

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

«Diagnóstico de la Distribución del coyote (*canis latrans*) en Zonas de Vida Montano de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, 2019-2021.»

Por:

Marco Gabriel Gutiérrez Gómez

Tutora:

Dra. Yara Azofeifa Romero - Bióloga

Docente:

MS.c Guillermo Calderón Ramírez - Geógrafo

Institución: Escuela de Ciencias Biológicas, UNA

Práctica profesional supervisada como cumplimiento de los requisitos para el bachillerato en CIENCIAS GEOGRÁFICAS CON ÉNFASIS EN ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Junio, 2021

Campus Omar Dengo, Heredia, Costa Rica

Dedicatoria

A abuelito y a Pagnusatt, cada día más cerca. Un abrazo al cielo.

Agradecimientos

A mi familia humana-gatuna-perruna por acompañarme en cada etapa de mi vida, a la UNA, a la Dra. Yara Azofeifa por compartir conmigo el sueño y permitirme hacer investigación, a Alex por el esfuerzo en campo y al Dr. Esteban J. Chávez por instruirme e inspirarme.

Índice General

1) Lista de acrónimos	5
2) Introducción:	6
3) Problema:	7
4) Objetivos:	9
4.1) Objetivo General:	9
4.1.1) Objetivos específicos:	9
5) Justificación:.....	9
6) Marco metodológico:	12
6.1) <i>Materiales y equipo</i>	14
6.2) <i>Métodos</i>	14
7) Resultados:	18
7.1) <i>Distribución de rastros de coyote</i>	19
7.2) <i>Percepción social del coyote</i>	22
7.3) <i>Modelo de áreas de influencia</i>	24
8) Hallazgos y recomendaciones:	26
9) Referencias	27
10) Anexos	29
Anexo 1. Codificación de los rastros	30
Anexo 2. Sondeo.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de preguntas de la investigación.....	13
Figura 2. Perfil y comparativa de los rastros	19
Figura 3. Matriz de calor de pesos estadísticos de los rastros por cobertura.....	20
Figura 4. AE de los rastros en PNBC-SB.....	21
Figura 5. AE de los rastros en PNVI-SP	22
Figura 6. Percepción social del coyote	23

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. I de Moran.....	15
-----------------------------	----

Índice de tablas

Tabla 2. Matriz metodológica de los procesos. 18

Índice de mapas

Mapa 1. Modelo de áreas de influencia humano-coyote 25

1) Lista de acrónimos

A

AE Autocorrelación Espacial.

M

MC Monte de la Cruz

P

PSA Programa de pago por Servicios Ambientales.

PNVI-SP Parque Nacional Volcán Irazú – Sector Prusia.

PNBC-SB Parque nacional Braulio Carrillo – Sector Barva.

PGM-ASP Planes Generales de Manejo de Áreas las Silvestres Protegidas.

S

SINAC Sistema Nacional de Áreas de Conservación

2) Introducción:

Esta investigación estudia la distribución de coyote (*canis latrans*) en las Zona de Vida montano de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica y su relación con el ser humano como un aporte subdividido del proyecto “Áreas de actividad y dieta de *Canis latrans* en el contexto etnoecológico de los bosques tropical seco-transición húmedo y montano en Costa Rica”; llevado a cabo en la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Costa Rica desde el 2019 hasta la fecha.

La investigación plantea tres objetivos de enfoque mixto: análisis cuantitativo desde la aplicación geoestadística e interpretación de percepción desde el paradigma cualitativo. En primera instancia se desea sistematizar y llevar a cabo mediante análisis geoestadístico de Autocorrelación Espacial para determinar si los rastros no se distribuyen aleatoriamente en el espacio, sino que la especie utiliza áreas específicas para dejar ciertos rastros como parte de su comportamiento. Mediante esta aplicación, se puede obtener un indicio de cuáles podrían ser sus actividades y en dónde las puede realizar con frecuencia, acompañado del material tecnológico de monitoreo contante, análisis de datos obtenidos y elaboración de cartográfica.

Acompañado a lo anterior, se analizan imágenes satelitales LANDSAT 8 aplicando técnicas de corrección atmosférica y clasificación supervisada para obtener los tipos de coberturas en los que se ubican los rastros por medio de un intersecado de ambas variables.

Seguidamente se plantea conocer cuál es la percepción de las comunidades que por convivencia geográfica frecuentan avistamientos o cualquier tipo de rastro que permita orientar si el animal es temido, bien recibido, no genera ninguna reacción o cualquier otra característica interpretable que pueda brindar la fuente primaria: un sector de la población sondeada.

Como objetivo final, se crea un modelo de áreas de influencia multivariable donde se toma en cuenta la cobertura urbana, la agropecuaria y la vial a una distancia determinada por la seguridad de las personas. De este modo se conocen cuáles son aquellas áreas donde la especie no posee conflicto de convergencia con las actividades humanas y en cuáles sí se produce un acercamiento entre humanos y coyotes.

De esta manera, la investigación se estructura en primera instancia con la explicación de cuál es el problema y de qué manera se justifica el presente estudio, seguidamente se detallan los objetivos sobre cómo desarrollar la investigación para así en acto seguido plantear una metodología acorde para la solución del problema, además de los resultados obtenidos en campo y analizados a través de la recolección de datos previos, para finalmente exponer los hallazgos encontrados y recomendaciones relacionadas a la continuidad del proyecto actual o de otros que puedan generarse posteriormente.

3) Problema:

El año 2020 permitió observar fenómenos de diversas índoles a partir del confinamiento de la mayor parte de la población, esto producto de las medidas sanitarias establecidas por el Ministerio de Salud con relación al COVID-19. En términos de biodiversidad, ha permitido obtener evidencia de animales en zonas urbanas del país; tal es el caso del coyote (*canis latrans*) reportado y registrado en la ciudad de Cartago. Aprovechando la ausencia humana en el centro urbano, algunos individuos de esta especie descendieron desde las partes altas del Volcán Irazú y áreas aledañas donde habitan, e ingresaron a algunas instalaciones del centro urbano; puede deberse a un intento de sacar provecho de la ausencia humana para expandir su hábitat, o para encontrar alimento en los desechos contenidos en los basureros de las calles (Panamá América, 2020).

Conforme disminuyen las restricciones sanitarias, se retoman las actividades humanas conforme disminuyen las restricciones comerciales, vehiculares, de recreación y ocio, trayendo consigo una reincorporación de la mayor parte de la población en el GAM. Dentro del área de estudio se ubica el Parque Nacional Braulio Carrillo (PNBC) (noroeste) y el Parque Nacional Volcán Irazú (PNVI) (sureste). Ambos parques poseen atractivos turísticos frecuentados por la población con el fin de despejarse a través de los senderos, visita del cráter, compra de alimentos en comercios locales, entre otras actividades que ocasionan un flujo relativamente constante de las personas que disfrutan del turismo local.

Dicho flujo puede influir en si la presencia del coyote merma o no en áreas circundantes a entornos con presencia de edificaciones y/o estructura de los espacios periurbanos. Existen reportes de avistamientos y algunos rastros de esta especie alrededor

de fincas cercanas estos parques, como también dentro de ellos, reportados por funcionarios guardaparques del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Por su parte, se busca contribuir a la baja cantidad de información existente en el país sobre esta especie en el país, siendo esto catalizador para estudiar la distribución y hábitat siendo esta un objeto válido de estudio dentro de la Biogeografía, dando un pronóstico general de la presencia actual de esta especie en las Zonas de Vida montano en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Para Hody y Kays (2017) un problema en la expansión de esta especie se debe a que no se ha descrito de manera adecuada la espacio-temporalidad de los registros del animal, hecho que imposibilita generar un análisis sobre los efectos en el ecosistema de las áreas que la especie ha conquistado en su distribución.

Por esta razón, tomar en cuenta estos reportes y notas oficiales permite crear y ampliar el espectro de los datos de esta especie en el país, y a partir de ello plantear escenarios de posibles conflictos generados con la actividad humana o que podrían desencadenarse a futuro tomando en cuenta las áreas del territorio donde podría converger la distribución del coyote con la presión de la actividad humana.

Abordar el problema puede plantear acciones que eviten el desencadenamiento de consecuencias ecológicas y territoriales en Centroamérica y principalmente en Costa Rica. Como primicia de este problema, el reporte de individuos de la especie en el centro de Cartago, acompañado de una nota publicada por el Ministerio de Ambiente del Gobierno de Panamá (2020) en el municipio de Rincón, donde la presencia de este animal produjo afectaciones en áreas productivas de sandía donde se evidencian marcas de colmillos y mordeduras típicas de coyote, además de vérselo merodeando en pequeñas manadas aledañas a los cultivos.

Ante este escenario, cabe preguntarse *¿Puede la biogeografía estudiar y aplicar algún tipo de modelo que determine las áreas de conflicto entre coyote-humano?* Además de esta pregunta, surge una malla de interrogantes sobre esta especie con relación a lo que esta determina como su hábitat y las áreas que el ser humano las determina como propias a raíz de la propiedad privada, cuál especie invade a cuál, y otras preguntas más que pueden observarse en la figura 1.

4) Objetivos:

4.1) Objetivo General:

Analizar la distribución de rastros de coyote y su contexto etnoecológico a través de Información Geográfica para diagnosticar la distribución de la especie en Zonas de Vida montano de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, 2019-2021

4.1.1) Objetivos específicos:

- Sistematizar la distribución de rastros de coyote y calcular el área y tipo de cobertura donde se han registrado dentro de la Zonas de Vida montano en Costa Rica, 2019-2021.
- Conocer la percepción de la población aledaña a Zonas de Vida montano por medio de encuestas sobre conocimiento del *coyote* en Costa Rica, 2019-2021.
- Construir un modelo de áreas de influencia humano-coyote en Zonas de Vida montano en Costa Rica a través del procesamiento de Información Geográfica.

5) Justificación:

Este proyecto plantea la necesidad de conocer las áreas de actividad de este cánido, tiene un fuerte componente etnoecológico que agrega un valor a la evidencia observada en campo. Es decir, la georreferenciación de rastros (p. ej. heces, huellas, aullidos, etc.) se complementa con la información proporcionada por la población que históricamente ha convivido con este animal.

La ecología de este animal lo caracteriza por su fácil adaptación a diferentes hábitats. Beckoff (2003), describe a los pastizales, desiertos y montañas como parte de los hábitats utilizados por el coyote, sin embargo, no compite contra otras especies de carnívoros los cuales incluso lo depredan, por lo que esta especie prefiere evitar áreas de posible conflicto por la competencia del hábitat, distribuyéndose cuando la presión social y nutricional aumentan principalmente en invierno (en los Estados Unidos) en busca de alimentación como lo son las frutas, insectos y grandes ungulados.

Al generarse una variación en los aspectos mencionados anteriormente, se altera la dinámica del coyote, ya sea en un aumento poblacional, una disminución o distribución de la especie; y es que, la reducción poblacional de depredadores como el jaguar y el puma y la deforestación puede estar favoreciendo su expansión en gran parte del territorio costarricense, sustentado por Ramírez-Albores y León-Paniagua (2015) donde se expresa que:

...la distribución del coyote se ha ampliado con la desaparición o disminución de las poblaciones de grandes depredadores como el lobo gris (*Canis lupus*), el lobo rojo (*Canis rufus*), el oso negro (*Ursus americanus*), el oso pardo (*Ursus arctos*), el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*). También han tenido influencia la pérdida y fragmentación de hábitats naturales, que contrario a lo que ha sucedido con otras especies silvestres, han provocado un ligero aumento en la distribución y en el tamaño de las poblaciones del coyote. (pp. 68).

La deforestación es un fenómeno que puede influir poco en esta especie en Costa Rica, gracias a las acciones tomadas con la implementación del Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), siendo un reconocimiento financiero que otorga el Estado, a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), por los servicios ambientales generados en las actividades de conservación y manejo de bosque, reforestación, regeneración natural y sistemas agroforestales (FAO, 2016), los cuales crearon un incremento del 54% de la cobertura boscosa desde la década de 1980 hasta el año 2015.

Sin embargo, al tratarse de una especie que se distribuye desde el norte del continente americano hasta Panamá, es claro que la deforestación puede ser un factor determinante en otros países de la región, en Loening y Markussen, (2003) menciona que esto conlleva a la pérdida de especies, daño y fragmentación del hábitat, repercusiones climáticas globales y microclimáticas.

Honduras es el país de América Central que presenta la caída más fuerte de su cobertura boscosa, cayó en casi un tercio al pasar de 57 por ciento en el 2000 a 41 por ciento en el 2015; en Guatemala para el año 2000, la cobertura era de 39% de su territorio, misma que descendió al 33% para el año 2015 (IPS, 2017).

A pesar de que la presencia del coyote es notable a partir su identificación en cámaras trampa y reportes de la población incluso en ambientes con presencia de edificaciones, existe el riesgo de conflictos humano-coyote pueda agravarse. Un indicio del conflicto puede darse por la característica misma del comportamiento del animal, puesto que son animales que se han visto beneficiados con la fragmentación de los bosques e incluso han expandido su distribución (Reid, 1997; Mora, 2000, citando en Cartín y Carrillo, 2017) además sostienen que, son asociados a áreas agrícolas y urbanas.

Desde las Ciencias Geográficas —concretamente desde la Biogeografía—, se brinda un aporte aplicado a través de la sistematización y análisis de muestras y rastros encontrados en campo en la zona de vida de bosques montano y áreas cercanas utilizando sistemas de procesamiento de datos estadísticos y procesamiento de información geográfica, para con el fin de determinar que la especie habita la zona de vida montano y/o se distribuye a través de esta desde hace un tiempo a la actualidad. Esto permite conocer si existe o no la presencia o de la especie *canis latrans* en el área de estudio, obtener indicios de su distribución a través de los rastros y los posibles recursos para sobrevivir dentro de su hábitat, al tiempo en que se recalca sobre la importancia del estudio de fauna en los planes y acciones ambientales que sean emitidas desde las decisiones públicas, trátense de instituciones públicas privadas, organización y ordenamiento del territorio.

De esta manera, se puede realizar un contraste de los registros de la distribución de la especie con respecto a los asentamientos humanos ubicados alrededor de su hábitat y profundizar en la percepción social si existe competencia de recursos con la especie, si es de agrado o desagrado social, si se les puede considerar animales temidos o incluso si amenazan la actividad diaria o productiva de ganadería y agricultura en granjas, fincas de siembra, fincas lecheras, (entre otros), de modo tal que, sea el relato de fuentes de primera mano como los son habitantes, trabajadores, comerciantes, personas ganaderas, y cualquier otro agente que resulte clave en la investigación.

El entendimiento de la distribución de esta especie es importante de indagar si se toma en cuenta la estrecha cercanía que mantiene su hábitat con los diferentes espacios de asentamientos humanos. El accionar del ser humano puede repercutir en el hábitat utilizado por el coyote en términos de expansión, no solamente cuando se trate de asentamientos,

sino también de presencia de actividades como el turismo y senderismo no regulado, caza de diversas especies de animales u otras actividades de carácter ilegal dentro de áreas protegidas y utilizadas como hábitat por parte del animal.

Es por esta razón que, la investigación busca impactar en el territorio, fortalecimiento el respeto y la convivencia con la biodiversidad que rodea al ser humano, comprendiendo que, del mismo modo que el ser humano delimita su territorio, especies como el coyote también poseen una distribución dentro de una territorialización generada a partir de las condiciones que se le presentan, en este caso, el hábitat de área de estudio.

Los proyectos de conservación precisan conocer los sistemas ecológicos y humanos en donde se desarrollan, a través de la incorporación lineamientos como *el manejo adaptativo*, siendo este la incorporación formal del proceso de aprendizaje dentro de las acciones de conservación, mediante la utilización de la información generada por el monitoreo (SINAC, 2013).

De este modo, tal impacto, impulsado puede contribuir al monitoreo de la conservación de las especies, el cumplimiento del equilibrio ecológico y manejo de la biodiversidad dentro de las Áreas Silvestres Protegidas a través de los Planes Generales De Manejo del Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

6) Marco metodológico:

La investigación se desarrolla desde la Biogeografía, rama perteneciente a las Ciencias Geográficas, ligando el estudio de la fauna y su relación con el ser humano desde un contexto etnoecológico, a través de la recolección de datos y la elaboración visual a través de elementos cartográficos, tablas, gráficos e imágenes para diseñar y representar la información procesada. El enfoque utilizado se cataloga como un enfoque mixto en donde se integran las variables de estudio cualitativas en la descripción de categórica de las variables, tanto de la especie como del hábitat y del ser humano; además de mediciones y asignaciones numéricas en las tabulaciones de las matrices y el análisis estadístico, abordando e integrando el enfoque cualitativo y cuantitativo desde una geografía aplicada.

El área de estudio se compone de 496 km² el cual contiene cinco tipos de zonas montano: el predominante Bosque pluvial montano bajo (306.07 km²), el Bosque muy húmedo montano bajo 106.23 km², Bosque pluvial montano 67.17 km², Bosque muy húmedo montano (15.93 km²) y una pequeña parte de Bosque pluvial montano transición a montano (1.10 km²).

Las Zonas de Vida según Holdridge (1967), citado en Hall (1983; pp.40-45), poseen su base de los análisis de clima y vegetación en el país, ya que, toma en cuenta las variables de latitud y altitud en las que se considera a todo el país es una zona latitudinal tropical. Los aspectos tomados en cuenta para categorizar estas zonas son la temperatura, la humedad y las características altitudinales y latitudinales, por ejemplo, el área de estudio de zonas montano ubicado a partir del diagrama de Holdridge (1987), se sitúa una región latitudinal tropical, que va desde los 2000 a los 4000 m.s.n.m.

Es así como se plantea una serie de preguntas para desarrollar la investigación abordando cualidades sociales, biológicas y espaciales que permita establecer una relación entre estas, además de una base investigativa que permita aplicar trabajo de campo enfocado en los aspectos biológicos como la recolección de rastros, en aspectos sociales como la percepción sobre esta especie y aspectos geográficos como la aplicación de herramientas geoestadísticas y de procesamiento de información geográfica.



Figura 1. Esquema de preguntas de la investigación

6.1) Materiales y equipo

- GPS
- GeoDa
- Spyder 4 - Python
- Imagen satelital LANDSAT 8
- Excel y Word de Microsoft Office.
- Sistemas de procesamiento de información Geográfica como ArcGIS Pro y QGIS.

6.2) Métodos

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizaron cinco recorridos de aproximadamente ocho kilómetros cada uno (tres durante el día y dos durante la noche) a través de los senderos del PNBC-SB y los potreros aledaños al Cerro Guararí., utilizando GPS, libreta de campo, linternas, indumentaria para el frío y libreta de campo en donde se fue registrando el tipo de rastro que el animal dejó, el número de rastro, en qué sector además de una fotografía utilizando como base de escala el tamaño de una moneda para determinar el tamaño del rastro.

Se creó un gráfico múltiple utilizando las librerías *Numpy*, *Matplotlib* y *Pandas*, donde se mostró el perfil de la elevación a la que se encontraron los rastros recolectados en campo y otros suministrados por el equipo de trabajo del proyecto recolectados en campo durante años anteriores. En esta figura, se representó dónde se encontraron, el tipo de rastro recolectado, y la comparativa entre la cantidad y tipo de rastro obtenido en dos puntos de recolección: PNBC-SB y PNVI-SP. Estas representaciones permitieron observar preliminarmente la distribución de los rastros recolectados, a los que se les aplicó un análisis para corroborar si se presenta o no un patrón de aleatoriedad mediante Autocorrelación Espacial utilizando como base el Índice de Moran.

Goodchild, (2008a) citado en Celemin (2009), expone que, I de Moran es la medida más utilizada para determinar la AE debido a que representa el coeficiente de correlación de Pearson con una matriz de pesos definida por el usuario que mantiene el rango entre -1 y

1, por tanto, cuando la AE es positiva, las unidades (en este caso los rastros) presentan valores similares a valores próximos, cuando la AE es negativa, se tiende a la dispersión y cuando no existe AE los valores son aleatorios.

El proceso para calcular el Índice de Moran consiste en determinar la relación entre los valores de la variable en una matriz, posteriormente, se calculan los pesos de cada relación con el fin de que dichos valores sean estandarizados. Si no se realiza la estandarización, los valores igualarán o superarán el valor de 1, representando un problema para los rangos establecidos que determinan si existe o no AE) (Celemin 2009).

Para el proceso es fundamental el planteamiento de la hipótesis: cuando la Hipótesis nula (Ho) se acepta, significa que se tiene un patrón aleatorio de los datos; caso contrario, si se rechaza, aceptando la Hipótesis alternativa (H₁), se tiene un patrón de agrupamiento (si I Moran es cercano a 1) o de dispersión (si I Moran es cercano a -1).

Los valores a tomar en cuenta en los resultados son la media, la desviación estándar, el nivel de significancia (α) conocido también como tasa de error; en este caso se aplicó como criterio de investigación un 5% de probabilidad de rechazar Ho, además del p-value. Cuando α es menor que el p-value, se acepta Ho (patrón aleatorio), y cuando α es mayor que el p-value, se rechaza Ho (no hay patrón aleatorio). Una vez obtenidos los valores para I de Moran, se recomienda aplicar el proceso de aleatorización y permutación para conocer la distribución. (Anselin, 1995, citado en Celemin, 2009).

La ecuación para calcular el de Índice de Moran Global es la siguiente:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Ecuación 1. I de Moran.

Donde:

N = número de observaciones (cantidad de rastros = 91)

\bar{X} = la media de la variable

X_i = el valor que toma la variable en una determinada localización

X_j = el valor que toma la variable en otra determinada localización

W_{ij} = indexado de las localizaciones de i y j

Para la aplicación de este método, fue preciso asignar una tabulación y codificación de los rastros obtenidos con el fin de generar las matrices que el método requiere (ver anexo 1). En ellos se asigna una letra y un número a cada rastro a los que posteriormente en la matriz se calculó el peso de la relación que posee cada uno al relacionarse entre sí para conocer el peso de su relación espacial.

El segundo objetivo se alcanzó a través de la aplicación de un breve sondeo aplicado a treinta personas sobre la percepción que poseía del coyote. El indicador de este objetivo fue la muestra de la población abordada en donde estas fueron respondiendo a algunas preguntas relacionadas a la intensidad del miedo en caso de contacto con coyotes, si ha tenido conocimiento de coyotes cerca donde reside o trabaja, y en qué partes es usual ver a dicha especie.

Los sondeos se aplicaron con una distribución equilibrada a través del área de estudio, contemplando el noroeste, el centro y el sureste del área tomando en tres distintas comunidades: el Monte de la Cruz en Heredia, en la comunidad de Pará, ubicada en la Depresión de la Palma, San José; y en la comunidad de San Juan de Chicué en la provincia de Cartago, en donde se aplicó el instrumento a 10 personas en cada comunidad.

Para cumplir con la construcción del modelo, en primera instancia se procesó la imagen satelital LC08_L1TP_015053_20190201_20190206_01_T1 capturada por el satélite LANDSAT 8 a través de sus sensores OLI y TIRS; publicadas y suministradas por la U.S. Geological Survey del año capturada en el año 2019. Earth Observing System (2013), detalla las características las bandas que componen estas imágenes de la siguiente manera:

- B1: Coastal, resolución de 30 m
- B2: Azul, resolución de 30 m
- B3: Verde, resolución de 30 m
- B4: Roja, resolución de 30 m
- B5: Infrarrojo Cercano (NIR), resolución 30 m

- B6: Infrarrojo de Onda Corta 1 (SWIR), resolución 30 m
- B7: Infrarrojo de Onda Corta 2 (SWIR), resolución 30 m
- B8: Pancromática (Pan), resolución 15 m
- B9: Cirrus, resolución 30 m
- B10: Sensor Térmico Infrarrojo 1 (TIRS 1), resolución 30 m
- B11: Sensor Térmico Infrarrojo 2 (TIRS 2), resolución 30 m

Una vez obtenida la imagen satelital, se aplicó la corrección atmosférica de todas las bandas de la imagen eliminando el “ruido” con el fin de mejorar la nitidez. Estas bandas, al poseer distintas resoluciones, deben homogeneizarse en una misma resolución a través del proceso de pansharpening, el cual consiste en transformar los píxeles de las bandas con resolución de 30 metros, a una resolución de 15 metros con el fin de lograr una mejor definición. Posteriormente se unieron las bandas con una composición de bandas para aplicar el método de clasificación supervisada.

Esta clasificación supervisada se realizó seleccionando 155 muestras repartidas en clases sobre la imagen satelital ya procesada con los métodos anteriores. Los criterios de selección de muestras y sus clases (coberturas) se definieron de la siguiente manera:

- Bosque: 30 muestras
- Nubosidad: 15 muestras
- Urbano/sin vegetación: 50 muestras
- Agropecuario: 30 muestras
- Potrero: 30 muestras

Una vez obtenidas estas clases, se vectorizó el ráster de manera tal que, el resultado se transformase de un archivo en formato .tiff, a un shapefile, al que acto seguido se le calculó su área en km². Posteriormente, se calcularon las áreas de influencia mediante la creación de un buffer de 100 metros para la cobertura urbano/son vegetación, para la cobertura agropecuaria compuesta de áreas de cultivos y ganaderas, como también para las vías y, el resultado de estas áreas de influencia se unificó creando una única área.

Para completar el proceso, se aplicó una diferencia simétrica con respecto al área de estudio (Zonas de Vida montano), generando el área donde la especie no tendría contacto

con el ser humano. La unión de las áreas de influencia y la diferencia simétrica, dieron como resultado la culminación del modelo al que, se le añadió la capa de ríos la cual permitió

establecer el porcentaje de ríos contenidos dentro de las áreas de influencia y dentro del área sin contacto humano con el fin de conocer cuál sería el aprovechamiento de los ríos en las áreas donde no existe la presencia cercana del ser humano.

Categoría	Indicador	Técnica	Instrumento	Productos	Fuentes
Distribución de rastros	Presencia de rastros	Trabajo de campo	GPS, uso de bolsas plásticas, guantes, desinfectantes, libreta	Huellas, heces, pelaje, aullidos, restos en descomposición, huesos.	Fauna
Percepción social	Población		Sondeo	Instrumento resuelto	Personas sondeada
Construcción del modelo de aproximación geográfica	Imagen Satelital LANDSAT-8	Corrección atmosférica	ArcGIS Pro, QGIS	.TIFF de composición de bandas (<i>pancromática + multiespectrales</i>)	USGS
		Muestreo para Clasificación supervisada		Capa vectorizada de área y tipos de cobertura	
	Datos	Sistematización	Excel, Spyder 4, ArcGIS Pro, QGIS	Tablas y gráficos y mapas	Bases de datos del proyecto
	Índice de Moran	Ecuación I Moran	GeoDa	Diagrama de dispersión de Moran, distribución y conectividad	Bases de datos del proyecto

Tabla 2. Matriz metodológica de los procesos.

7) Resultados:

7.1) Distribución de rastros de coyote

A través del registro de rastros en campo y reportes de la población residente o aledaña a estas Zonas de Vida, se ha logrado identificar la presencia de coyote (*canis latrans*), el cual se distribuye desde el noreste de los Estados Unidos de Norte América, atravesando el centro del istmo hasta llegar a Panamá. Según Hody y Kays (2017), la expansión del coyote se ha incrementado hacia estas regiones centrales producto del intercambio de la cobertura boscosa a coberturas destinadas a la agricultura.

Por su parte, los rastros obtenidos en campo durante el muestreo en el PNBC-SB difieren y convergen con respecto a los obtenidos en giras al campo previas. En primera instancia, en el PNVI-SP se ha identificado la presencia de rastros de carroña, signos de depredación y sonidos de algún tipo, mismos que no se registraron en campo en el PNBC-SB. Por su parte, en ambos sitios de muestreo se identificaron aullidos, avistamientos, excretas y huellas, tal y como se muestra en la siguiente figura.

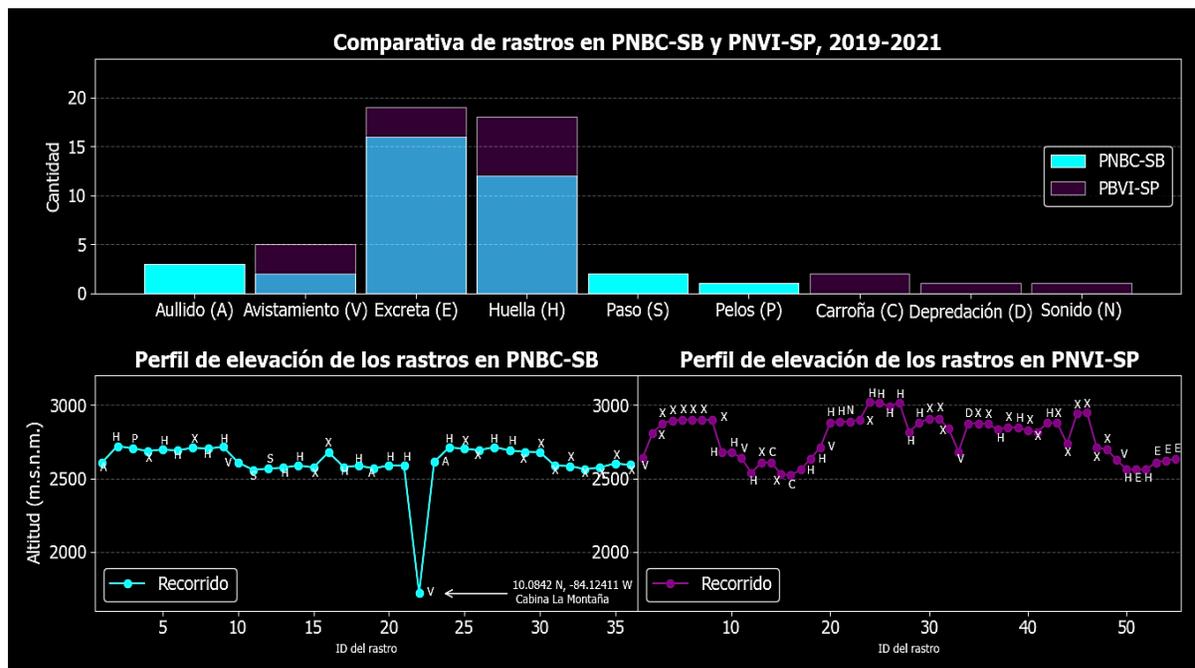


Figura 2. Perfil y comparativa de los rastros

Las excretas y las huellas son los dos tipos de rastros que predominan en ambos sitios muestreados y es en el PNVI-SP donde se registra una mayor cantidad de ambos rastros, sin

embargo, posee relación con la cantidad de muestras obtenidas, pues en PNBC-SB se registran 36 muestras y en el PNV-SP 55 muestras.

El rango de elevación del muestreo oscila entre los 1600 y los 3200 m.s.n.m. y en su mayoría, se registran en un rango de 600 m.s.n.m. de diferencia entre sí (de los 2400 a los 3000 m.s.n.m.). En las mayores altitudes muestreadas se hallaron excretas a una corta distancia entre sí, mientras que, en la menor altitud destaca un avistamiento reportado en Cabina La Montaña a poco más de 1600 m.s.n.m. Este sitio, es un centro de alojamiento el cual se encuentra en área urbana.

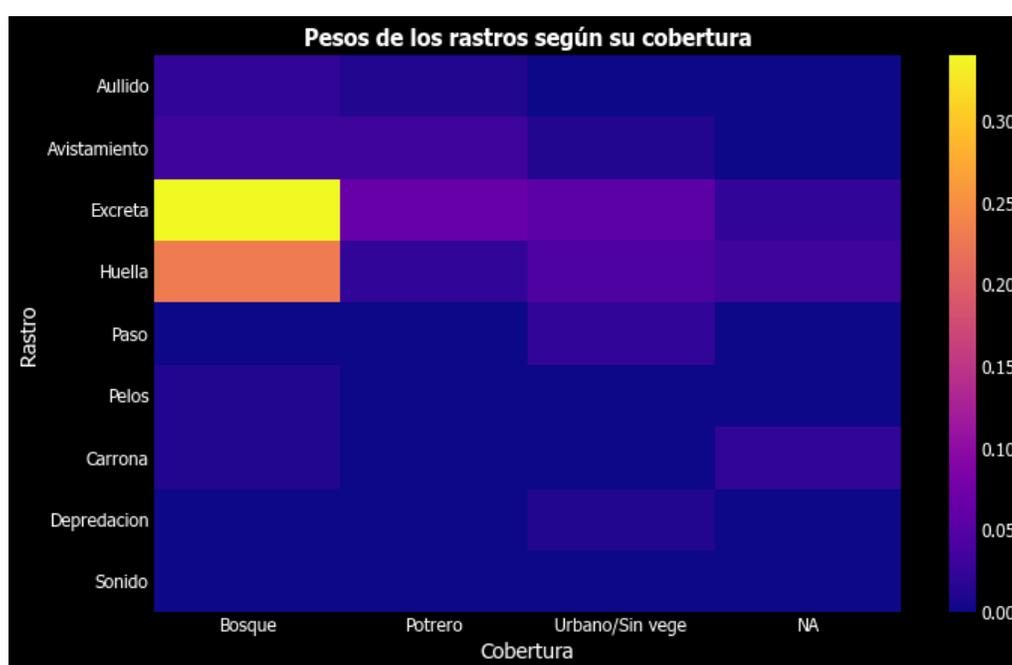


Figura 3. Matriz de calor de pesos estadísticos de los rastros por cobertura

En la Figura 3, se observa que la intersección del peso que posee cada tipo de rastro con los tipos de cobertura obtenidos del análisis de las imágenes satelitales LANDSAT 8 y se obtiene que, la predominancia de rastros se da en el bosque, siendo los rastros de tipo excreta y huella los de mayor peso. En un plano secundario, se muestran pesos menos sobresalientes de tipo aullidos, avistamientos, excretas y pasos en potrero e incluso en áreas de cobertura urbano/sin vegetación.

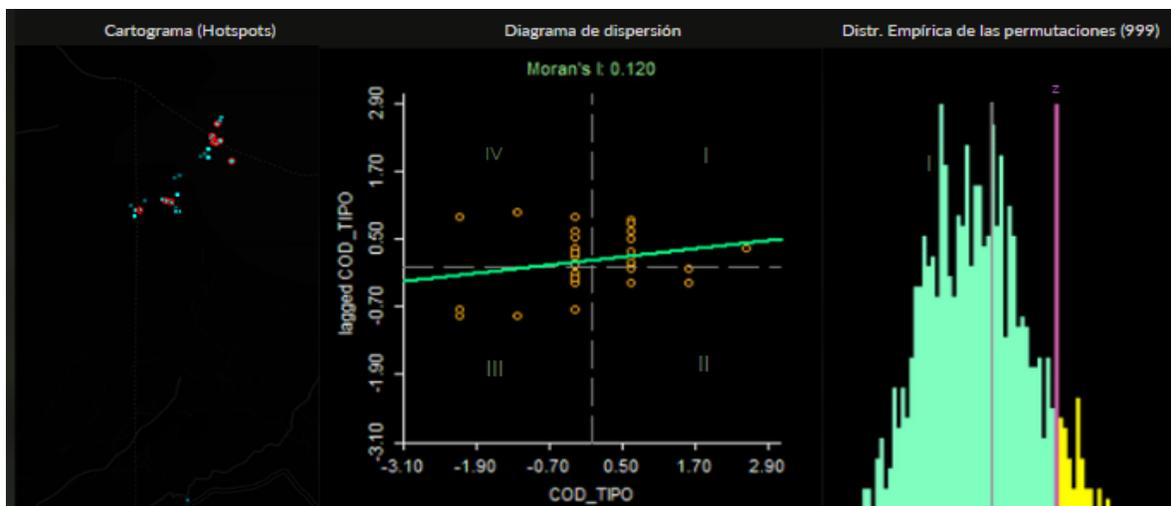


Figura 4. AE de los rastros en PNBC-SB

En la figura 4 se presenta el AE aplicado en el PNBC-SB posee una media correspondiente -0.0240 con una desviación estándar de 0.0946 . De este sitio de muestreo, se obtiene una autocorrelación positiva debido a que, el resultado obtenido para el IMoran es de 0.120 , siendo superior al valor esperado $E[I] = -0.0286$, sin embargo, para comprobar que exista un agrupamiento de los datos, el p-value debe ser menor que el valor de significancia (α).

En este caso p-value muestra un valor de 0.0750 , mientras que el valor de significancia $= 0.05$, adonde además para refutar el patrón aleatorio de los datos el valor de z debe encontrarse fuera del rango del intervalo de confianza; en este caso al poseer un $\alpha = 0.05$, se tiene que el intervalo de confianza es del 95% ($1 - \alpha$ de una distribución normal) estandarizado a $[-1.96, 1.96]$; de este modo del valor de $z = 1.5276$ se halla contenido entre este intervalo de confianza, lo cual indica que se acepta la hipótesis nula en donde los rastros se distribuyen de manera aleatoria por el espacio, este valor de z se observa en la distribución empírica mediante una aleatorización de 999 permutaciones.

En la figura anterior, se muestran en color resaltado (verde y rojo) los rastros en campo que poseen mayor autocorrelación entre sí, tratándose una misma categoría de rastros que se hallaron cercanos durante os recorridos. Estos rastros se consideran puntos calientes o *hotspots* y son representados en el cuadrante I del diagrama de dispersión.

El diagrama de dispersión muestra en el eje x la variable de tipo de código de los rastros y en el eje y el promedio de ponderado de dicha variable. Se observan los rastros que se encuentran mayormente autocorrelacionados entre sí en el cuadrante I y los que se hallan menormente autocorrelacionados se muestran en el cuadrante III. En el cuadrante II se ubican los rastros que poseen una autocorrelación producto de la aleatoriedad, mientras que en el cuadrante IV se posicionan aquellos rastros que poseen baja autocorrelación producto de aleatoriedad.

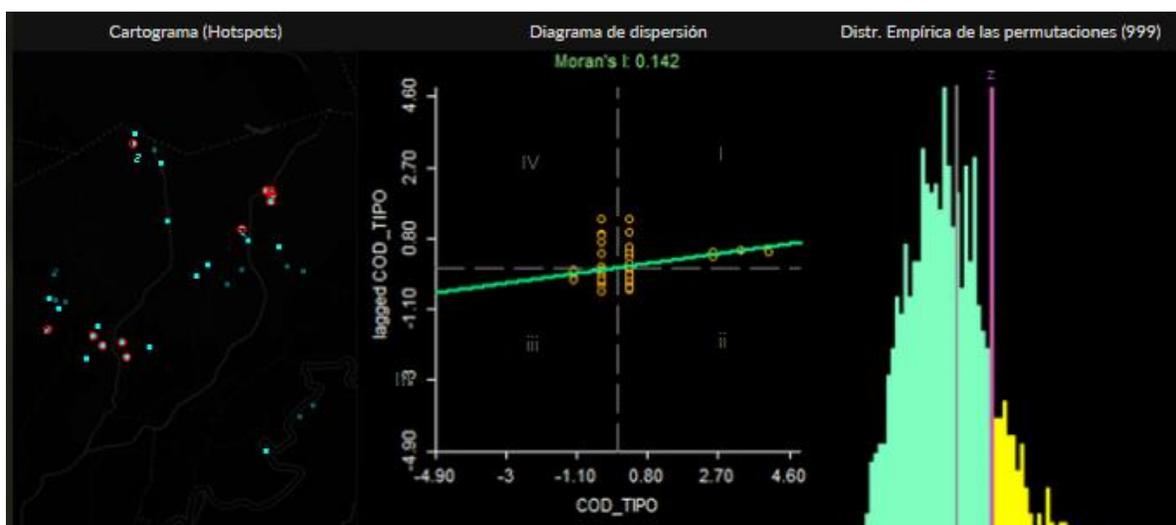


Figura 5. AE de los rastros en PNVI-SP

En el caso de la figura 5 donde se obtienen los resultados del muestreo en el PNVI-SP, los datos poseen una media = -0.0175 con desviación estándar = 0.072. Estos datos presentan similitud al muestreo anterior con un I Moran positivo y superior al valor esperado. El IMoran = 0.142, mientras que el esperado $E[I] = -0.0185$. El valor de $z = 2.2033$ con un p-value de 0,300, lo cual indica un valor de z fuera del intervalo de confianza de modo que se podría rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa en la que los datos se presentan agrupados espacialmente y no aleatoriamente, sin embargo, el p-value es menor al valor es mayor a α , por lo que debe aceptarse para este caso que, los rastros también se distribuyen de manera aleatoria en el espacio.

7.2) Percepción social del coyote

opiniones, últimamente se le ha visto poco en áreas aledañas al Monte de la Cruz en Heredia, aunque décadas anteriores, la presencia era abundante.

Las personas de esa comunidad, responden a una baja presencia de individuos en su cercanía, seis personas afirmaron haber visto entre 1 a 4 individuos, tres personas afirmaron ver entre 4 a 8 individuos y una persona ha afirmado ver y escuchar un gran grupo de aproximadamente 15 individuos. Una de las personas afirmó una constante presencia en su antigua residencia en la provincia de Alajuela, siendo víctima de pérdida de gallinas producto de la caza de coyote.

Y es que, dentro de las amenazas que representa el coyote, el ataque a los animales domésticos es la de mayor frecuencia. Siete de las personas sondeadas en el MC afirman ser esta la mayor amenaza, y una de ellas también responde a la transmisión de patógenos como la rabia como una amenaza. En contraste, tres personas afirman que el coyote no representa ninguna amenaza, ya sea para las personas, animales domésticos, a la salud pública, o a los cultivos (ver anexo 2).

En las comunidades de Cartago cercanas al PNVI-SP, la especie es considerada en muchas ocasiones como una amenaza a los animales domésticos, aunque existe un claro respeto por la especie donde se expresa la sana convivencia y, a pesar de ser considerado un perro-lobo agresivo, es bien percibido durante cada aparición o aullidos. Se señala que, la principal influencia que ejerce la presencia de la especie en áreas cercanas a fincas y casas es la presencia de ganado recién parido el cual sirve como alimento para los grupos de coyotes, en donde en muchas ocasiones se detalla la depredación de terneros con poco tiempo de nacidos.

7.3) Modelo de áreas de influencia

La construcción del modelo se dio a partir de las respuestas del sondeo aplicado, donde se considera 50 metros como distancia adecuada en la que no existe ningún tipo de conflicto con casas, residenciales u otros asentamientos o edificaciones, del mismo modo se aplica la misma distancia adecuada para las actividades de ganadería y/o cultivos, mientras que, la distancia de la red vial se estima a 25 metros hacia cada lado de las vías.

Los ríos son un elemento natural fundamental en el espacio debido a que, según las comunidades, los coyotes suelen utilizarlos como cuevas para habitar, para transportarse entre la vegetación de galería u otras en las que se le hayan avistado en los ríos. Afortunadamente, el porcentaje de acceso a los ríos que posee esta especie es mayor en donde no existe influencia humana, al área que se encuentra bajo alguna de esta. El 50.40% de los ríos se encuentran en áreas sin influencia, mientras que el 49.60% se halla bajo los rangos establecidos de influencia, sin embargo, las comunidades señalan que es frecuente ver a la especie en ríos cercanos a las comunidades en manadas mayoritariamente entre 1 y 4 individuos.

Determinar estas áreas de influencia y la relación entre ser humano y especies de animales no humanas, permiten establecer criterios en decisiones políticas enfocadas en conservación, monitoreo de especies o desarrollo territorial; un ejemplo de ello se observa en las zonificaciones. Zonificaciones como las de las Áreas Silvestres Protegidas son de vital importancia en los procesos de planificación y gestión de las mismas debido a que son un instrumento de ordenamiento por excelencia, otorgando orden, facilidad de manejo y aplicación la normativa ambiental además del análisis del estado del Patrimonio Natural, la tenencia de la tierra, patrones, intensidad y conflictos de uso son elementos determinantes de los PGM-ASP (SINAC, 2013).

8) Hallazgos y recomendaciones:

- Los rastros evidencian una distribución al noroeste y sureste del área de las Zonas de Vida montano en donde predominan dos tipos de rastros: las excretas y las huellas.
- A pesar de que la autocorrelación es positiva y existen *hotspots* de un mismo rastro espacialmente cercanos a otros, no se comprueba una relación directa entre el comportamiento de la especie (a elegir sitios específicos donde excretar, depredar u otros) con los rastros obtenidos en campo debido a que los datos en ambos sitios muestreados se distribuyen aleatoriamente en espacio. Se recomienda planificar salidas al campo con el fin de aumentar la cantidad de muestras dentro del área de estudio.

- Existe predominancia del área fuera de la influencia de actividad humana con respecto a las áreas en donde sí existe influencia, mismo caso para el acceso a los ríos del que esta especie pueda hacer uso.
- El manejo y aplicación de análisis espacial mediante herramientas de procesamiento de información geográfica, manejo de datos y planteamiento de hipótesis permiten a las Ciencias Geográficas generarse un espacio en el estudio de distribuciones de especies.
- Por último, el papel que juega la población aledaña es determinante debido a que es esta es quien presencia con frecuencia distintos rastros, permitiendo ampliar el espectro de opciones de salidas al campo, de instalación de cámaras y seguimiento a partir de sus relatos.

De esta manera, se puede mejorar y ampliar el estudio desde esta ciencia tras actualizar y mantener fortaleciendo bases de datos de rastros de la especie con el fin de establecer propuestas de manejo, conservación y desarrollo territorial desde un aporte interdisciplinar pensado tanto como para la especie humana con sus diferentes comunidades, etnias o culturas, como también para la naturaleza del entorno.

En síntesis, esta investigación proyecta una continuidad en el análisis y monitoreo a futuro con regularidad de esta especie y la posibilidad de aplicar un análisis extrapolado a otras especies con el fin de impactar en la política pública de manera que se tome en cuenta la información y análisis espacial para el desarrollo de la sociedad en armonía con su entorno, fundamentalmente en un país tan rico en biodiversidad como Costa Rica se torna indispensable que se tome en cuenta estos elementos para generar un impacto en el desarrollo territorial enfocado en un equilibrio y respeto por la naturaleza relacionando la investigación científica en el estudio de distribución de especies y el aprendizaje recíproco entre academia y los poblados.

9) Referencias

Beckoff, M (2003). Coyote (*Canis latrans*). USDA National Wildlife Research Center. U.S Department of Agriculture: Animal and Plant Health Inspection Service. https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1218&context=icwdm_usdanwrc

- Cartín Núñez, Melvin, & Carrillo Jiménez, Eduardo (2017). Estado poblacional de mamíferos terrestres en dos áreas protegidas de la región central occidental de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 65(2), 493-503. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i2.24418>
- Celemin, J.P (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. https://www.researchgate.net/publication/317536284_Autocorrelacion_espacial_e_indicadores_locales_de_asociacion_espacial_Importancia_estructura_y_aplicacion
- Earth Observing System (2013). Imágenes LANDSAT 8. <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). El estado de los bosques del mundo. pp-138. ISBN 978-92-5-309208-6. <http://www.fao.org/3/i5588s/i5588s.pdf>
- Hall, C (1983). Costa Rica: una interpretación geográfica con perspectiva histórica. San José. Editorial Costa Rica. ISBN 9777-23-072-2
- Hody, J., Kays, R. (2017). Mapping the expansion of coyotes (*Canis latrans*) across North and Central America. Pp. 81-97, Vol 759. <https://zookeys.pensoft.net/article/15149/list/8/>
- Holdridge, L (1987). Ecología basada en zonas de vida. *Agroamerica*. pp. 216, No 83. ISBN 9290391316, 9789290391319. https://books.google.es/books?id=m3Vm2TCjM_MC&dq=zonas+de+vida+holdridge+costa+rica&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- IPS (2017). América Central debilita escudos forestales contra sequías del futuro. <http://www.ipsnoticias.net/2017/12/america-central-debilita-escudos-forestales-sequias-del-futuro/>
- Ministerio de Ambiente, Gobierno de Panamá (2020). MIAMBIENTE atiende denuncia sobre presencia de coyotes en áreas productivas de la provincia de Herrera.

<https://www.miambiente.gob.pa/miambiente-atiende-denuncia-sobre-presencia-de-coyotes-en-areas-productivas-de-la-provincia-de-herrera/>

Loening, L.J., Markussen, M. (2003). Pobreza, deforestación y sus eventuales implicaciones para la biodiversidad en Guatemala. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. IV, núm. 14, pp. 279-315.
<https://www.redalyc.org/pdf/111/11101404.pdf>

Panamá América (2020). Coyotes salen de su hábitat hacia zonas urbanas en Costa Rica.
<https://www.panamaamerica.com.pa/aldea-global/coyotes-salen-su-habitat-hacia-zonas-urbanas-en-costa-rica-1180053>

Ramírez-Albores, J. E., León-Paniagua, L. S. (2015). Distribución del coyote (*canis latrans*) en el continente americano. *Biocenosis*, 29(1-2).
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/895>

SINAC (2013). Guía diseño y formulación de Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica.
<http://www.sinac.go.cr/ES/docu/ASP/Guía%20diseño%20y%20formulación%20Plan%20Manejo%20ASP%202013.pdf>

10) Anexos

tipo_rastro	cod_let	cod_num
Aullido	A	1
Avistamiento	V	2
Excreta	E	3
Huella	H	4
Paso	S	5
Pelos	P	6
Carroña	C	7
Depredación	D	8
Sonido	N	9

Anexo 1. Codificación de los rastros



Nº _____

El sondeo a continuación se realiza con el fin de conocer la percepción de la población sobre coyotes (*canis latrans*) en Zonas de Vida montano. Se encuentra dirigido a toda aquella persona residente, trabajadora y que frecuenta el área de estudio en cuestión. el sondeo corresponde a la práctica profesional supervisada como cumplimiento de los requisitos para el Bachillerato en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento del Territorio.

Proyecto: «Diagnóstico de la Distribución del coyote (<i>canis latrans</i>) en Zonas de Vida Montano de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, 2019-2021.»				
Fecha: _____	Hora: _____		Sitio: _____	
¿Ha sido o conoce alguien afectado/a por la presencia de coyote en su cercanía? (No: ___)				
Finca: _____	Casa: _____	Calle: _____	Trabajo: _____	Otro: _____
¿Cuántos individuos de coyote ha visto o se han visto? (Ninguno: ___)				
De 1 a 4: _____	De 4 a 8: _____	De 8 a 12: _____	De 12 a 16: _____	Más de 16: _____
¿A cuánta distancia considera no tener conflicto con la presencia de coyote?				
50 mts: _____	100 mts: _____	500 mts: _____	1 km: _____	Más: _____
¿Considera que el coyote representa alguna de estas amenazas?				
Ataque a la persona: _____	Ataque a animales domésticos: _____	A la salud pública (patógenos): _____	Amenaza a los cultivos: _____	No es una amenaza: _____
¿Cuál emoción o calificativo le viene a la mente al pensar en un coyote?				

Observaciones:

¡Muchas gracias!

Anexo 2. Sondeo