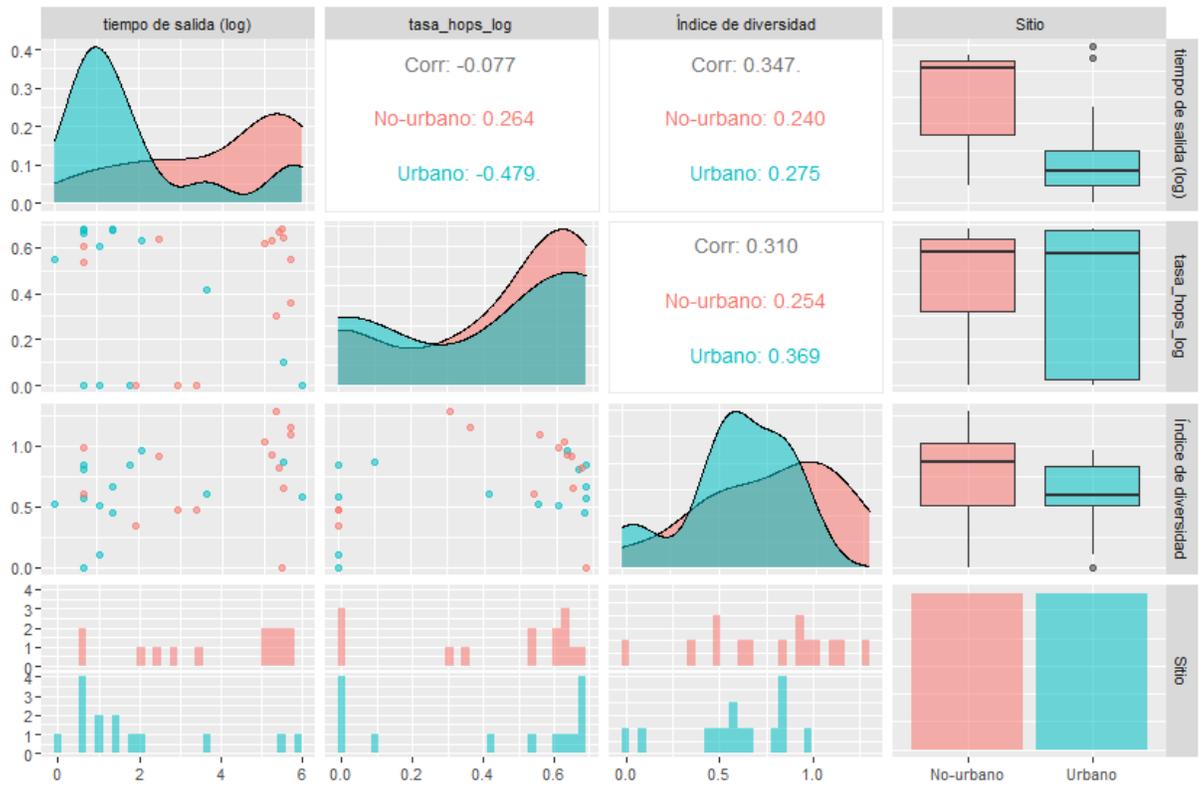
**Anexo 2.** Vista general de los sitios de estudio, a) sitio no-urbano, b) sector urbano



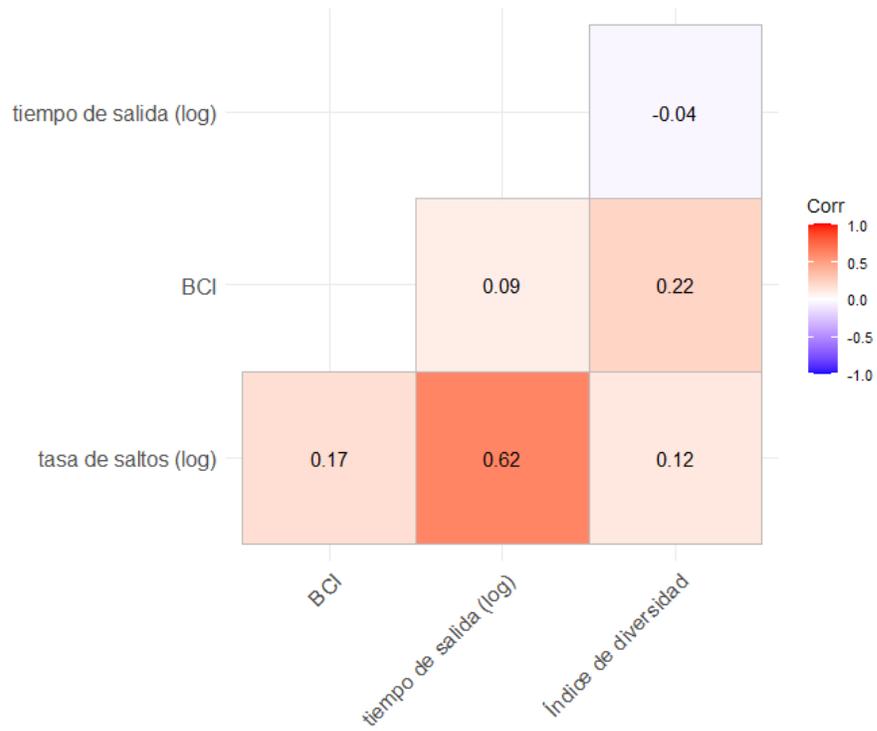
**Anexo 3.** Diseño experimental objeto nuevo (neofobia).



**Anexo 4.** Ggpairs de variables para experimento conducta exploratoria 01 según sitio. Diagonal: gráficos de densidad, triángulo superior: correlaciones de Pearson, triángulo inferior: diagrama de dispersión, línea inferior: histogramas, costado derecho: diagrama de cajas.



**Anexo 5.** Ggpairs de variables para experimento conducta exploratoria 02. Diagonal: gráficos de densidad, triángulo superior: correlaciones de Pearson, triángulo inferior: diagrama de dispersión, línea inferior: histogramas, costado derecho: diagrama de cajas.



**Anexo 6.** Matriz de correlaciones de Spearman para variables experimento conducta exploratoria, repetición #1.



**Anexo 7.** Matriz de correlaciones de Spearman para variables experimento conducta exploratoria, repetición #2.