



Tecnociencia, Vol. 25, N°2: 39-65

Julio-Diciembre 2023

ISSN L 2415-0940

CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE *Dasytus novemcinctus* Y FAUNA ASOCIADA A SUS MADRIGUERAS EN SONÁ, VERAGUAS, PANAMÁ

Roberto C. Lombardo

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.
roberto.lombardo@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0279-8621>

Héctor R. Santos Jiménez

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.
hector.santos@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-9585-0101>

Jaime A. Rivera

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.
jaime.rivera@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-8265-7836>

DOI <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v25n2.a4064>

Fecha de recepción: 20 de octubre de 2022

Fecha de aceptación: 15 de marzo de 2023

RESUMEN

La evaluación de las poblaciones de armadillos en zonas perturbadas por asentamientos y ganadería, reciben poca importancia, lo que afecta el estado de conservación de la especie. En nuestro país no existen estudios sobre densidad poblacional, patrones de uso de madrigueras y comportamiento general en armadillos. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la población de armadillos *Dasytus novemcinctus* e inventariar las especies de vertebrados asociados a sus madrigueras, en una finca dedicada a la ganadería intensiva, en Soná, Veraguas, Panamá. Para la realización de esta investigación, se utilizó un método mixto de observación directa y cámaras trampa desde enero hasta junio de 2022. Se detectaron 47 armadillos y se determinó una densidad de 1.25 madrigueras/a y 0.38 ind/ha. Se registraron un total de 18 especies asociadas a las madrigueras de *D. novemcinctus*; nueve de aves, siete de mamíferos y dos de reptiles. Se presentan las primeras observaciones de *Tamandúa mexicana*, *Procyon lotor* y *Conepatus semistriatus*, los cuales no habían sido reportados en esta localidad. El presente estudio resalta la importancia de los armadillos como especie clave en ecosistemas, ya que por su actividad atraen múltiples especies, contribuyendo a mantener la biodiversidad; incluso en zonas intervenidas como fincas ganaderas.

PALABRAS CLAVES

Armadillo, madrigueras, cámaras trampa, diversidad, patrones de actividad.

POPULATION CHARACTERIZATION AND FAUNA ASSOCIATED WITH *Dasypus novemcinctus* BURROWS IN SONÁ, VERAGUAS, PANAMA

ABSTRACT

The evaluation of armadillo populations in areas disturbed by human settlements and livestock receives little importance, which affects the conservation status of the species. There are no studies on armadillos' population density, burrow use patterns, or general behavior in our country. Therefore, the objective of this study was to characterize the population of armadillos (*Dasypus novemcinctus*) and to inventory the vertebrate species associated with their burrows on a farm dedicated to intensive livestock farming in Soná, Veraguas, Panama. To carry out this research, a mixed method of direct observation and camera traps was used from January to June of 2022. A total of 47 armadillos were detected and a density of 1.25 burrows/ha and 0.38 ind/ha was determined. A total of 18 species associated with *D. novemcinctus* burrows were recorded: nine birds, seven mammals, and two reptiles. The first observations of *Tamandúa mexicana*, *Procyon lotor* and *Conepatus semistriatus*, which had not been reported in this locality, are presented. This study highlights the importance of armadillos as key species in ecosystems since their activity attracts multiple species, helping to maintain biodiversity even in intervened areas such as cattle farms.

KEY WORDS

Armadillo, burrows, camera traps, diversity, activity pattern.

INTRODUCCIÓN

El armadillo *Dasypus novemcinctus*, se encuentra ampliamente distribuido en el continente americano desde Estados Unidos hasta Uruguay y parte de Argentina central (Balderas *et al.*, 2012). En la región, los armadillos de nueve bandas han sido ampliamente estudiados desde diferentes perspectivas; por ejemplo, su ecología (Platt *et al.*, 2004), patrones de actividad y distribución (Rodríguez-Durán *et al.*, 2018), su conducta (Balderas *et al.*, 2012) y las interacciones con humanos (DeGregorio *et al.*, 2021). Sin embargo, los armadillos no han sido estudiados de forma específica en Panamá, más bien aparecen en la

literatura como un elemento más dentro de inventarios (Meyer *et al.*, 2015; Brown, 2014).

Los animales que cavan madrigueras (“ingenieros de ecosistemas”), dejan recursos y espacio disponible para un grupo considerable de animales, por ejemplo, unas 300 especies entre invertebrados y vertebrados están asociadas a los extensos sistemas de madriguera que excava la tortuga topo, *Gopherus polyphemus* (DeGregorio, 2022). Un armadillo puede excavar y mantener hasta diez madrigueras dentro de su territorio, estas ocurren en densidades de hasta 27 por hectárea (Platt *et al.*, 2004). Las dimensiones de las madrigueras de armadillo permiten que muchos otros vertebrados las puedan usar como refugio contra depredadores o condiciones climáticas adversas (Guzmán-Lenis & Camargo-Sanabria, 2004; DeGregorio, 2022).

Sin embargo, las especies de vida silvestre que utilizan madrigueras de armadillo probablemente varían según la ubicación geográfica y el nivel de conservación del hábitat. Por esta razón, es importante comprender cómo varía el uso de madrigueras geográficamente, lo que proporciona información sobre el valor ecológico del armadillo para la comunidad en general (Rodríguez *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2021; DeGregorio *et al.*, 2022). Generar dicho conocimiento es apremiante, ya que en Panamá no se conocen inventarios de fauna asociada a madrigueras de armadillo, por lo que el papel ecológico de su actividad excavadora está incompleto; especialmente en zonas intervenidas.

Las regiones tropicales están sujetas a reducción sustancial de la cubierta forestal, lo que ha dado como resultado condiciones ambientales modificadas para la fauna nativa (Melo *et al.*, 2010; Arteaga & Venticinque, 2012). El contexto de fincas ganaderas se presta para evaluar la importancia de los armadillos como ingenieros de ecosistemas, ya que al controlar directa o indirectamente la disponibilidad de recursos (p. ej.: refugio, alimento, materiales, etc.) para otros organismos (Jones *et al.*, 1997), los armadillos podrían ser clave en el mantenimiento de la diversidad de ecosistemas fragmentados (Sun *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2019).

El estudio de los mamíferos representa un reto por la dificultad de su observación y baja detectabilidad (Mosquera-Muñoz *et al.*, 2015). La mayoría son de hábito nocturno y silencioso, por lo que se requiere de la combinación de distintos métodos para su estudio (Encalada, 2018). Herramientas como las cámaras-trampa son ideales para superar dichas dificultades, dado que éstas nos permiten detectar actividad o patrones que denoten cambios en la composición de especies en el tiempo y espacio. Adicionalmente, el registro de observaciones en tiempo real y de forma remota, permite cuantificar las poblaciones silvestres, en especial las que están en peligro de extinción o especies crípticas de las cuales no se tienen mucha información (Díaz-Pulido & Payán, 2012).

Por esta razón y lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la población de armadillos *Dasyus novemcinctus* e inventariar las especies de vertebrados asociados a sus madrigueras, mediante un método mixto de observación directa y cámaras-trampa, en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca ganadera, ubicada en el distrito de Soná, Provincia de Veraguas (fig.1). Por ende, con base en los datos meteorológicos de las estaciones Guarumal (T °C), y Soná (P mm), y de acuerdo con Chorley et al. 1984, en Gutiérrez (2009), el área de estudio pertenece a la región morfoclimática de II orden, denominada tropical húmeda estacional; puesto que, ostenta, 2 meses con precipitaciones <50mm, temperatura promedio de 27. 2° C, y precipitación promedio total anual de 2986.5 mm, donde, el mes de octubre concentra el máximo de precipitaciones con 472.2 mm.

Monitoreo de Madrigueras

Se estableció un polígono con tres parcelas de muestreo (Fig.1). El polígono está delimitado por barreras naturales, al este con el río Cobre, al noroeste la carretera vía Boró y al sur asentamientos humanos. Se ubicaron madrigueras en las tres parcelas de muestreo y se clasificaron como: activas (huellas, tierra removida, hozados) o abandonadas (tierra dura, maleza en el interior de la madriguera, telarañas). Una vez clasificadas, se georeferenciaron con un GPS (Garmin Etrex 10), para darles seguimiento. El conteo y monitoreo de madrigueras se realizó

cada 15 días, en horas de la mañana. Al ubicarse nuevas madrigueras, se tomaron los datos de posición geográfica y se marcaron con estaca numerada para facilitar su localización (Balderas *et al.*, 2012).

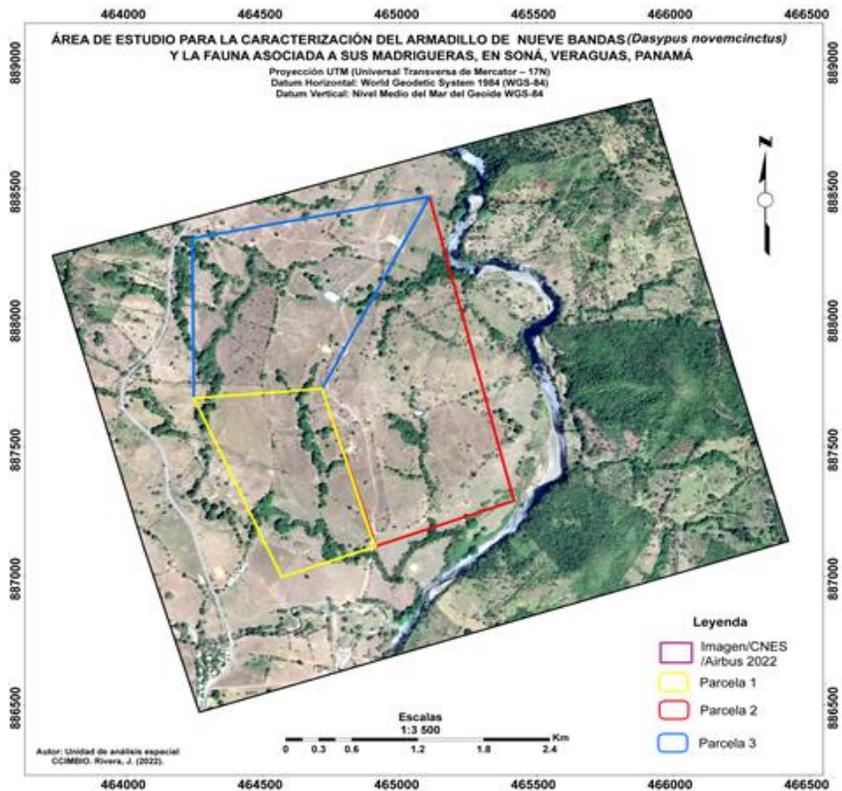


Fig. 1 Polígono con líneas divisorias para tres parcelas de muestreo de *Dasyus novemcinctus* y fauna asociada a sus madrigueras en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Fuente: mapa base estacional. Imagen CNES / Airbus 2021 (Google Earth Pro).

Para determinar el tipo de distribución espacial, las distancias entre cada madriguera se calcularon con la aplicación Google Earth Pro. Luego, mediante la metodología del vecino más cercano se realizó una prueba de significancia para corroborar el desvío de una distribución espacial aleatoria (Krebs, 2013; Pagnutti *et al.*, 2014).

Monitoreo Directo

Se realizaron monitoreos nocturnos (18:00 hs a 23:00 hs), mediante patrullaje de las parcelas previamente reconocidas con madrigueras. En base al reconocimiento previo de signos de actividad, se seleccionaron madrigueras con alta probabilidad de avistamiento de armadillos, para el monitoreo. Dicho monitoreo se llevó a cabo semanalmente, en una parcela diferente, hasta completar todas las parcelas de forma rotativa, esto permitió observar el desplazamiento de los armadillos y cuál fue la interacción con el medio una vez salían de su madriguera (Muñoz *et al.*, 2002).

Monitoreo Indirecto

Se utilizaron nueve cámaras-trampa en la zona de estudio, ocho cámaras de modelo Univision UV557 y una cámara modelo Vikeri E2, las cuales fueron colocadas en puntos estratégicos de las parcelas con señales de actividad, para capturar imágenes de armadillos u otros animales, para la identificación de aves se utilizó el libro *The Birds of Panama: A Field Guide* (Angehr & Dean, 2010). Esto permitió determinar la abundancia/densidad de individuos y los patrones de actividad según el método de Maffei *et al.* (2002).

Para la cuantificación de eventos de detección se contabilizaron imágenes correspondientes a cada cámara y se organizaron en una hoja de Excel en la que se sumó el total de imágenes y se obtuvo la cantidad total de especies en cada cámara. Con esta data se realizaron cálculos para los índices de diversidad con el software Past. Para los índices de abundancia relativa por parcela y cámaras, se utilizó el número de fotografías por esfuerzo de muestreo (Díaz-Pulido & Payán, 2012).

Los datos para patrones de actividad de *D. novemcinctus*, así como especies asociadas, se ordenaron en una hoja de Excel y después se construyó un gráfico con la cantidad de eventos y los registros por hora, para así visualizar la actividad de las especies en el área de estudio. A dichos gráficos se les ajustó data de temperatura registrada por las cámaras en un eje vertical secundario para explorar posibles vínculos entre actividad y temperatura.

Se utilizó el software RStudio, con el paquete “Vegan 2.6-2”, para obtener una curva de acumulación de especies (Oksanen 2017; Bravo 2021), lo que permitió obtener información sobre el nivel de completitud del inventario. Posteriormente se calcularon estimadores para el número total (hipotético) de especies basadas en el error estándar. Se utilizaron los estimadores no paramétricos: Chao 2, Jackknife de primer y segundo orden y Bootstrap, para la abundancia hipotética de especies (Oksanen, 2017).

Cobertura Vegetal

Para determinar si existe relación entre el tipo de cobertura vegetal y la cantidad de eventos de detección de armadillo, se caracterizó la cobertura vegetal, utilizando el método de observación directa para la identificación y clasificación de las unidades de cobertura (Delgado, 2010; ANAM & FAO, 2014). Los porcentajes y área de cobertura vegetal (m²), se obtuvieron con la aplicación Google Earth Pro; se asignaron colores en la imagen para cada tipo de cobertura. Las aéreas correspondientes fueron sumadas para obtener los totales de cada categoría por parcela. La asociación entre tipo de cobertura y eventos de detección fue evaluada con la prueba Chi-cuadrado.

RESULTADOS

Distribución espacial y densidad de madrigueras

Se registraron un total de 155 madrigueras a una densidad de 1.25 madrigueras/a, distribuidas en las tres parcelas de estudio, presentando diferencia en el total por cada parcela. Para la Parcela 1, se registraron 48 madrigueras, en la Parcela 2, 55 y para la Parcela 3, 52 madrigueras. Los índices de agregación (R), para las tres parcelas de estudio dieron como resultado una distribución de madrigueras agregada (Tabla 1; Fig.2).

Tabla 1. Parámetros de distribución espacial para *Dasytus novemcinctus* en la finca “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Parámetros: r_i = distancia al vecino más cercano para el individuo i (m), Σr_i = suma de distancias (m), n = número de individuos, r_A = distancia media al vecino más cercano (m), ρ = densidad (ha), r_E = distancia esperada al vecino más cercano (m) y R = índice de agregación.

Parámetros	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Σr_i	952.27	1286.23	903.18
N	48	55	52
r_A	19.8	23.4	17.4
P	0.00061	0.00020	0.00025
r_E	20.2	35.4	31.6
R	0.98	0.66	0.55

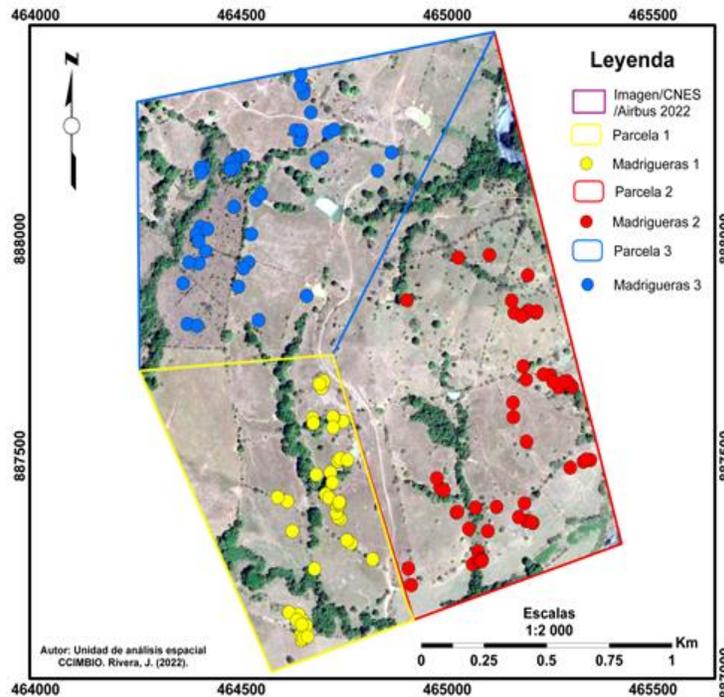


Fig.2 Distribución espacial de madrigueras de *Dasytus novemcinctus* georreferenciada en tres parcelas de estudio en la finca “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Fuente: mapa base estacional. Imagen CNES / Airbus 2021 (Google Earth Pro).

Detección y abundancia de especies.

La especie con más eventos de detección fue *Dasypus novemcinctus* con 157 observaciones para una densidad poblacional de 0.38 ind/ha. A lo largo del estudio se detectaron tres eventos de mortalidad por restos de armadillo (Fig.3).



Fig. 3 Restos de armadillo de nueve bandas, *Dasypus novemcinctus* detectados durante el periodo de estudio en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Panel A: 5 de febrero 2022, (Parcela 3), panel B: 24 de febrero 2022, (Parcela 3) y panel C: 5 de marzo 2022, (Parcela 3).

En general, la cámara seis (Parcela 1) fue la que más registros captó, con un total de 71 observaciones (Tabla 2). Las especies en proximidad a madrigueras de armadillo con solo un avistamiento fueron las aves: *Geotrigon chiriquensis*, *Bubulcus ibis*, *Troglodytes aedon*, y mamíferos: *Philander oposum*, *Procyon lotor*, y un reptil, *Ameiva ameiva*.

Tabla 2. Especies de animales en asociación a madrigueras de *Dasyopus novemcinctus* registradas por cada cámara trampa, en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá.

Especies	Cámaras trampa								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
<i>Aramides cajaneus</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0
<i>Nyctidromus albicollis</i>	2	0	0	0	4	0	1	0	0
<i>Leptotila verreauxi</i>	0	1	5	0	0	4	3	0	0
<i>Geotrigon chiriquensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Arremonops conirostris striaticeps</i>	0	0	0	2	0	3	0	3	0
<i>Milvago chimachima</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	2
<i>Bubulcus ibis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Troglodytes aedon</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Crypturellus soui</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0
<i>Sylvilagus gabbi</i>	0	1	0	4	1	10	0	0	0
<i>Philander oposum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tamandua mexicana</i>	2	0	0	1	1	0	0	0	1
<i>Procyon lotor</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Didelphis marsupialis</i>	0	1	3	0	0	4	0	1	0
<i>Conepatus semistriatus</i>	2	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	12	3	22	25	23	46	7	6	13
<i>Ameiva ameiva</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Iguana iguana</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Total	19	6	32	39	30	71	12	12	17

Se registraron un total de nueve especies de aves en proximidad con las madrigueras (Fig.4), la especie con mayor cantidad de avistamientos fue *Leptotila verreauxi* (“titibúa”) con un total de once individuos. Las especies con menos eventos de detección (un individuo) fueron: *Geotrigon chiriquensis*, *Bubulcus ibis*, *Troglodytes aedon*.



Fig.4 Especies de aves detectadas por cámaras-trampa en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. A: *Nyctidromus albicollis* (Capacho), B: *Leptotila verreauxi* (Titibúa), C: *Geotrigon chiriquensis* (Perdis), D: *Bubulcus ibis* (Garza ganadera), E: *Aramides cajaneus* (Cotara), F: *Crypturellus soui* (Gallina de monte), G: *Troglodytes aedon* (Chivirín), H: *Arremonops conirostris striaticeps* (Cerquero), I: *Milvago chimachima* (Caracara).

Se registraron un total de siete especies de mamíferos en proximidad con las madrigueras (Fig.5), siendo *Dasybus novemcinctus*, los más abundantes con un total de 47, seguido de *Didelphis marsupialis* con catorce individuos; *Philander oposum* (zarigüeya de cuatro ojos) tuvo solamente un registro.

Se registraron solo dos especies de reptiles próximo a las madrigueras, mediante las cámaras-trampa (Fig.6), la iguana verde (*Iguana iguana*) con tres individuos y el “borriguero” (*Ameiva ameiva*) con un individuo.



Fig.5 Especies de mamífero detectados por cámaras-trampa en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. A: *Tamandua mexicana* (Oso hormiguero), B: *Dasyus novemcinctus* (Armadillo de 9 bandas), C: *Conepatus semistriatus* (Zorrillo de espalda blanca), D: *Sylvilagus gabbi* (Conejo muleto), E: *Philander oposum* (Zarigüeya de cuatro ojos), F: *Didelphis marsupialis* (Zarigüeya común), G: *Procyon lotor* (Mapache).



Fig.6 Reptiles y anfibio detectados por cámaras-trampa en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. A: *Ameiva ameiva* (Borriguero), B: *Iguana iguana* (Iguana), C: *Micrurus nigrocinctus* (Coral verdadera) D: *Leptodactylus bolivianus* (Sapo-rana Boliviano) E: *Leptodeira rhombifera* (Serpiente ojo de gato).

Índices de diversidad

Según el índice de diversidad de Simpson, la Parcela 2 y la Parcela 3, registraron la mayor diversidad de especies con índices promediados de 0.61 y 0.58, respectivamente. En la Parcela 1 se observó menor diversidad de especies con índice de 0.45. El Índice de Shannon mostró baja diversidad, ya que los índices resultantes fueron inferiores a dos.

En la Parcela 2 se obtuvo el índice más alto (1.27), mientras que en la Parcela 1 se captó el índice más bajo (0.95). De acuerdo con el índice de Margalef, la diversidad por comunidad más alta se detectó la Parcela 2 con un índice de 1.75 y la más baja fue en la Parcela 1 con índice de 1.29 (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de diversidad, determinado por cada cámara colocada del polígono de estudio, en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Letra C y numeral corresponden a cámaras-trampa desplegadas en tres parcelas de muestreo.

Índices	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3		
	C5	C6	C9	C4	C7	C8	C1	C2	C3
Individuos	30	71	17	40	12	12	19	6	32
Simpson	0.391	0.551	0.395	0.589	0.583	0.667	0.565	0.667	0.492
1-D									
Shannon	0.813	1.236	0.790	1.434	1.075	1.314	1.156	1.242	0.986
H									
Margalef	1.176	1.642	1.059	2.440	1.207	1.610	1.358	1.674	1.154

Índices de abundancia relativa (IAR)

Para la Parcela 1 se obtuvo un índice de 8.32, con un esfuerzo de muestreo de 1,418 noches-trampa, y en la Parcela 2 se alcanzó un índice de 12.47, con 505 noches-trampa. La Parcela 3 tuvo el índice de abundancia relativa más alto (16.33), con un esfuerzo de muestreo de 349 noches-trampa; a pesar de que las cámaras lograron comparativamente menos noches/trampa.

Patrones de actividad

Los eventos fotográficos y videos obtenidos de armadillos (276), mediante cámara-trampas permitieron determinar un patrón de actividad nocturno (Fig.6A-C), con mayor actividad durante las 19:00 hs, 22:00 hs y 03:00 hs. Las horas con pocos eventos (1 a 2) fueron las 6:00 hs y las 18: 00 hs; para las horas del día desde las 7:00 hs hasta las 17:00 no

se registró detección. *Dasyus novemcinctus* mantiene un patrón de actividad en un rango de temperaturas que van de 19 °C a 28 °C, presentando una mayor frecuencia de armadillos en temperaturas bajas.

Para los patrones de actividad de todas las especies registradas, se obtuvo 358 eventos (Fig. 7D-F), en la que hubo actividad diurna de 6:00 hs hasta las 17:00 hs, especialmente de especies de aves y una actividad nocturna que va de 18:00 hs hasta las 5:00 hs, especialmente de especies de mamíferos.

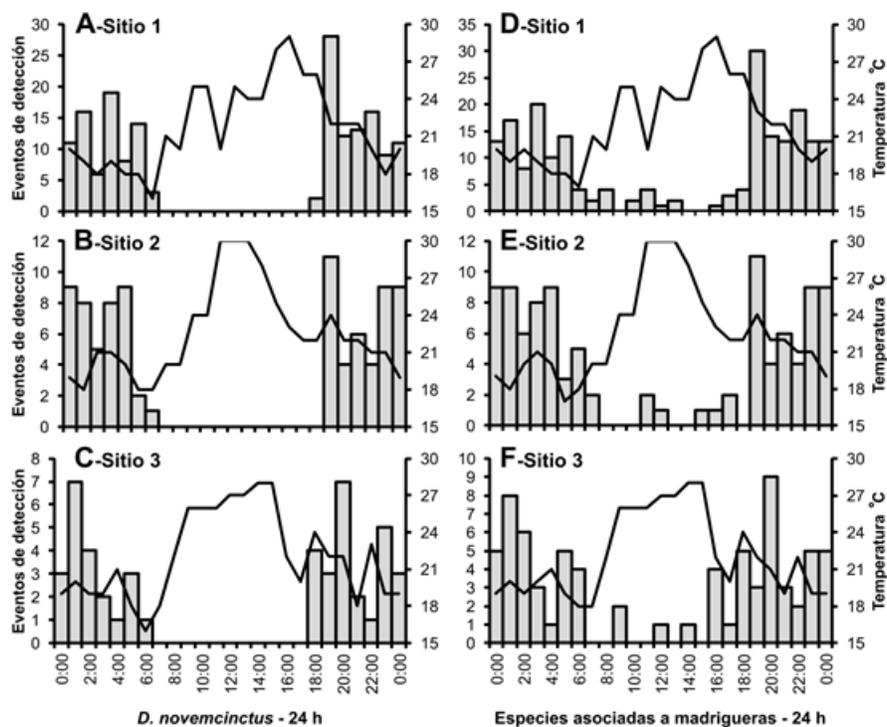


Fig.7 Patrones de actividad de *Dasyus novemcinctus* y especies asociadas a sus madrigueras en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas. Paneles A-C corresponden a registros de actividad de *D. novemcinctus* en las Parcelas 1 a la 3. Columna derecha (D-F) corresponden al resto de las especies asociadas a madrigueras. Línea sólida representa temperaturas promedio registradas por cámaras-trampa.

Cobertura vegetal

Hubo variación en el área de cobertura vegetal para cada categoría determinada. El pasto (PAST) fue dominante en las 3 parcelas de estudio, con porcentajes de cobertura de 58.7%, 46.4% y 43.4%, respectivamente. En contraste, el área correspondiente a bosque de galería (BDG) fue 16.5%, 8.0% y 6.0%, mientras que el bosque secundario (BS) alcanzó el 13.3% para la Parcela 2 y 9.9% para la Parcela 3; no hubo bosque secundario en la Parcela 1 (Tabla 4; Fig.8).

Tabla 4. Área en m² de los tipos de cobertura vegetal en las tres parcelas de estudio en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. BDG: bosque de galería, VAH: vegetación arbustiva herbácea, ASPV: área abierta sin o con poca vegetación, PAST: pasto, PDT: pendientes, BS: bosque secundario, RTJ: rastrojo, VAT: vegetación arbustiva.

Cobertura vegetal	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
BDG	46,500	39,000	26,700
VAH	2,100	0	14,200
ASPV	0	7,900	45,500
PAST	165,600	227,500	192,600
PDT	18,200	120,000	0
BS	0	65,100	44,100
RTJ	33,600	0	87,700
VAT	16,100	31,000	32,800



Fig.8 Foto-imagen referenciada con el mapa de la Figura 1 con tipos de cobertura vegetal en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Pasto: amarillo, bosque de galería: gris, pendiente: verde, bosque secundario: celeste, vegetación arbustiva herbácea: rosado, vegetación arbustiva: anaranjado, rastrojo: rojo vino, área abierta sin o con poca vegetación: violeta. Fuente: Google Earth Pro - Image 2022 Maxar Technologies.

Dasytus novemimctus se detectó en cinco categorías de cobertura vegetal (BDG, PDT, BS, VAT y VAH). Para la Parcela 1, se dieron 121 detecciones en bosque de galería y 45 en pendiente. Para la Parcela 2, 57 detecciones en bosque secundario, 15 en pendiente y 11 detecciones en vegetación arbustiva. En la Parcela 3 se dieron 29 detecciones en vegetación arbustiva herbácea y 21 en bosque secundario (Fig.9). La prueba chi-cuadrado de asociación demostró la asociación significativa entre el número de detecciones de armadillo y el tipo de cobertura vegetal (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de chi-cuadrado con datos obtenidos de la detección de *Dasypus novemcinctus* en los tipos de cobertura vegetal en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá.

Cobertura vs detección	N	g.l.	X ²	P
Parcela 1	166	7	637.2	<0.001
Parcela 2	83	7	263.5	<0.001
Parcela 3	50	7	155.1	<0.001

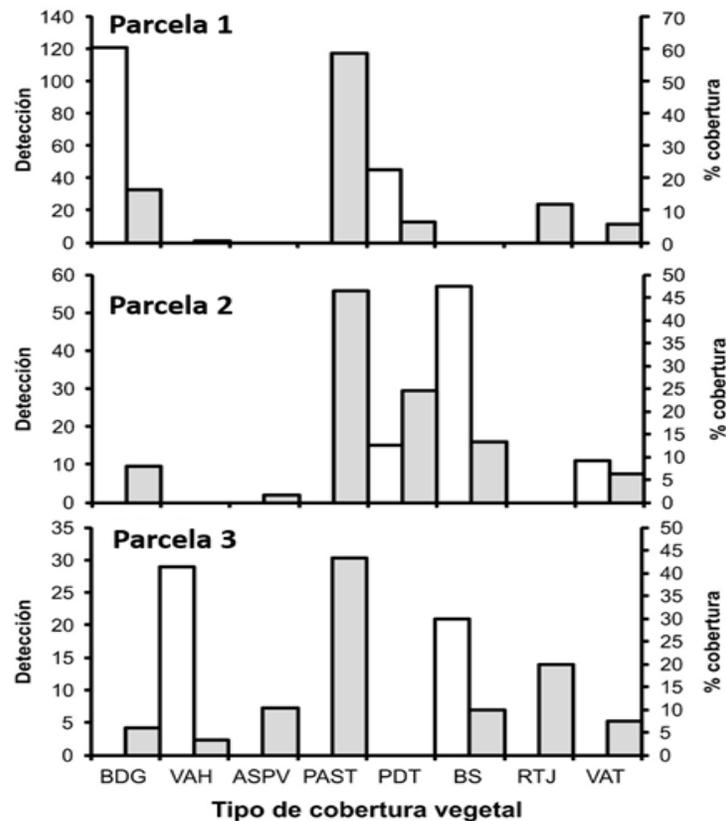


Fig.9 Cobertura vegetal y detección de *Dasypus novemcinctus* en la finca ganadera “Guido Martinelli”, Soná, Veraguas, Panamá. Detección de armadillo en barras blanca y los porcentajes de cobertura vegetal, gris. BDG: bosque de galería, VAH: vegetación arbustiva herbácea, ASPV: área abierta sin o con poca vegetación, PAST: pasto, PDT: pendientes, BS: bosque secundario, RTJ: rastrojo, VAT: vegetación arbustiva.

Curva de acumulación de especies

Los cálculos realizados para determinar el éxito de muestreo por acumulación de especies en el programa RStudio (Sánchez Porras *et al.*, 2019), mostraron un aumento de la pendiente que se ajustó a los datos, donde la asíntota tendió a la estabilidad en el número de especies registradas con el método de cámaras-trampa (Fig.10).

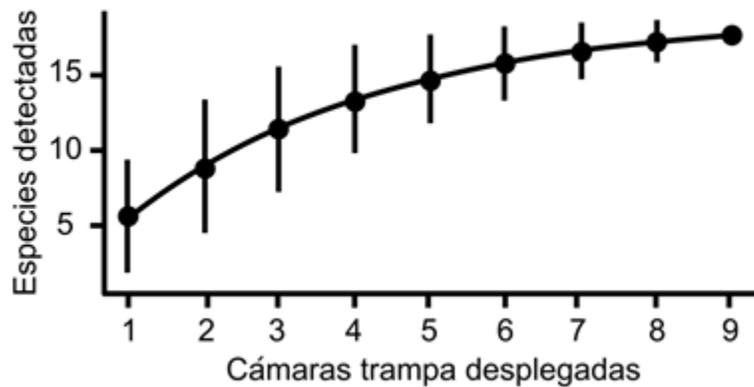


Fig.10 Curva de acumulación de especies en el área de estudio, Soná, Veraguas. Los puntos representan las medias de especies detectadas por cámara y los bigotes son el error estándar calculado por permutación ($n = 1000$).

El estimador Chao 2 arrojó un total hipotético de 26 especies. Los estimadores Jackknife de primer y segundo orden indicaron un total de 23.3 y 26.6 especies, respectivamente. El estimador Bootstrap indicó hipotéticamente 20.4 especies en el área de estudio.

DISCUSIÓN

Los armadillos mostraron un patrón de actividad relativamente uniforme, ya que iniciaron y terminaron actividades alrededor de la misma hora; esto se observó directamente y se confirmó con la metadata de las imágenes captadas. *Dasypus novemcinctus* tuvo mayor actividad durante las 19:00 hs, 22:00 hs y 03:00 hs. Este patrón es similar al

reportado por Lozano (2010), en el que la actividad de los armadillos se dio desde las 19:00h hasta las 2:00h, con tres picos de actividad (21:00–22:00h, 23:00–24:00h y 1:00–2:00h), a un rango de temperaturas de 19–28°C, demostrando alto grado de actividad nocturna; superior al 95% (Moreno, 2006; Brown, 2014).

En este estudio las madrigueras de armadillo se distribuyeron en un patrón agregado para todas las parcelas. Dicho patrón pudo deberse a que los armadillos excavan múltiples madrigueras en espacios reducidos. La distribución agregada de las madrigueras, en consecuencia, reduce el riesgo de depredación (p. ej.: humanos y perros), permitiéndole a los armadillos refugiarse en la madriguera más cercana, en caso de emergencia. Este es posiblemente el caso, ya que, en respuesta a la persecución de perros domésticos, los armadillos construyen varias madrigueras que también confunden a sus depredadores (McDonough *et al.*, 2000; DeGregorio *et al.*, 2021). Aunque nuestro estudio no se enfocó en el efecto de depredadores sobre la distribución de madrigueras de armadillos, en nuestro sitio de estudio se detectaron tres eventos de mortalidad, lo que indica que el riesgo de depredación durante excursiones fuera de las madrigueras está presente para *D. novemcinctus*.

Este patrón de distribución también pudo deberse a la disposición de la cobertura vegetal. Al ser un área dedicada a la ganadería, la fragmentación del hábitat probablemente hizo que los armadillos se concentrasen en remanentes de hábitats específicos. Este es el caso puesto que en este estudio no se identificaron madrigueras en pastura o áreas abiertas, concordando con reportes previos que indican que *D. novemcinctus* construye sus madrigueras con mayor frecuencia en áreas de bosque que en espacios abiertos (McDonough *et al.*, 2000; Arteaga & Venticinque, 2012).

La distribución se debe también a que los armadillos cavan sus madrigueras en zonas que el ganado no utiliza, como lo son las pendientes, donde el sustrato es más blando, facilitando la excavación. Esta fue la situación en la Parcela 1, donde las madrigueras se encontraron en pendientes y cercanas a arbustos, las cuales brindan protección contra depredadores al no estar totalmente expuestos, cuando emergen o entran a las madrigueras. Sin embargo, el IAR de la Parcela

1 fue comparativamente bajo, debido posiblemente al tránsito constante de personas acompañadas de perros, ganado y cercano a casas. Para evitar interacciones con el ganado, los armadillos también usaron parches de bosque secundario y galería. La Parcela 2 fue donde hubo más ganado, el cual era rotado cada ocho días, lo que posiblemente causó que los patrones de actividad de armadillos entorno a sus madrigueras aumentaran solo al retirarse el ganado; hubo cambios de madriguera frecuentemente. El ligero aumento del IAR para la Parcela 2 está posiblemente asociado a la llegada de la estación lluviosa, dado que la Parcela 2 está cerca del río Cobre, el cual es utilizado por personas en la estación seca como balneario y sitio de pesca, lo que probablemente provoca que la actividad de los armadillos disminuya.

Las madrigueras de la Parcela 3 fueron encontradas en vegetación arbustiva, donde la actividad humana y animales grandes se imposibilita, por lo que los armadillos tienen alimento y protección contra depredadores (Montero-Bagatella *et al.*, 2017). Esto pudo haber contribuido a que en la Parcela 3, el IAR fuese mayor a pesar de que el esfuerzo de muestreo fue menor comparado con las demás parcelas; quizá debido a que la mayoría de los armadillos usó las madrigueras de forma consistente. La Parcela 3 fue el área menos perturbada por personas o animales domésticos, lo que probablemente pudo haber contribuido a que se detectaran más armadillos.

La asociación a madrigueras de armadillo fue variable; por ejemplo, hubo registro del conejo “muleto” (*Sylvilagus gabbi*) utilizando consistentemente madrigueras de armadillo, mientras que especies de otros grupos fueron observados en asociación temporal en el exterior de dichas madrigueras. Las aves fueron el grupo que registró actividad diurna asociada al exterior de madrigueras, quizá debido a que en la entrada de las madrigueras hubo invertebrados activos, que atraen aves (Sun *et al.*, 2021). Otro atractivo es la tierra removida que las aves utilizan para deshacerse de parásitos en el plumaje (Takano Goshima & Castro Izaguirre, 2007; Silva *et al.*, 2012).

Nuestros resultados están en línea con Utreras (2020) & DeGregorio *et al.* (2022), en que las madrigueras de armadillo de nueve bandas son sitios inesperadamente populares, utilizados no solo por sus arquitectos

originales sino también por al menos otras 64 especies comensales (p. ej.: gatos monteses, zorros, zarigüeyas, mapaches, zorrillos, ranas, eslizones, serpientes, tortugas y 40 especies de aves).

Según el estudio de Lozano (2010), en el monumento natural Santuario de fauna y flora Otún Quimbaya en Colombia, los sitios estudiados presentaron IAR de 12.35, 23.15 y 41.67. En comparación con nuestro estudio (IAR 8.32, 12.47 y 16.33), se puede decir que existe valor en el componente faunístico, pese a que nuestro estudio se realizó en una finca ganadera. Por otro lado, el estudio de Lira-Torres & Briones-Salas (2011) en la Selva Zoque, Oaxaca, México, es comparable al presente trabajo, ya que se realizó en una zona agrícola. En contraste, las especies de mamíferos en común, con dicho trabajo alcanzaron IAR más alto en el presente estudio. La causa de esta diferencia se debe quizá a que en la Selva Zoque se dan incendios recurrentes, existe ocupación de tierras, a diferencia de nuestro sitio que no presenta estos factores.

Los resultados obtenidos y el contraste con otros estudios permiten establecer que la riqueza de especies en este estudio es mayor en comparación con el reporte realizado por Reyes (2010), en una propuesta para el desarrollo urbano de Soná, en la que dicho autor reportó una pobre fauna silvestre (ocho especies). Mediante este estudio se logra un inventario más completo, resaltando la importancia de los armadillos *D. novemcinctus* y la fauna asociada a sus madrigueras, en el Distrito de Soná. Esta nueva información puede contribuir a la mejora de planes de conservación para la región. En este estudio se han dado los primeros reportes de especies de mamíferos como *Tamandúa mexicana*, *Procyon lotor* y *Conepatus semistriatus*, los cuales no habían sido reportados en esta localidad dentro del distrito.

Este aspecto se sostiene más aun, por la asíntota en la curva de acumulación de especies, indicando que el esfuerzo de muestreo fue adecuado. Este fue el caso, ya que los estimadores y el número de especies observado son afines, lo que contrasta con el estudio de Guido (2016), que apenas alcanzó el 60% de las especies estimadas. La ligera discrepancia entre los estimadores y el número total de especies en nuestro estudio puede deberse a limitantes inherentes del método de muestreo. Este es el caso de especies que fueron observadas directamente (p. ej.: serpientes: *Micrurus nigrocinctus*, *Leptodeira*

annulata y anuro: *Leptodactylus bolivianus*), pero que las cámaras no captaron. Los sensores infrarrojos de las cámaras son menos sensibles a la presencia de anfibios y reptiles por sus bajas temperaturas corporales (Sun *et al.*, 2021).

Este estudio resalta la importancia de los armadillos como especie clave en ambientes intervenidos por la ganadería. Este es el caso porque los armadillos contribuyen a la complejidad estructural de los hábitats (Rodríguez *et al.*, 2019). Precisamente en fincas ganaderas, como en el presente estudio, la complejidad de los hábitats se reduce por la expansión de pastura y desmonte. Es por ello que los armadillos son de importancia crítica, ya que sus actividades mantienen dicha complejidad estructural y promueven el aumento local de la riqueza de especies (Jones *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La distribución de madrigueras depende de la conducta de los armadillos en respuesta a la presencia de enemigos naturales, disruptores y tipos de cobertura vegetal. Las madrigueras de armadillo son “hot spots” de actividad animal, debido a que los recursos disponibles entorno a la madriguera atraen comensales. La diversidad de especies aumentó cuando la cobertura vegetal aportó complejidad estructural y cuando el impacto de disruptores fue bajo. A pesar de tratarse de una zona intervenida por ganadería, los armadillos desempeñan un papel de importancia crítica, ya que sus actividades contribuyen al mantenimiento de la abundancia relativa y diversidad de especies. El método mixto de muestreo fue suficiente para el levantamiento de un inventario comprensivo de las especies asociadas a madrigueras de *D. novemcinctus*, con los primeros reportes de *Tamandúa mexicana*, *Procyon lotor* y *Conepatus semistriatus* para el área. Esta nueva información puede contribuir a la mejora de planes de conservación para la región.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento es para Juan Santos y María Jiménez por el apoyo durante los monitoreos en campo. Este estudio fue apoyado

parcialmente por fondos de Idea Wild 501c (3), a través de la fundación Biodiversity Conservation Organization.

REFERENCIAS

Angehr, G. R. & Dean, R. (2010). *The Birds of Panama: A Field Guide*. Zona Tropical Publications.

Arteaga, M. C. & Venticinque, E. (2012). Effects of change in primary forest cover on armadillo (Cingulata, Mammalia) burrow use in the Central Amazon, *Rev. Mex. Biodivers.*, 83, pp. 177–183.

Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO) (2014).

Sistema de clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques.

Balderas, S, Barrón, D. N. & Magaña Guzmán, V. (2012). Plan de manejo tipo para armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) modalidad intensiva, Semarnat.

Bravo, H. (2021). Evaluación de la relación entre la diversidad de aves y la estructura vegetal en fincas agroforestales de cultivo de cacao en la provincia de Los Ríos, Cantón Quevedo, Ecuador. Tesis de pregrado. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador.

Brown, E. (2014). Aspectos ecológicos de los felinos silvestres y sus presas en área silvestre Narganá, Guna Yala. Tesis de pregrado. Universidad de Panamá, Panamá.

DeGregorio, B. A., Gale, C., Lassiter, E. V., Massey, A., Roberts, C. P., & Veon, J. T. (2021). Nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) activity patterns are influenced by human activity, *Ecol. Evol.* 11(22), pp. 15874–15881. DOI: 10.1002/ece3.8257.

DeGregorio, B. A., Veon, J. T. & Massey, A. (2022). Wildlife associates of nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) burrows in Arkansas, *Ecol. Evol.* 12(5), pp. 1–10. DOI: 10.1002/ece3.8858.

Díaz-Pulido, A. & Payán, E. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia., p. 32.

Encalada, L. M. (2018). Patrones de actividad diaria de mamíferos medianos y grandes de la Reserva Biológica Uyuca mediante fototrampeo. Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Empresa de Transmisión Eléctrica de Panamá (2021). Estadísticas meteorológicas acumuladas (compendio histórico), de temperatura y precipitación. Estaciones Soná y Guarumal. <https://n9.cl/kst2g>

Escobar-Gutiérrez, A. & Amezcua-de Bernés, M. E. (1981). El armadillo: un nuevo animal de experimentación para el estudio de las zoonosis, *Cienc. Vet.*, 3, pp. 200–224.

Guido, L. D. (2016). Riqueza, abundancia y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, en diferentes condiciones de manejo en la región del Bajo Balsas, Michoacán. Tesis de grado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Gutiérrez, M. (2009). Geomorfología. Madrid, España: Pearson Educación.

Guzmán-Lenis, A. & Camargo-Sanabria, Á. (2004). Importancia de los rastros para la caracterización del uso de hábitat de mamíferos medianos y grandes en el Bosque los Mangos (Puerto López, Meta, Colombia), *Acta Biolo. Colomb.*, 9(1), pp. 11–22.

Jones, C. G., Lawron, J. H. & Shachak, M. (1997). Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers, *Ecology*. 78(7), pp. 1946–1957. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[1946: PANEEO]2.0.CO;2.

Krebs, C. J. (2013). Spatial pattern in animal and plant populations Organisms, in *Ecological Methodology*, pp. 233–274.

Lira-Torres, I. & Briones-Salas, M. (2011). Impacto de la ganadería extensiva y cacería de subsistencia sobre la abundancia relativa de mamíferos en la Selva Zoque, Oaxaca, México, *Therya*. 2(3), pp. 217–244. doi: 10.12933/therya-11-49.

Lozano, L. A. (2010). Abundancia relativa y distribución de mamíferos medianos y grandes en dos coberturas vegetales en el Santuario de fauna y flora Otún Quimbaya mediante el uso de cámaras trampa. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Maffei, L., Cuellar, E. & Noss, A. J. (2002). Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía, *Rev. Boliv. Ecol. y Conserv. Ambient.*, 11, pp. 55–65.

McDonough, C. M., DeLaney, M. J., Quoc L. P., Blackmore, M. S., & Loughry, W. J. (2000). Burrow characteristics and habitat associations of armadillos in Brazil and the United States of America. *Rev. Biol. Trop.*, 48(1), 109-120.

Melo, Felipe P. L.; Martínez-Salas, E., Benítez-Malvido, J. & Ceballos, G. (2010). Forest fragmentation reduces recruitment of large-seeded tree species in a semi-deciduous tropical forest of southern Mexico. *J. Trop. Ecol.*, 26(1), 35–43. doi:10.1017/s0266467409990435

Meyer, N., Esser, H. J., Moreno, R., van Langevelde, F., Liefing, Y., Oller, D. R., Vogels, C. B. F., Carver, A. D., Nielsen, C. K. & Jansen, P. A. (2015). An assessment of the terrestrial mammal communities in forests of Central Panama, using camera-trap surveys, *J. Nat. Conserv.*, 26, pp. 28–35. doi: 10.1016/j.jnc.2015.04.003.

Montero-Bagatella, S. H., González-Romero, A., Gallina, S. & Sánchez-Rojas, G. (2017). Relación entre las características de la vegetación y las densidades de la ardilla de Perote. *Rev. Mex. Biodivers.*, 88(3), 691–700. doi: 10.1016/j.rmb.2017.06.010

Mosquera-Muñoz, D.M., Corredor, G., Cardona, P. & Armbrecht, I. (2014). Fototrampeo de aves caminadoras y mamíferos asociados en el piedemonte de Farallones de Cali. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (2): 144-156.

Moreno, R. 2006. Parámetros poblacionales y aspectos ecológicos de los felinos y sus presas en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá. Tesis de grado. Instituto Internacional en Conservación y manejo de Vida Silvestre, Heredia, Costa Rica.

Muñoz, J, Octavio, B. & Duque, M. (2002). Patrones de Hábitat y de Actividad Nocturna de *Agouti paca* En el Parque Nacional Natural Utría (Chocó, Colombia), *Actual Biol.*, 24, pp. 75–85.

Oksanen, J. (2017). *Vegan: ecological diversity*, R Package Version 2.4-4. <https://cran.r-project.org/package=vegan>.

Pagnutti, N., Gallo, J., Superina, M., Vizcaíno, S. F., & Abba, A. M. (2014). Patrones estacionales de distribución espacial y área de acción del Piche Llorón, *Chaetophractus vellerosus* (Cingulata: Dasypodidae), en magdalena, Buenos Aires, Argentina. *Mastozool. Neotrop.*, 21(1), 59-65.

Platt, S. G., Rainwater, T. R. & Brewer, S. W. (2004). Aspects of the burrowing ecology of nine-banded armadillos in northern Belize, *Mamm. Biol.*, 69(4), pp. 217–224. doi: 10.1078/1616-5047-00138.

Reyes, Y. C. (2010). Propuesta para el desarrollo urbano de Soná. Tesis de grado. Universidad de Panamá, Panamá.

Rodrigues, T. F., Mantellatto, A. M. B. Superina, M., & Chiarello, A. G. (2019). Ecosystem services provided by armadillos. *Biol. Rev.*, 95: 1-21. <https://doi.org/10.1111/brv.12551>

Rodríguez-Durán, A., Valencia, K., Superina, M., & Peña (2018). Distribución y usos de los armadillos en sabanas inundables de Arauca, Colombia, *Biota Colomb.* 19, pp. 117–127. doi: 10.21068/c2018.v19n02a10.

Silva, J., Pollack, L. & Bazán, G. (2012). Avifauna en el Campus de la Universidad Nacional de Trujillo - Perú, Mayo–agosto 2009, *Ucv - Sci.*, 4(2), pp. 197–204.

Sun, S., Dou, H., Wei, S., Fang, Y., Long, Z., Wang, J., An, F., Xu, J., Xue, T., Qiu, H., Hua, Y., & Jiang, G. (2021). A Review of the

Engineering Role of Burrowing Animals: Implication of Chinese Pangolin as an Ecosystem Engineer, *J. Zool. Res.*, 3(3), pp. 1–20. doi: 10.30564/jzr.v3i3.3102.

Takano, F. & Castro, N. (2007). Avifauna En El Campus De La Universidad Nacional Agraria La Molina (Unalm), Lima – Perú, *Ecol. Apl.*, 6(1–2), p. 149. doi: 10.21704/rea.v6i1-2.351.

Utreras, J. P. (2020). Caracterización de la estructura y la abundancia de la comunidad de macromamíferos terrestres del Bosque Protector Oglán Alto, cantón Arajuno, Pastaza – Ecuador, Uce. Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.