



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ciencias Biológicas

“Ecología espacial de *Canis latrans* en una zona antropizada entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl en el centro de México”

Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología:

**Presenta:**

Alfredo Moreno Castro

**Directora:**

Dra. Itzel Arias Del Razo

**Co-directora:**

M. en C. Lucero Montserrat Cuautle García



Mayo, 2024

**La presente tesis titulada:**

“Ecología espacial de *Canis latrans* en una zona antropizada entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl en el centro de México”

fue realizada por Alfredo Moreno Castro, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de: **LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**Consejo Particular integrado por:**

**Firma**

**Directora de Tesis:**

**Dra. Itzel Arias Del Razo**



**Co-Directora:**

**M. en C. Lucero Montserrat Cuautle García**



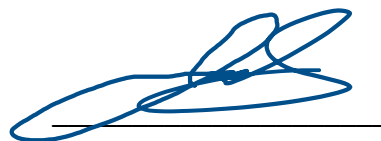
**Revisores:**

**Dr. Jesús Martínez Vázquez**



---

**Dr. Jonás Morales Linares**



---

**Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP**

## **Agradecimientos**

Agradezco al Fondo Sectorial de Investigación SRE-CONAHCYT por el financiamiento recibido para llevar a cabo este proyecto. Este estudio forma parte del proyecto “Análisis de la conectividad funcional entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl e identificación de áreas prioritarias para la conservación” (CAR No. 286794).

A las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) por permitirnos trabajar en el Parque Nacional y a las autoridades de la Secretaría de Medio Ambiente. A la CONANP y SEMARNAT por otorgar el permiso (SGPA/DGVS/07931/21).

Agradezco a la Fis. María del Rosario Landgrave Ramírez y al Dr. Francisco Javier Laborde Dovalí, por aceptarme en el curso de Sistemas de Información Geográfica del INECOL, y por enseñarme gran parte del conocimiento metodológico que utilice para elaborar esta investigación, así como al Dr. Salvador Mandujano Rodríguez por enseñarme los principios de uso de R y análisis e interpretación básica de datos.

A todos los ejidatarios, propietarios y encargados de los predios en los que trabajamos, particularmente a los encargados del Parque Ecoturístico Piedra Canteada, ejidos de Hueyotlipan, la Caridad Cuaxonacayo, y Parque Nacional La Malinche. A los guías de campo Nazario García García, José Eliazar López Reyes, María Nelly Díaz Pérez, a los integrantes de la brigada de la Malinche, principalmente a Juventino Garza Ayapantecatl y Martín Luis Pérez Zepeda, por su invaluable ayuda en el trampeo y manejo de los ejemplares y al M en C. Lenin Ríos, quien brindo con su conocimiento y apoyo en los trampeos en el Parque Nacional La Malinche.

A mis compañeras del Laboratorio de Ecología y Conservación de Mamíferos del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. A la M. en C. Zuñy J. Pérez Carreto, a la Biól. Montserrat Juárez Diaz y a la M. en C. María Chanel Juárez Ramirez, quienes me apoyaron a lo largo de mi investigación tanto en campo como brindándome apoyo y conocimiento.

A Anahí, quien me acompañó a lo largo de mi investigación, me ayudo a seguir día con día, y fue mi inspiración para lograr este escrito.

A mi padre, quien siempre incentivo mi curiosidad y mi pasión por la biología, me apoyó, creyó en mis sueños y me dio todo lo que pudo para salir adelante. A mi madre, quien me enseñó a hacer las cosas con curia y paciencia, me dio su apoyo y cariño incondicional siempre que lo necesite, ambos me han guiado hasta este momento, esta tesis es por y para ellos.

A la Dra. Itzel Arias Del Razo, por instruirme sobre todo lo que debería saber para realizar esta investigación, enseñarme con paciencia y corregir todos mis errores a lo largo de este proyecto, así como brindarme su apoyo, conocimiento y pasión por la investigación, esta tesis es tan suya como mía.

A la M. en C. Lucero Montserrat Cuautle García, por brindarme su asistencia y apoyo siempre que lo necesite, ayudarme y guiarme con todas mis dudas, y por, sobre todo, darme su confianza, comprensión y retroalimentación a lo largo de este proyecto, no podría haber echo esta investigación sin su ayuda.

Al Dr. Jesús Martínez Vázquez, quien me brindo la retroalimentación necesaria para terminar este escrito y guiarme en el proceso de presentación del proyecto, y al Dr. Jonás Morales Linares, quien me ayudo a mejorar la redacción y contenido de esta tesis. Ambos grandes investigadores que como revisores fueron parte esencial de este proyecto.

# Índice

Índice de figuras.....	
Índice de tablas.....	
Resumen.....	
1. Introducción .....	1
2. Antecedentes.....	6
2.1 Ámbito hogareño en coyotes. ....	6
2.2 Uso y preferencia de hábitat. ....	7
3. Justificación.....	10
4. Pregunta de investigación.....	11
5. Objetivo general.....	11
6. Objetivos específicos .....	11
7. Hipótesis.....	11
8. Métodos.....	13
8.1. Área de estudio.....	13
8.2. Descripción de la especie. ....	14
8.3. Captura de individuos. ....	14
8.4. Estimación de ámbito hogareño (AH).....	15
8.4.1. Polígono mínimo convexo (PMC). ....	15
8.4.2. Densidad de Kernel (DK). ....	16
8.4.3. Puente Bivariado Gaussiano (PBG). ....	18
8.5. Uso y preferencia de hábitat. ....	20
8.6. Sistemas de información geográfica (SIG) y software de pruebas estadísticas. ....	23
9. Resultados.....	24
9.1. Captura y rastreo de individuos. ....	24
9.2. Tamaño del ámbito hogareño .....	24
9.3.- Preferencia de hábitat. ....	30
9.4.- Uso de habitat.....	35
10. Discusión .....	44
11. Conclusiones. ....	53
12. Perspectivas .....	54
13.- Referencias: .....	55
Anexos.....	60

## Índice de figuras

- Figura 1.** Manejo de un coyotes y colocación del collar de rastreo (Foto: Lenin Ríos). \_\_\_\_\_ 23
- Figura 2.** Ámbitos hogareños de tres coyotes usando el método del Polígono Mínimo Convexo en un paisaje fragmentado dentro de la zona metropolitana de Chicago (Ghert et al, 2009). \_\_\_\_\_ 24
- Figura 3.** Ámbito hogareño del grupo de delfines nariz de botella llamado “El Morro” del año 2017, En el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Las partes de color rojo son aquellas que presentan una mayor actividad de parte de los delfines (Arroyo, 2019). \_\_\_\_\_ 25
- Figura 4.** Esquema del cálculo de las varianzas de los componentes paralelo y ortogonal del movimiento del individuo usando el PBG. \_\_\_\_\_ 27
- Figura 5.** Ámbito hogareño del coyote “Cala X”, usando el método de Puente Bivariado Gaussiano (PBG), las zonas con un color más intenso denotan una mayor probabilidad de presencia y una mayor intensidad de uso. \_\_\_\_\_ 28
- Figura 6.** Ámbito hogareño del Coyote “Roble” obtenido mediante distintos métodos, A) Polígono Mínimo Convexo, B) Densidad de Kernel y C) Puente Bivariado Gaussiano. \_\_\_\_\_ 34
- Figura 7.** Ámbitos hogareños (AH) y/o utilizaciones de distribución (UD) de los coyotes, obtenidos mediante el método del Puente Bivariado Gaussiano (PBG), las zonas que presentan una coloración rojiza son aquellas que representan mayor intensidad de uso o mayor probabilidad de presencia. \_\_\_\_\_ 36
- Figura 8.** Mapas de los tipos de vegetación que componen los AH de los individuos “Roble” y “Cajeta” \_\_\_\_\_ 41
- Figura 9.** Mapas de los tipos de vegetación que componen los AH de los coyotes “Ron” y “Brisa” \_\_\_\_\_ 42
- Figura 10.** Mapa de los tipos de vegetación que componen el AH de los individuos “Petri” y “Panque” \_\_\_\_\_ 43
- Figura 11.** Gráficos boxplot con los distintos niveles de perturbación y su respectiva actividad, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea media de la caja representa la mediana, y el punto representa la media. \_\_\_\_\_ 44
- Figura 12.** Gráficos boxplot de cada individuo comparando la actividad entre el día y la noche y la variación de esta variable a través de las horas, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea a la mitad de la caja representa la mediana, así como la línea roja representa la variación de la media a través de las horas y los puntos representan los valores atípicos. \_\_\_\_\_ 46
- Figura 13.** Gráficos boxplot de cada individuo comparando la velocidad entre el día y la noche y la variación de esta variable a través de las horas, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea a la mitad de la caja representa la mediana, así como la línea roja representa la variación de la media a través de las horas, los puntos representan los valores atípicos. \_\_\_\_\_ 48

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Especies de mastofauna registradas por medio de fototrampeo en la zona de estudio.	21
<b>Tabla 2.</b> Categoría y descripción de los usos de suelo y vegetación que componen las tres categorías de perturbación.	29
<b>Tabla 3.</b> Individuos capturados y sus características generales.	32
<b>Tabla 4.</b> Tamaño del ámbito hogareño de los distintos coyotes según los tres métodos utilizados, polígono mínimo convexo (PMC), densidad de Kernel (DK) y puente bivariado gaussiano (PBG).	34
<b>Tabla 5.</b> Distribución del porcentaje de probabilidad de presencia en relación con los niveles de perturbación en los hábitats de los coyotes estudiados.	39
<b>Tabla 6.</b> Distribución del porcentaje de probabilidad de presencia en relación con los tipos de vegetación en los ámbitos hogareños de los coyotes estudiados según su utilización de distribución (UD), resaltando los porcentajes más altos para cada coyote.	40
<b>Tabla 7.</b> Resultado de las pruebas estadísticas sobre la actividad en los distintos niveles de perturbación.	44
<b>Tabla 8.</b> Resultados de las pruebas estadísticas comparando la actividad entre el día y la noche.	46
<b>Tabla 9.</b> Pruebas estadísticas comparando la velocidad entre el día y la noche.	47
<b>Tabla 10.</b> Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de las carreteras.	48
<b>Tabla 11.</b> Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de las carreteras, durante el día y la noche.	49
<b>Tabla 12.</b> Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de los cuerpos de agua.	50
<b>Tabla 13.</b> Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de los asentamientos.	51

## Resumen

Los coyotes (*Canis latrans*) son el meso-depredador más exitoso de Norteamérica, habitando casi cualquier ambiente, como los paisajes fragmentados y densamente poblados, en donde el cambio de uso de suelo y la consecuente pérdida de vegetación natural han dado cabida a la agricultura, ganadería y a la urbanización (zonas con un alto nivel de perturbación). En esta investigación se buscó determinar cómo es que los coyotes hacen uso de este tipo de ambientes, analizando su ecología espacial en tres localidades ubicadas entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl en el estado de Tlaxcala, México. Se capturaron seis individuos, cuatro hembras y dos machos, y se les colocó un collar de rastreo con tecnología satelital GPS. Con la información obtenida se estimó el tamaño del ámbito hogareño mediante tres métodos: el polígono mínimo convexo, la densidad de Kernel y el puente bivariado Gaussiano. El tamaño promedio del ámbito hogareño para los coyotes fue de 9.6 km<sup>2</sup>. Los resultados muestran que el tamaño del ámbito hogareño no se relacionó con el porcentaje de áreas perturbadas dentro del mismo. Sin embargo, la mayoría de los coyotes mostraron preferencia por zonas de perturbación baja por encima de las de perturbación alta. A su vez, las zonas de perturbación baja presentaron niveles bajos de actividad, siendo utilizadas preferentemente para descansar, mientras que las zonas de perturbación más alta presentaron mayor actividad y fueron utilizadas para actividades como la caza. La mayoría de los coyotes presentaron actividad catemeral, pues se mantuvieron activos desde las primeras horas hasta el mediodía. Por último, los resultados mostraron que la presencia de carreteras y pueblos rurales afectan el movimiento de los coyotes, sin embargo, estos se ven atraídos hacia zonas cercanas a los pueblos, particularmente a las zonas de cultivo y pequeños asentamientos humanos. Los coyotes no mostraron atracción por los cuerpos de agua, probablemente porque se hidratan a través de sus presas. Por lo que, a pesar de que los coyotes del centro de México pueden utilizar áreas perturbadas de forma cotidiana, estos aún necesitan de zonas de baja perturbación y vegetación densa, siendo estas las zonas donde prefieren habitar, a su vez, a pesar de que son atraídos por zonas relacionadas a la actividad humana, estas suelen ser zonas de cultivo o rancherías, donde la población es baja, pues incluso pueblos pequeños representaron una barrera para el movimiento de los individuos investigados.

**Palabras clave:** Coyotes, vegetación perturbada, Zona Metropolitana del Valle de México, ámbito hogareño, preferencia de hábitat.

## 1. Introducción

La ecología espacial es una rama multidisciplinaria de la ecología, cuya utilidad y principal característica es el enfoque espacial en el que se basan sus análisis, estudia la distribución espacial de los organismos y las variables que lo determinan. Abarca trabajos en subdisciplinas como la biogeografía, metapoblaciones, epidemiología, movimiento animal, genética del paisaje, entre otros, siendo una herramienta muy útil en la Biología de la Conservación (Fletcher y Fortín, 2018). Esta investigación se centra en el estudio de los patrones de movimiento en un tiempo y espacio geográfico determinado. Conocer cómo se mueve una especie y el uso que hace del espacio nos permite tener una visión más completa del cómo y por qué los animales seleccionan algunos sitios para vivir, y cómo es que las actividades humanas influyen en estas elecciones.

Esta rama de la ecología surge del esfuerzo por unificar estudios sobre ecología de paisaje, ecología de comunidades y ecología de poblaciones que habían tenido un impulso particular en las últimas décadas del siglo XX, pues en estos análisis el reconocimiento de los patrones espaciales (que un animal sigue en un espacio y tiempo determinado) eran completamente ignorados. De este modo, añadir el espacio como una variable a analizar, ayudó a reflejar su importancia en la vida de los organismos (Collinge, 2010). Esto debido a que el movimiento está relacionado con procesos complejos como las interacciones interespecíficas (competencia, herbivoría, mutualismo), con la dispersión y el medio ambiente (Saravia, 2009). En la actualidad, la ecología espacial desempeña un rol crucial para entender cómo la creciente y monopolista presencia humana influye y altera los patrones de los animales silvestres, tanto en paisajes modificados como en áreas naturales protegidas (Fletcher y Fortin, 2018).

Para conocer cómo utilizan el espacio los animales se han acuñado conceptos como el de ámbito hogareño (Balenhol y Signer, 2015), que según el autor y la investigación ha tenido distintas aplicaciones. Powell y Mitchell (2012) describen el ámbito hogareño como una parte del mapa cognitivo que un animal mantiene actualizado, esto significa que lo visitará frecuentemente en un determinado lapso y en el buscará comida, lugares de descanso, parejas, etc. Mientras que Laundré y Hernández (2014), lo describen como un área determinada por una variedad de factores importantes para la supervivencia del individuo. Según estas definiciones, podemos llegar a la conclusión de que en el ámbito hogareño hay dos dimensiones inherentes, el tiempo y el espacio, por lo que en este estudio se considerara al ámbito hogareño como el espacio que ocupa un

individuo en un lapso determinado de tiempo, en el cual realiza sus actividades y satisface sus necesidades cotidianas.

En general, los estudios de ecología espacial hacen especial énfasis en la determinación del ámbito hogareño de los individuos (Berg y Chesness, 1978; Ward *et al*, 2018; Gehrt *et al*, 2009; Hinton *et al*, 2015), pues su forma y tamaño nos permite conocer el área en la que el animal desempeña sus actividades diarias y de ahí, analizar la selección y/o preferencia de hábitat (Laundré y Hernández, 2003), así como algunas dinámicas poblacionales (Berg y Chesness, 1978). Las primeras formas de determinar el ámbito hogareño se basaban en los puntos de presencia donde habían sido capturados u observados los animales y existían distintos métodos para calcular su extensión (Hayne, 1949). Sin embargo, el desarrollo de las tecnologías marcó un antes y un después en la forma de obtener los puntos de presencia de una especie, con el radio seguimiento de los individuos, utilizando tecnología, que facilita el rastreo y la investigación relacionada con los patrones de movimiento de los animales (LeMunyan *et al*, 1959).

Las tecnologías de rastreo por telemetría, en principio con el sistema VHF (Very High Frequency) a inicios de los 60 (Rodgers *et al*, 1996) y posteriormente por GPS (Global Position System) representaron una gran ventaja para los investigadores, sobre todo con esta última pues la toma de datos es más precisa, rápida, y se puede hacer el seguimiento de un individuo 24/7 y la frecuencia en la toma de datos dependerá de los objetivos de la investigación (Lindzey y Meslow, 1977; Rempel *et al*, 1995).

Con el tiempo ambas tecnologías se han ido refinando, abaratando costos y perfeccionando su funcionamiento. Por ejemplo, el sesgo que existía a la hora de determinar los puntos geográficos con el GPS era de entre 100 a 150 metros, pero se ha reducido a menos de 5 m (Rempel *et al*, 1996). Actualmente el análisis de los datos obtenidos a través de estas tecnologías es posible gracias al desarrollo y uso generalizado de computadoras, al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG por sus siglas en inglés) y sobre todo a que existen programas de acceso libre y código abierto (e.g. QGIS y R).

Para estimar el área del ámbito hogareño (AH) se han propuesto varias aproximaciones y la más popular es el “polígono mínimo convexo” (Ward *et al*, 2018; Gehrt *et al*, 2009; Hinton *et al*, 2015; Marín *et al*, 2015), pero también existen el Método de Densidad de Kernel, el Modelo de Movimiento de Puente Browniano, el Puente Bivariado Gaussiano, entre otros. Cada método toma en cuenta distintas variables y presenta ventajas y desventajas, sin embargo, el método a utilizar

dependerá de los objetivos y la información disponible en la investigación.

En los coyotes (*Canis latrans*) la extensión del AH varía según la región, la época del año, el sexo e incluso la edad del individuo (Laundré & Hernández, 2014). La variación a lo largo de su distribución en Norteamérica está bien documentada (Berg y Chesness, 1978; Atwood, 2004; Grinder y Krausman, 2001; Way *et al*, 2002; Hinton *et al*, 2015). El sexo es determinante, siendo los machos los que presentan un AH mayor en comparación con las hembras (Ward *et al*, 2018); a su vez, los machos pueden ser clasificados de dos formas, los que defienden activamente un territorio y permanecen en él durante periodos prolongados de tiempo, a los que se les conoce como residentes, mientras que aquellos que no defienden ningún territorio y se encuentran en constante movimiento, se les conoce como transitorios. Usualmente un coyote transitorio es joven y está en búsqueda de un territorio. Sin embargo, también hay casos de transitorios que permanecen toda su vida en movimiento, por esta razón el AH de los coyotes transitorios suele ser significativamente más grande que el de los residentes (Ward *et al*, 2018).

Por otra parte, las hembras suelen dispersarse al llegar a la juventud con el fin de no competir con su madre por el territorio y los recursos (Way *et al*, 2002). Una vez asentadas, las hembras suelen ser más territoriales incluso que los propios machos, pues se han documentado casos de AH de machos que llegan a sobreponerse y estos pueden ser compartidos con varias hembras, pero el de una hembra se encuentra bien definido y delimitado, siendo que estas, solo son territoriales con otras hembras, y sus AH no se sobreponen (Way *et al*, 2002).

Dentro del ámbito hogareño, se encuentra todo lo que un individuo puede necesitar, y por consecuencia, se encuentra su hábitat, y este concepto ha evolucionado igual que el del AH. Hall *et al*, (1997) lo describen como los recursos y las condiciones presentes en un área que producen la ocupación (incluidas la supervivencia y la reproducción), por parte de un organismo. Siendo la definición que mejor se acopla a los objetivos de esta investigación. Entre los conceptos que se derivan del hábitat hay tres muy importantes: *el uso, la selección y la preferencia*.

El uso de hábitat ha tenido distintas descripciones, Naranjo y Katann (2008) lo definen como la manera en la que una especie usa los diferentes ambientes o “tipos de hábitat” (elementos o coberturas que componen un paisaje) en los que esta puede vivir. Mientras que Hall *et al*. (1997) lo definen como la forma en la que un animal usa (o "consume" en un sentido genérico) una colección de componentes físicos y biológicos (los recursos) del hábitat. Por tanto, podemos llegar a la conclusión de que el uso de hábitat se refiere al uso que una especie le da al ambiente en el

que vive, y que está compuesto por recursos bióticos y abióticos (Hall *et al*, 1997).

La selección y preferencia de hábitat son conceptos ampliamente utilizados y que suelen confundirse o tomarse como sinónimos. Sin embargo, como explican Hall *et al*, (1997) la selección y preferencia de hábitat son dos fenómenos distintos, la selección de hábitat precede a la preferencia de hábitat, pues la selección es un proceso jerárquico que involucra una serie de decisiones conductuales innatas y aprendidas, en las que el animal decide qué hábitat usar en diferentes escalas espaciales y temporales. Mientras que la preferencia de hábitat es la consecuencia de este proceso de selección, lo que resulta en el uso desproporcionado de algunos recursos sobre otros. En particular, Naranjo y Katann (2008) definen la preferencia como la respuesta conductual innata o aprendida que permite a un animal distinguir entre los elementos del ambiente a varias escalas espaciales (macro y microhábitat) y seleccionar el lugar donde va a vivir.

Determinar el uso y la preferencia de hábitat de un animal es importante para entender las dinámicas existentes entre individuo y ambiente, mediante estas se puede conocer qué elementos del paisaje son explotados con mayor frecuencia y en consecuencia son importantes para la supervivencia del individuo (Montenegro & Acosta, 2008). Considerando lo anterior, en esta investigación se analizará el uso y la preferencia de hábitat.

La importancia de los coyotes radica en la expansión poblacional que está teniendo a lo largo del continente americano y en cómo ha podido permanecer y aprovechar los ambientes perturbados por las actividades humanas (Contreras-Moreno *et al*, 2020). La historia de la expansión del coyote se remonta a la llegada de los españoles al nuevo continente, una época de muchos cambios con nuevas formas de aprovechamiento de los recursos naturales, más agresiva e invasora, que aunado al crecimiento poblacional, alteraron la cubierta del suelo, los elementos y en general el paisaje a lo largo del territorio, creando zonas abiertas y de cobertura vegetal poco densa, donde estos astutos caninos podían hacer un excelente uso de sus habilidades como depredadores cursoriales (Bekoff, 1978), prosperando en donde otros depredadores no podían hacerlo (Milhart *et al*, 2004).

El hábitat original de los coyotes se restringía a los ambientes áridos y abiertos como praderas y llanos desde Alaska hasta el centro de México (Contreras-Moreno *et al*, 2020). La expansión de la agricultura y ganadería trajo consigo una notable reducción en las poblaciones de depredadores tope, como el lobo (*Canis lupus*), el puma (*Puma concolor*), el jaguar (*Panthera onca*) y el oso negro (*Ursus americanus*) (Bekoff, 1978), esto representó la oportunidad para que especies de menor talla prosperaran, animales como los mapaches, los coaties y el propio coyote,

son depredadores intermedios en las cadenas tróficas, gracias a su gran capacidad adaptativa, lograron establecerse en los nuevos entornos disponibles tomando lugar en la cima de la red trófica, a este evento se le conoció como la liberación de los mesodepredadores (Ripple *et al*, 2014). Esto hizo que las poblaciones de coyote se adentraran en zonas donde antes no tenían presencia (Hody y Kays, 2018), logrando expandirse a bosques caducifolios, bosques de taiga en el Norte, los bosques templados del Noroeste y en las últimas décadas se han dado diversos reportes de su presencia en los bosques tropicales lluviosos de Mesoamérica, el Sur de México, todo Centroamérica y acercándose a la frontera con Colombia (Lloyd, 2019).

El papel ecológico actual que tienen estos cánidos varía según la región en la que se encuentre, pero en la mayoría de los ecosistemas es el de depredador tope, es decir, aquel que se encuentra en la cima de la red trófica, pues han logrado aprovechar los paisajes generados por la actividad humana a su favor, siendo que, a diferencia de otros depredadores, el coyote no suele entrar en conflicto directo con el ser humano ni representa una amenaza activa para él, habiendo estudios que demuestran que sus dietas se componen en su mayoría por animales silvestres, no de corral (Ghert y Quinn, 2010; Martínez-Vázquez *et al*, 2010). De este modo, es considerado un carroñero, parte importante del ciclo energético de los ecosistemas, un dispersor de semillas, ayudando a la recuperación de bosques, y controlador de poblaciones de mamíferos pequeños como los ratones, las ratas, conejos, ardillas, entre otros, que en algunos lugares representan una plaga potencial (Ramírez-Albores, y León-Paniagua, 2015). Sin embargo, los coyotes no son capaces de controlar poblaciones de herbívoros de gran tamaño, como lo son los jabalíes, bisontes, venados, etc. Por lo que, a pesar de ser el depredador más grande en cuanto a talla, en muchos de los ambientes en los que habita, su presencia no llega a reemplazar a los depredadores tope originales (Ripple *et al*, 2014).

Este estudio se llevó a cabo en la región comprendida entre los Parques Nacionales, La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl, dos áreas naturales protegidas federales que se encuentran inmersas en la conglomeración urbana más grande de América, conocida como La Megalópolis de la Zona Metropolitana del Valle de México (CAME, 2022), la zona está integrada por los estados de Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro, Tlaxcala, Estado de México y la Ciudad de México. Esta región enfrenta grandes problemas ecológicos como la contaminación de cuerpos agua, aire y una demanda de recursos excesiva que ha llevado a la deforestación de grandes extensiones de bosque (CONAFOR, 2022). Realizar investigaciones que nos brinden información

sobre las dinámicas ecológicas de la región, permitirá el desarrollo de proyectos que lleven a coordinar estrategias de manejo, restauración y conservación y áreas naturales protegidas (ANP), que consideren las necesidades de las comunidades bióticas, pues estas acciones son necesarias y determinantes para garantizar la salud ecológica de la región.

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Ámbito hogareño en coyotes.**

Existen muchos estudios acerca del ámbito hogareño de los coyotes a lo largo de su extensa distribución, (Berg y Chesness, 1978; Atwood *et al*, 2004; Ghert *et al*, 2009; Marin-sanchez *et al*, 2015; Ward *et al*, 2018). El ámbito hogareño de los coyotes varía según la región geográfica, en el sureste de los Estados Unidos (Alabama, Georgia y Carolina del Sur) va de los 5.4 km<sup>2</sup> a 39.2 km<sup>2</sup> (Ward *et al*, 2018), mientras que en Carolina del Norte osciló entre 13.4 km<sup>2</sup> y 47.3 km<sup>2</sup> (Hinton *et al*, 2015), y en Arizona se obtuvieron valores de 3.5 km<sup>2</sup> a 12.6 km<sup>2</sup> (Grinder y Krausman, 2001).

En México, la mayoría de los estudios de ecología espacial del coyote se han llevado dentro de Áreas Naturales Protegidas y la mayor parte en el norte del país. En el desierto Chihuahuense y en particular en la Reserva de Biosfera de Mapimí, se reportó un promedio de 15.2 km<sup>2</sup> para machos y de 16.8 km<sup>2</sup> para hembras (Hernández *et al*, 1993). En la Reserva de la Biosfera “La Michila”, Sierra Madre Occidental la extensión varía de 0.96 km<sup>2</sup> a 10.6 km<sup>2</sup> en machos y de 1.3 km<sup>2</sup> a 6.1 km<sup>2</sup> en hembras (Servín y Huxley, 1995). En la parte centro y sur del país el estudio del ámbito hogareño ha sido muy poco explorado, en la Sierra Madre de Oaxaca, se reporta un promedio de 3.45 km<sup>2</sup> en general (Marín Sánchez *et al*, 2015), no habiendo registros para el centro del país.

La mayoría de los estudios en zonas perturbadas y urbanizadas se han llevado a cabo en Estados Unidos. Ejemplo de ello es el estudio en el área metropolitana de Chicago, en el que reportaron que el ámbito hogareño de los coyotes está conformado por áreas con un alto grado de perturbación por actividades humanas, en este caso los autores hacen una distinción entre residentes y transitorios, con 0.34 km<sup>2</sup> y 4.95 km<sup>2</sup> para los primeros y de 2.95 km<sup>2</sup> a 26.8 km<sup>2</sup> para los segundos (Gehrt *et al*, 2009). Mientras que, en el área metropolitana de Denver, Colorado (Poessel *et al*, 2016), obtuvieron valores de entre 11 y 11.6 km<sup>2</sup> para residentes y de 200.7 y 232.4

km<sup>2</sup> para transitorios.

La mayoría de las investigaciones realizadas en ambientes perturbados concluyen que el ámbito hogareño de los coyotes suele ser más pequeño en estas zonas en comparación con lugares conservados o poco perturbados. Aunque la variación en el tamaño del ámbito hogareño suele estar influenciado por una gran cantidad de variables, entre las que se puede destacar la presencia/ ausencia de recursos alimenticios, de depredadores y de parejas, la edad, el sexo e incluso la estación del año (Ghert *et al*, 2009). Al determinar esta importante característica, es posible investigar el uso y preferencia de hábitat.

## **2.2 Uso y preferencia de hábitat.**

Para entender la forma en la que las actividades humanas influyen y afectan la preferencia y uso de hábitat de las poblaciones de coyotes, primero se debe entender que es la perturbación. La definición de perturbación varía según el autor e investigación, Grime (1997) la define como la destrucción parcial o total de la biomasa, mientras que Paine y Levin (1981) sugieren que debe ser definida en función de poder determinar el nivel de perturbación, siendo el parche la unidad mínima de espacio que puede ser afectada por la perturbación. La definición que más se adecua a esta investigación es aquella de Pickett y White (1985) quienes la refieren como cualquier evento discreto relativo en el tiempo que altera los ecosistemas, la comunidad o la estructura de la población y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el entorno físico. El uso de suelo y la vegetación se utilizarán para categorizar el nivel de perturbación de las zonas de estudio.

Entre las características que ayudan a determinar si un ambiente está perturbado o no, encontramos las que refieren al tipo de vegetación y su estado de conservación (SEMARNAT, 2022). Como la categoría de vegetación primaria, que se refiere a aquellas zonas que conservan la densidad, cobertura y riqueza de especies del ecosistema original (Tovar, 2009), a su vez, la vegetación secundaria es aquella que presenta cambios en la composición florística, en la estructura horizontal y vertical que pueden variar en función del tiempo de abandono y la extensión de la perturbación, en estas áreas se da un aumento en la abundancia de especies del sotobosque y aquellas de rápido crecimiento tienden a ser desproporcionalmente favorecidas por los recursos, lo que lleva a su dominancia durante la sucesión temprana (Zamora, 2018). Por último, tenemos a la cobertura antrópica, aquí la vegetación original ha sido completamente removida o modificada

por la actividad humana, dentro de esta clasificación se encuentran diferentes tipos de uso de suelo como suelos agrícolas, ganaderos y zonas urbanas (SEMARNAT, 2022).

En cuanto al uso y preferencia de hábitat de la especie. En primera instancia, al evolucionar para cazar en áreas con poca cobertura vegetal, siendo depredadores cursoriales, es en estas donde se desempeñan mejor como depredadores y prefieren cazar (Bekoff, 1978). Por otra parte, estudios sobre uso de hábitat, la mayoría realizados en Estados Unidos, suelen mostrar un ámbito hogareño compuesto de vegetación densa en los bordes, mientras la zona central o núcleo suele estar compuesta por grandes áreas abiertas como campos de cultivo o praderas (Hinton *et al*, 2015). Sin embargo, está bien documentado que suelen tener distintos tipos de hábitat dentro de su ámbito hogareño, pues esto les permite acceder a distintos tipos de presas y alimentos en caso de que alguno se vuelva escaso (Thibault y Jean-Pierre, 2004). Al tener una distribución tan amplia, y una gran facilidad de colonización, esta especie ha logrado habitar la mayoría de los hábitats disponibles en Norte y Centroamérica (Laundré & Hernández, 2003).

La vegetación primaria es aquella que se puede encontrar con mayor frecuencia dentro de su ámbito hogareño (Poessel *et al*, 2016; Rhiley *et al*, 2003), aunque también existen casos en los que sus AH estuvieron compuestos por zonas de cobertura antrópica, principalmente en zonas urbanas (Ghert *et al*, 2009). Por otra parte, no han demostrado tener preferencia o tendencia a evitar zonas perturbadas de actividades humanas, pues parecen utilizar el espacio disponible uniforme e independientemente de la cobertura antrópica o vegetal, pero se ha sugerido que las zonas perturbadas son usadas exclusivamente por la noche (Quinn, 1997), presumiblemente para buscar alimento y cazar, una vez terminada esta actividad, regresan a la cobertura vegetal (Ghert *et al*, 2009).

De este modo, se ha llegado a la conclusión de que los coyotes utilizan zonas con cobertura vegetal para descansar, esto en el caso de los coyotes residentes, mientras que en los transitorios no suele haber un solo tipo de hábitat destinado a esta acción (Poessel *et al*, 2016). Por otro lado, las zonas de perturbación alta o cobertura antrópica suelen ser utilizados para actividades como la caza, el forrajeo o la alimentación, siendo zonas que usualmente presentan un atractivo para presas de la especie, o por el cultivo en si (Ghert y Quirin, 2010). También se ha llegado a la conclusión de que los coyotes suelen preferir las zonas perturbadas que tengan poca o nula presencia humana (como campos de cultivo, campos de golf, parques, etc.) por encima de áreas urbanizadas o rurales donde la presencia humana sea constante, y también son atraídos por los cuerpos de agua de

cualquier tipo (Ghert *et al*, 2009), debido a la presencia del propio líquido y a las presas relacionadas a estas zonas (Poessel *et al*, 2016). Sin embargo, los coyotes no se ven obligados fisiológicamente a consumir directamente agua, puesto que en zonas áridas se hidratan mediante el consumo de sus presas (Laundré & Hernández, 2014).

Por otro lado, los coyotes también evitan las autopistas o grandes carreteras, pues los ámbitos hogareños de los individuos suelen rodear este tipo de caminos (Poessel *et al*, 2016). En particular, los coyotes residentes suelen evadir las autopistas mientras que los coyotes transitorios las usan como corredores o en su defecto para, evitar encontrarse con coyotes residentes (Way, 2002), y en el caso de ser usadas, suele suceder en la noche cuando la actividad humana es menor.

### **3. Justificación**

La presencia de depredadores tope es cada vez menos común en áreas con mucha actividad humana. En consecuencia, se debe de investigar a aquellas especies que se han visto favorecidas, como es el caso de los mesodepredadores, que en muchos ecosistemas han llegado a ocupar las posiciones altas de las redes tróficas, pues su presencia en estos ecosistemas mantiene bajo control a otras poblaciones, brindando un servicio ecosistémico importante. El coyote es una de las pocas especies que han logrado sobrevivir y adaptarse a la influyente presencia humana en prácticamente todos los ambientes, incluyendo las zonas perturbadas que se encuentran en la zona metropolitana del valle de México, cuya mancha urbana y necesidad de recursos naturales solo se ha incrementado con el paso del tiempo y el crecimiento poblacional. Por lo tanto, estudiar las preferencias y patrones de uso de hábitat de los coyotes mediante análisis de ecología espacial brindará información para entender la forma en que las zonas perturbadas derivadas de la actividad humana influyen en el movimiento y uso del espacio, del que probablemente es el depredador más versátil e importante de nuestro país.

A su vez, conocer las dinámicas y el movimiento de los coyotes a través del espacio, ayuda a entender cómo la presencia de estos mesodepredadores influye en las comunidades bióticas del centro de México, así como brinda información que contribuye al manejo correcto y el conocimiento de la especie, siendo la primera investigación realizada en el centro del país, cuyo paisaje es radicalmente distinto al de otros países, donde se han realizado este tipo de investigaciones como Estados Unidos y Canadá.

#### **4. Pregunta de investigación:**

¿Cómo influyen los ambientes perturbados en el ámbito hogareño, el uso y la preferencia de hábitat de los coyotes?

#### **5. Objetivo general:**

Analizar la ecología espacial de *Canis latrans* en una zona perturbada del centro de México, específicamente en el área intermedia de los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

#### **6. Objetivos específicos:**

1. Determinar cómo afectan los ambientes perturbados en el tamaño del ámbito hogareño de los coyotes.
2. Determinar la preferencia de hábitat de los coyotes y cómo es que los ambientes perturbados influyen en ésta.
3. Determinar el uso de hábitat de los coyotes y cómo es que los ambientes perturbados influyen en éste.

#### **7. Hipótesis:**

- Hipótesis para el primer objetivo específico:

*Ha:* Los coyotes que tienen un ámbito hogareño con mayor presencia de vegetación altamente perturbada tienen ámbitos hogareños más pequeños que aquellos cuyo ámbito hogareño este compuesto en su mayoría por vegetación con perturbación baja o media.

*Ho:* Los coyotes con un ámbito hogareño compuesto en su mayoría por vegetación con perturbación baja o media tienen ámbitos hogareños más pequeños que aquellos con ámbitos hogareños compuestos en su mayoría con vegetación altamente perturbada.

*Predicción:*

Los coyotes cuyos ámbitos hogareños presenten una mayor cantidad de vegetación altamente perturbada tenderán a tener ámbitos hogareños más pequeños que aquellos cuyos ámbitos hogareños estén compuestos mayoritariamente por vegetación con media o poca perturbación.

- Hipótesis para el segundo objetivo específico:

*Ha:* Los coyotes prefieren las zonas de baja perturbación, a comparación de las zonas con perturbación alta.

*Ho:* Los coyotes prefieren zonas con alta perturbación por encima de zonas con baja perturbación.

*Predicción:*

Los Coyotes preferirán las zonas de perturbación baja y media como los bosques, por encima de zonas con perturbación alta o cobertura antrópica como zonas de cultivo y/o pastizales inducidos.

- Hipótesis para el tercer objetivo específico:

*Ha:* Las zonas de alta perturbación, como los cultivos, son parte esencial para el hábitat de los coyotes, siendo usadas para actividades de caza, mientras que las zonas con vegetación primaria y secundaria son áreas donde los coyotes descansan.

*Ho:* Los coyotes usan zonas de alta perturbación para descansar, y las zonas de baja perturbación para cazar y forrajear.

*Predicción:*

Los coyotes utilizarán áreas altamente perturbadas, como los campos agrícolas, zonas ganaderas y pastizales inducidos para la caza, y evitarán acercarse a los poblados y/o comunidades, así como a carreteras, mientras que descansarán dentro de áreas con cobertura vegetal (tanto primaria como secundaria) y se verán atraídos a cuerpos de agua.

## 8. Métodos

### 8.1. Área de estudio.

Los trampeos se realizaron en la zona intermedia de los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl, en tres áreas: 1) Parque Nacional La Malinche (Coord. 19.212039, -98.043331; con una elevación máxima de 4,461 m.s.n.m), 2) Centro Ecoturístico Piedra Canteada, perteneciente al municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista (Coord. 19.456334, -98.600158; con una elevación de 2825 m.s.n.m.) y 3) localidad de la Caridad Cuaxonacayo, Municipio de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros (Coord. 19.400000, -98.36500045; con una elevación de 2625 m.s.n.m.), (INEGI, 2020). Estos se localizan en el suroeste del estado de Tlaxcala, México. La zona suroeste presenta un clima templado subhúmedo, la mayor parte del año, la temperatura media anual es de 14°C, la precipitación promedio anual es de 720 mm, siendo la temporada de lluvias en verano, de junio a septiembre (INEGI, Clima de Tlaxcala., 2023). Los tipos de vegetación más representativos de la zona son los bosques de pino, oyamel, encino, pastizal, y en menor medida, páramo de altura, matorral xerófilo y chaparral (INEGI, 2021) La mastofauna presente en la zona descrita en estudios previos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Especies de mastofauna registradas por medio de fototrampeo en la zona de estudio (Fuente: Juárez-Díaz, 2022).

Especie	Zona de trampeo		
	La Malinche	Ixtacuixtla	Nanacamilpa
<i>Bassariscus astutus</i>	X	X	X
<i>Canis latrans</i>	X	X	X
<i>Lynx rufus</i>	X		X
<i>Mephitis macroura</i>		X	
<i>Mustela frenata</i>	X		X
<i>Procyon lotor</i>	X	X	X
<i>Spilogale angustifrons</i>			X
<i>Sylvilagus audubonii</i>			X
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	X	X	X
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X	X
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>			X
<i>Dasyus novemcinctus</i>	X		X
<i>Didelphis virginiana</i>	X	X	X
<b>Número de especies</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

## **8.2. Descripción de la especie.**

Los coyotes son carnívoros facultativos (Ghert y Quirin, 2010) que se alimentan principalmente de animales de tamaño pequeño y mediano, su dieta está compuesta por vertebrados e invertebrados pequeños como los insectos, lagartijas, las ratas, ratones, los roedores y lagomorfos son sus presas principales (Martínez-Vázquez *et al*, 2010), aunque también consumen frutos, granos, carroña, vegetales, y pasto (Bekoff, 1978).

Son organismos de hábitos generalistas, capaces de adaptarse a casi cualquier ambiente (Sánchez, 2012), su tamaño y peso varía según la región geográfica en la que habiten, en México, los machos pesan entre 8 y 20 kg y las hembras entre 7 y 18 kg (Laundré y Hernández, 2014), son de complexión delgada, con hocico alargado, orejas grandes y puntiagudas, ojos pequeños y relativamente juntos, el pelaje varía de gris a rojizo, pasando por tonos marrones, y punta negra en la cola (Ceballos, 2014). Son de hábitos crepusculares y generalmente solitarios, aunque en época de apareamiento se pueden encontrar en parejas, y forman grupos en zonas donde el invierno es duro y necesitan cazar presas grandes como ungulados (Bekoff, 1978). La temporada de celo en hembras empieza a mediados de enero y dura aproximadamente dos meses, la gestación tarda entre 60 y 63 días, (Laundré y Hernández, 2014), las crías y los juveniles empiezan a dispersarse a finales de año (Laundré y Hernández, 2014), su esperanza de vida oscila entre los 6 y 8 años en libertad y hasta los 14 años en cautiverio (Bekoff, 1978).

## **8.3. Captura de individuos.**

Los trampeos se llevaron a cabo de septiembre a octubre del año 2022. Se utilizaron ceptos Oneida Victor No. 3 con bordes de goma para evitar dañar las patas de los individuos. Las trampas se colocaron en lugares con rastros de presencia (huellas y/o excretas) y casi siempre cerca de veredas o caminos. Como cebo se utilizó pollo, longaniza, sardina, calamar, orín de coyote y zorrillo. Una vez capturados los individuos, se colectaron datos morfométricos y muestras de excreta, ectoparásitos, tejido y sangre. Se marcaron con un tatuaje (correspondiente al número de captura) y se les colocó un collar de rastreo “GPS TGSAT satélite Iridium -drop off”, con un peso máximo de 350 g, y posteriormente fueron liberados.



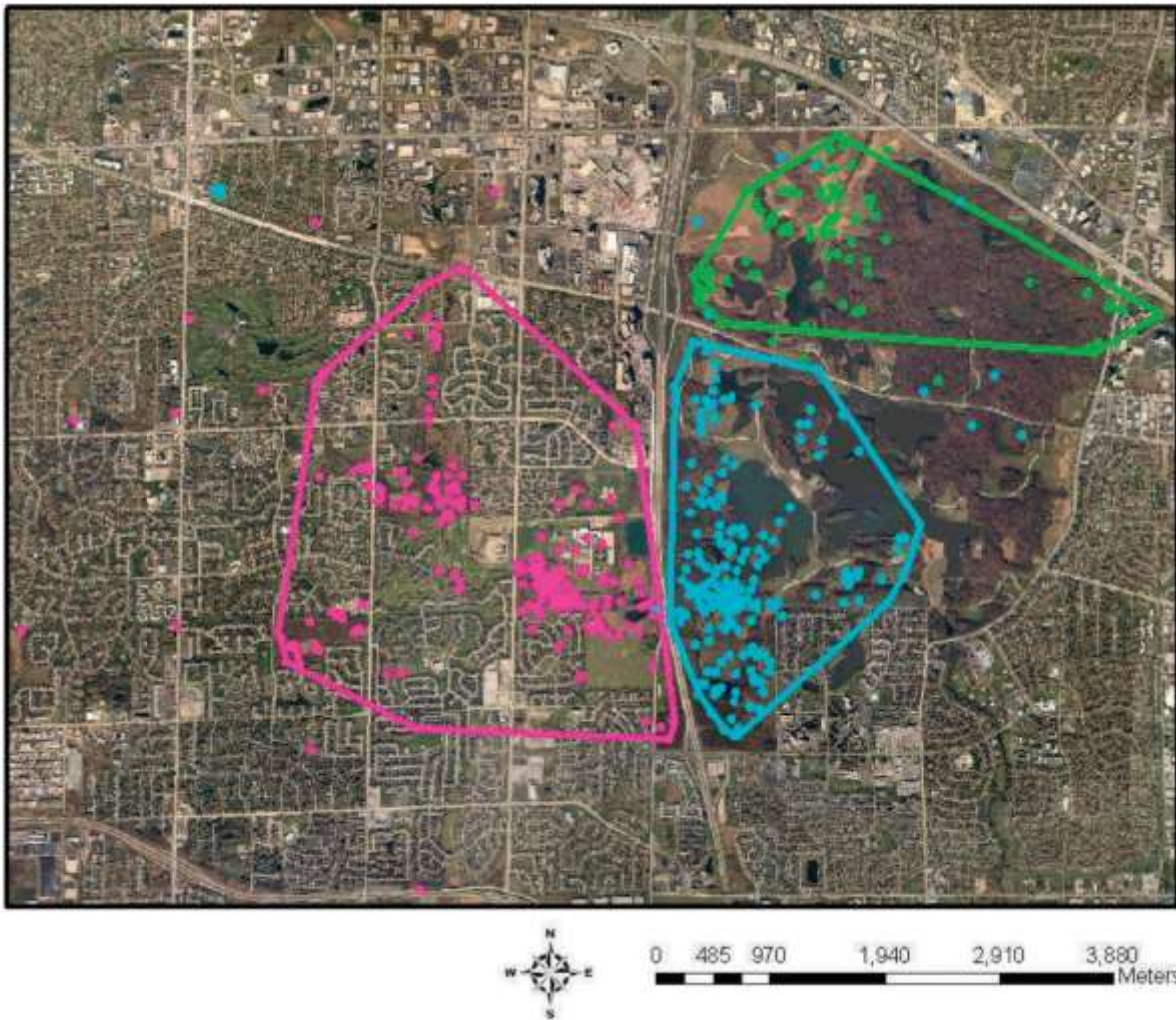
**Figura 1.** Manejo de un coyote y colocación del collar de rastreo (Foto: Lenin Ríos).

#### **8.4. Estimación de ámbito hogareño (AH).**

Con la finalidad de analizar los datos se consideraron dos métodos ampliamente utilizados en la literatura y uno relativamente nuevo: 1) Polígono mínimo convexo, 2) Método de densidad de Kernel y 3) Modelo de Puente Bivariado Gaussiano, siendo este último el método más reciente de los tres. Cada método tiene ventajas y desventajas, y al compararlos podemos apreciar los sesgos de cada uno, esto permite decidir cuál puede representar de forma más fidedigna el tamaño y la forma del AH. A continuación, se presenta una breve descripción de cada método.

##### **8.4.1. Polígono mínimo convexo (PMC).**

Es un polígono que se crea bordeando los puntos de presencia (Fig. 2), generalmente solo se utiliza el 95% de los puntos para calcularlo, pero el porcentaje puede modificarse acorde a los intereses de la investigación, por ejemplo, para identificar áreas núcleo dentro del AH se utiliza el 50% de los puntos. Este es uno de los métodos más utilizados y su relevancia yace en la relativa sencillez para estimarlo; sin embargo, en la actualidad existen métodos que toman en cuenta otras características espaciales que este método no considera, y al ser un polígono que bordea los puntos de presencia existe la posibilidad de sobrestimar el AH real del individuo (Fletcher y Fortin, 2018). Para estimarlo se utilizó el paquete “adehabitatHR” versión 0.4.19 (Calenge, C, 2006) del programa R versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).



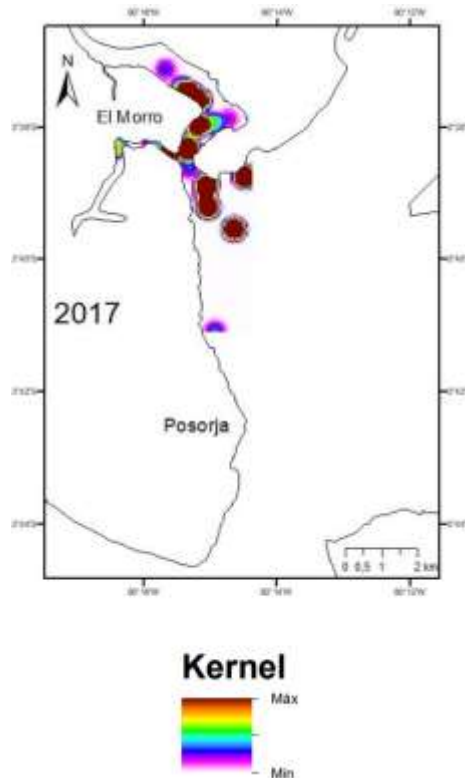
**Figura 2.** Ámbitos hogareños de tres coyotes usando el método del Polígono Mínimo Convexo (PMC) en un paisaje fragmentado dentro de la zona metropolitana de Chicago, Illinois, USA, en el año 2004 (tomado de Ghert *et al*, 2009).

#### 8.4.2. Densidad de Kernel (DK).

Es un método no paramétrico para estimar la densidad de probabilidad de ocurrencia en una zona, en el contexto del análisis del movimiento animal, este método se destaca por determinar la probabilidad de presencia del individuo (Figura 3). El primer paso es establecer un valor óptimo para el ancho de banda de Kernel, este es un parámetro que determina el alcance de la influencia de cada punto en el mapa, el objetivo es encontrar un balance entre la suavidad y la precisión de la estimación. Un valor pequeño del ancho de banda se ajustará mejor a los datos, pero puede ser más susceptible al ruido y generar ámbitos hogareños más pequeños y con más detalle. Por otro

lado, un valor grande de ancho de banda suavizará la estimación y generará ámbitos hogareños más grandes y menos detallados, lamentablemente, no existe una forma correcta o única de determinar este valor (Fieberg, 2014).

En este trabajo se utilizó el método de plug-in o de referencia cruzada, el cual utiliza técnicas estadísticas y matemáticas para encontrar el ancho de banda que minimiza un criterio de validación cruzada, buscando encontrar un equilibrio entre el sesgo y la varianza de la estimación de densidad. Posteriormente, se le asigna un peso a cada punto utilizando la función de Kernel, usualmente de tipo Gaussiano, para que al final, se sumen los pesos de cada punto creando zonas más densas que otras, y denotando en qué áreas la probabilidad de presencia del individuo es mayor o menor (Fieberg, 2014). Para realizar este análisis se utilizó el paquete “adehabitatHR” versión 0.4.19 (Calenge, C, 2006) del programa R versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).



**Figura 3.** Ámbito hogareño del grupo de delfines nariz de botella llamado “El Morro” del año 2017. En el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Las partes de color rojo son aquellas que presentan una mayor actividad de parte de los delfines (Tomado de Arroyo, 2019).

### 8.4.3. Puente Bivariado Gaussiano (PBG).

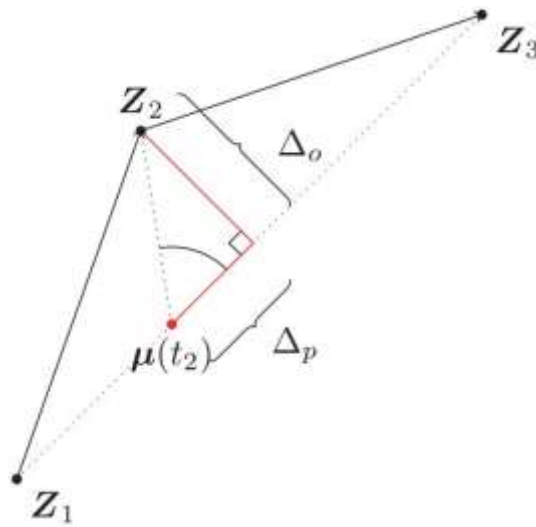
El Puente Bivariado Gaussiano o Bivariate Gaussian Bridge en inglés, es un método que surge como una variante o extensión del método de Movimiento de Puente Browniano, el cual añade la dimensión del movimiento, ignorada en los dos métodos anteriores. Sin embargo, el Puente Browniano asume que el movimiento del individuo entre ubicaciones sucesivas es difusivo isotrópico, es decir, que todas las posibles direcciones en las que el animal puede moverse tienen la misma probabilidad. Por su parte, el PBG reconoce que los animales pueden exhibir movimientos direccionales o no isotrópicos en su desplazamiento. Esto se basa en la suposición de que el movimiento entre ubicaciones consecutivas puede descomponerse en dos componentes, uno paralelo y otro ortogonal a la dirección del movimiento. Esta descomposición permite tener en cuenta la dirección y la magnitud del movimiento en la estimación de la probabilidad de uso del espacio en cada ubicación. El método utiliza un enfoque de máxima verosimilitud para estimar las varianzas de los componentes paralelo y ortogonal del movimiento a partir de los datos de seguimiento (Kranstauber *et al*, 2014).

La forma en la que funciona el PBG es la siguiente considerando que se tienen tres ubicaciones consecutivas a lo largo de la trayectoria del animal:  $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$ . La ubicación  $Z_2$  es el punto central de interés para el análisis, y calculamos cuánto se desvía en dirección paralela ( $\Delta p$ ) y ortogonal ( $\Delta o$ ) desde la ubicación esperada en la conexión de línea recta entre  $Z_1$  y  $Z_3$ . Para hacer esto, primero trazamos una línea recta que conecta las ubicaciones  $Z_1$  y  $Z_3$ . Luego, proyectamos la ubicación  $Z_2$  en esta línea recta y determinamos la posición esperada  $\mu(t_2)$  en esa línea. Luego, medimos la distancia en dirección paralela entre  $Z_2$  y  $\mu(t_2)$  y llamamos a esta distancia  $\Delta p$ . Esta distancia nos indica cuánto se desvía  $Z_2$  en dirección paralela a la línea recta entre  $Z_1$  y  $Z_3$ . Por otro lado, medimos la distancia en dirección ortogonal entre  $Z_2$  y  $\mu(t_2)$  y llamamos a esta distancia  $\Delta o$ . Esta distancia nos indica cuánto se desvía  $Z_2$  en dirección ortogonal a la línea recta entre  $Z_1$  y  $Z_3$ .

Así, obtenemos dos valores numéricos,  $\Delta p$  y  $\Delta o$ , que representan las desviaciones paralela y ortogonal de  $Z_2$  con respecto a la ubicación esperada en la conexión de línea recta entre  $Z_1$  y  $Z_3$ . Estas desviaciones son utilizadas para ajustar las varianzas de los componentes paralelo y ortogonal del movimiento y obtener una estimación más precisa de la probabilidad de uso del espacio en cada ubicación a lo largo de la trayectoria del animal (Figura 4).

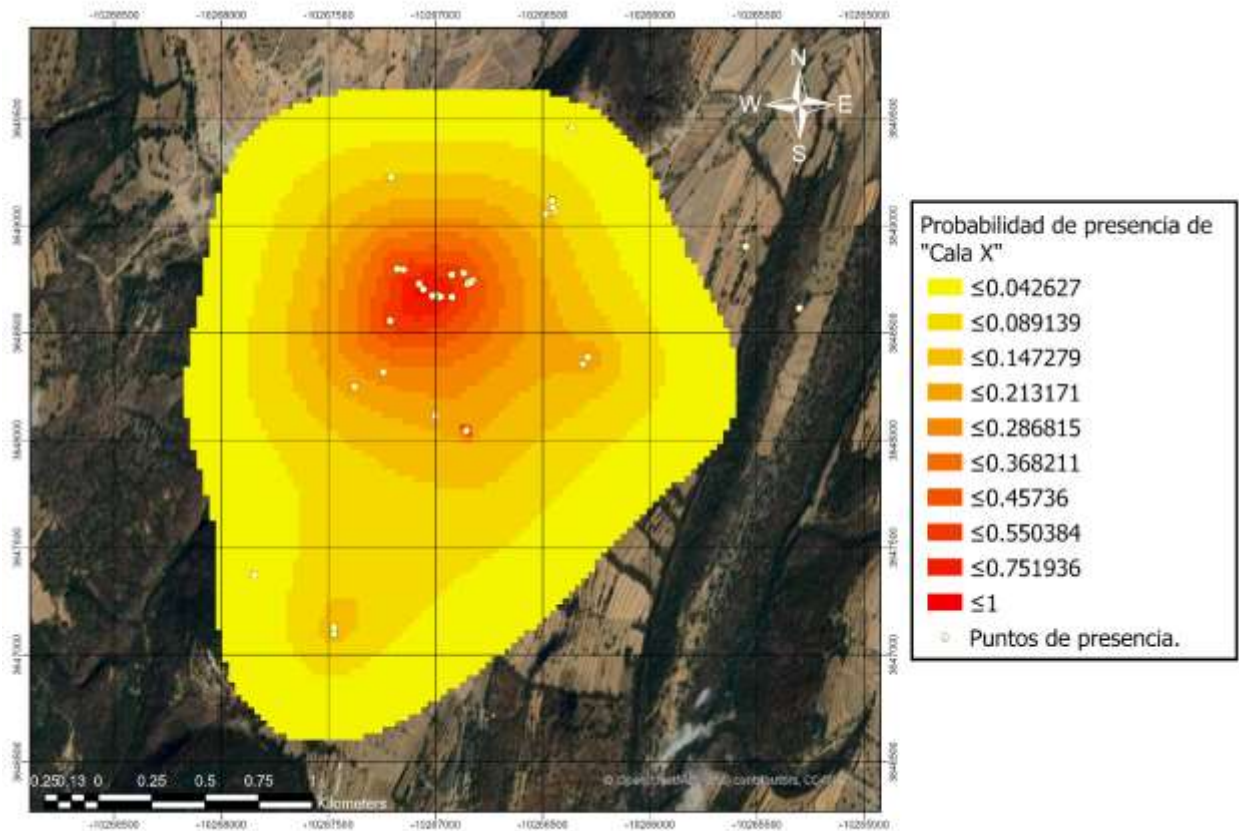
Al determinar los componentes paralelo y ortogonal, se obtienen dos valores numéricos

para cada ubicación en la trayectoria. Estos valores representan la magnitud del movimiento en dirección paralela y ortogonal a la línea recta que conecta la ubicación actual con la siguiente. Para ser más precisos, se obtienen dos números reales, que indican cuánto se aleja el movimiento del animal de la dirección recta entre las dos ubicaciones. Si el valor del componente en paralelo es grande, significa que el animal se mueve principalmente en línea recta hacia la siguiente ubicación. Por otro lado, si el valor del componente ortogonal es grande, significa que el animal tiene movimientos más erráticos o direccionados fuera de la línea recta. Esto se logra mediante la comparación de las ubicaciones observadas y las esperadas en el tiempo entre dos ubicaciones consecutivas. El PBG también se puede extender a una versión dinámica (dPBG), que permite ajustar las varianzas a lo largo de la trayectoria del animal, y por lo tanto, refleja posibles cambios en el comportamiento y la escala de movimiento (Kranstauber *et al*, 2014).



**Figura 4:** Esquema del cálculo de las varianzas de los componentes paralelo y ortogonal del movimiento del individuo donde  $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$ , son los puntos de presencia consecutivos,  $\mu(t_2)$  es la posición esperada de  $Z_2$ ,  $(\Delta p)$  representa la dirección paralela y  $(\Delta o)$  la dirección ortogonal (Tomado de Kranstauber *et al*, 2014).

El producto del análisis es la utilización de distribución (UD), que aparte de estimar el ámbito hogareño del individuo, determina en qué zonas hay mayor probabilidad de encontrarlo o qué zonas prefieren dentro del AH, siendo así, que la UD obtenida de este método también puede ser utilizada para el análisis de preferencia de hábitat. Para realizar estos análisis, se utilizó el paquete “Move” versión 4.2.2, de R versión 4.2.0 (R Core Team, 2022). creado para manejar y analizar información de movimiento animal (Kranstauber *et al*, 2023).



**Figura 5:** Ámbito hogareño del coyote “Cala X”, usando el método de Puente Bivariado Gaussiano (PBG), las zonas con un color más intenso denotan una mayor probabilidad de presencia y una mayor intensidad de uso (imagen creada para representación).

### 8.5. Uso y preferencia de hábitat.

Para determinar las preferencias de los distintos individuos, se hizo un análisis de tercer orden según la clasificación jerárquica propuesta por Johnson (1980), la cual se basa en los análisis del uso de los componentes tanto bióticos como abióticos dentro del ámbito hogareño. En primera instancia, se usaron las utilizaciones de distribución obtenidas mediante el método PBG, representadas en rasters de densidad, siendo las áreas con mayor densidad aquellas donde es más probable encontrar al individuo o aquellas con preferencia y viceversa. Posteriormente, se utilizó la información de la serie VII de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 2021), para obtener los tipos de suelo y vegetación presentes en la zona, los cuales se categorizaron en “Perturbación alta”, “Perturbación media” o “Perturbación baja” (Tabla 2), para evaluar qué tipo de vegetación era la que tenía mayor densidad en el raster, se utilizó la función “*extract*” de la paquetería “Raster”

versión 3.6.20 (Hijmans, 2023), de R, para obtener la media de densidad y asignársela a cada polígono.

**Tabla 2.** Categoría y descripción de los usos de suelo y vegetación que componen las tres categorías de perturbación (Fuentes Rzedowsky 2006; INEGI, 2021).

<b>Vegetación</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Bosque de táscate</b>	Perturbación baja	Comunidades dominadas por <i>Juniperus deppeana</i> .
<b>Bosque de Pino</b>	Perturbación baja	Comunidades dominadas por <i>Pinus patula</i> .
<b>Bosque de Pino-Encino</b>	Perturbación baja	Comunidades dominadas por <i>Pinus patula</i> , acompañados por <i>Quercus crassifolia</i> que se presenta en menor cantidad.
<b>Bosque de Encino</b>	Perturbación baja	Comunidades dominadas por <i>Quercus crassifolia</i> .
<b>Bosque de Encino-Pino</b>	Perturbación baja	Comunidades dominadas por <i>Quercus crassifolia</i> , seguido de <i>Pinus patula</i> , que se presenta en menor cantidad.
<b>Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate</b>	Perturbación media	Surge como una alteración de la vegetación conservada o la recuperación de una vegetación anteriormente perdida, en esta se encuentran plantas que colonizan por primera vez el área y abren paso a la llegada del bosque final, se empieza a observar retoños y arboles jóvenes de <i>Juniperus deppeana</i> .
<b>Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino</b>	Perturbación media	Surge como una alteración de la vegetación conservada o la recuperación de una vegetación anteriormente pérdida, en esta se encuentran plantas que colonizan por primera vez el área y abren paso a la llegada del bosque final, se empieza a observar retoños y arboles jóvenes de <i>Quercus crassifolia</i> .
<b>Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino.</b>	Perturbación media	Surge como una alteración de la vegetación conservada o la recuperación de una vegetación anteriormente pérdida, en esta se encuentran plantas que colonizan por primera vez el área y abren paso a la llegada del bosque final, se empieza a observar retoños y arboles jóvenes de <i>Pinus patula</i> .
<b>Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino.</b>	Perturbación media	Surge como una alteración de la vegetación conservada o la recuperación de una vegetación anteriormente pérdida, en esta se encuentran plantas que colonizan por primera vez el área y abren paso a la llegada del bosque final, se empieza a observar retoños y arboles jóvenes de <i>Pinus patula</i> y en menor cantidad, de <i>Quercus crassifolia</i> .
<b>Pastizal inducido</b>	Perturbación alta	Pastizal originado por actividad humana de forma consciente, ya sea por abandono de cultivo, tala de árboles, incendios comunes, etc.
<b>Agricultura de temporada anual</b>	Perturbación alta	Zona de agricultura utilizada exclusivamente en determinadas temporadas del año.
<b>Agricultura de temporada anual y permanente</b>	Perturbación alta	Zona de agricultura que permanece en uso constante durante el año.

Una vez con el porcentaje de área de las distintas categorías de perturbación definida para cada coyote, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, con el porcentaje de perturbación baja, media y alta como variable independiente y la extensión del AH como variable dependiente, a esta última variable, se realizó una normalización de Box-Cox con el propósito de optimizar el ajuste de los datos al modelo. El objetivo fue determinar cómo afecta la perturbación de la vegetación en el tamaño del AH de los coyotes.

Para determinar el uso de hábitat de los coyotes, se evaluó la actividad de los coyotes en las diferentes categorías de perturbación, mediante el uso de información brindada por el collar de rastreo GPS, el cual posee un acelerómetro que utiliza la aceleración en los ejes X, Y, Z, para evaluar la actividad del individuo. Se tomó el valor de actividad asociado a cada punto de presencia y mediante la misma capa de uso de suelo y vegetación utilizada para el primer análisis, se determinó si ese punto se encontraba en una zona con perturbación baja, media o alta. Mediante una prueba de Kruskal Wallis, y posteriormente una prueba post-hoc de Dunn, se compararon los grupos para determinar si existía una diferencia significativa y entre que grupos estaba la diferencia.

Se evaluó la actividad y la velocidad por día y noche, categorizando acorde al horario de otoño, noche de las 19:00 a las 06:00 horas y día de las 06:01 a las 18:59 horas, la eliminación de valores atípicos solo se realizó en el análisis de actividad en los individuos Cajeta y Roble (Tabla 3), pues los demás no tenían suficientes datos para tal limpieza, en estos análisis se realizó una prueba de U de Mann Whitney.

A su vez, se evaluó la afinidad de los coyotes a los caminos, cuerpos de agua y asentamientos, esto mediante el uso de los RSF (Resource Selection Functions), más específicamente, los “Point Selection Functions”, un grupo de pruebas estadísticas que sirven para comparar la disponibilidad de recursos con su uso verdadero (Fletcher & Fortin., 2018). Se tomó el AH generado con el método PBG como delimitación del área de cada coyote, dentro del cual, se generaron 10x puntos aleatorios, estos representaron zonas disponibles para su potencial uso, mientras que los puntos de presencia reales representaban zonas donde el individuo hizo un uso verdadero del espacio.

Para el caso particular del análisis general y por horario de las carreteras, se utilizó un PMC en lugar del PBG, por la naturaleza de la UD generada mediante el PBG que requiere de puntos de presencia con sucesión temporal, pues para realizar el análisis por horario, se dividieron los

puntos entre día y noche. Posteriormente, se midió la distancia de cada punto con la carretera de asfalto, el cuerpo de agua y el asentamiento más cercano, se utilizaron los mapas de la Red Nacional de Caminos (INEGI 2022), la serie III del mapa de Cuerpos de Agua del Continuo Nacional Topográfico (CONABIO 2018), el Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades (INEGI 2020), en conjunto con registros de cuerpos de agua digitalizados exclusivamente para la zona del Parque Nacional La Malinche.

Una vez obtenidas las distancias, se realizaron pruebas estadísticas de Regresión Logística Binomial, tomando el uso/disponibilidad (representada por las distancias reales/aleatorias respectivamente) de los coyotes como la variable predictora y al ser una prueba de regresión binomial, se tienen dos posibles resultados, un coeficiente positivo indica que en cuanto aumenta la distancia a un elemento del paisaje, la probabilidad de presencia también aumenta, y un coeficiente negativo indica que en cuanto la distancia a un elemento del paisaje aumenta, la probabilidad de presencia disminuye. Es decir, cuando el coeficiente es positivo, es más probable encontrar al coyote lejos de este elemento del paisaje, y cuando el valor del coeficiente es negativo, es más probable encontrar al individuo en zonas cercanas al elemento del paisaje. En caso de que el valor de probabilidad no sea significativo ( $p > 0.05$ ) se interpreta como que este elemento del paisaje no influye en la distribución del individuo.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el software base de R, versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).

## **8.6. Sistemas de información geográfica (SIG) y software de pruebas estadísticas.**

El diseño y creación de mapas fue realizado con el software QGIS versión 3.34.2, las imágenes satelitales usadas como base fueron obtenidas de Open Street Maps. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el software base de R, versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).

## 9. Resultados

### 9.1. Captura y rastreo de individuos.

Se capturaron seis individuos, con un esfuerzo de muestreo de 66 días, siendo cuatro coyotes hembras y dos machos. A continuación, se presenta la Tabla 3 con sus características:

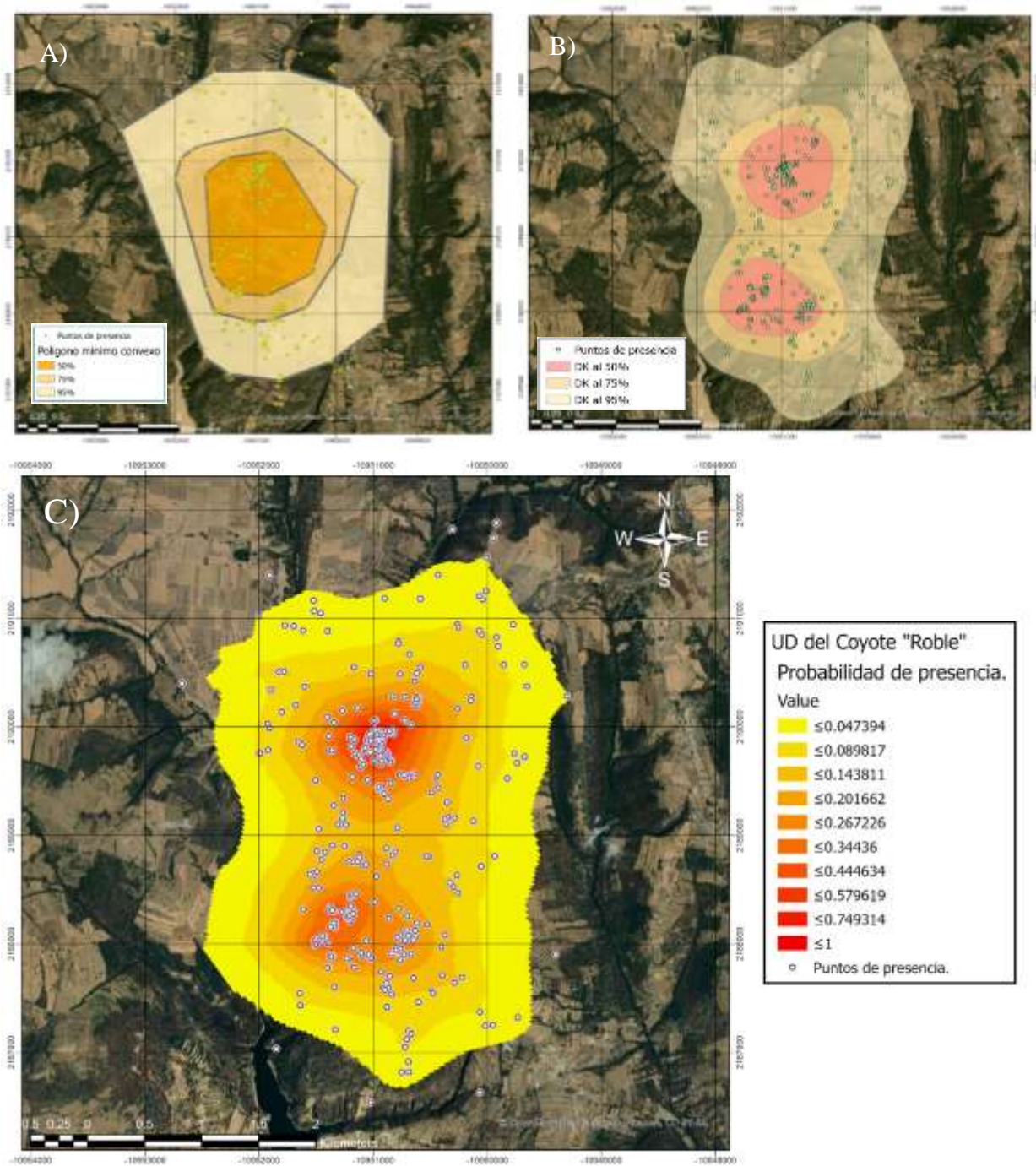
**Tabla 3:** Individuos capturados y sus características generales.

Nombre	Sexo	Edad	Peso	Largo Total	Zona de captura
Petri	H	1 año	12 kg	112 cm	Parque Nacional La Malinche
Panque	H	1 año	10.2 kg	105 cm	Parque Nacional La Malinche
Brisa	H	2 años	10.2 kg	103 cm	Parque Nacional La Malinche
Ron	M	1 año	14.5 kg	140 cm	Nanacamilpa
Cajeta	H	2 años	12.5 kg	118 cm	La Caridad Cuaxonacayo
Roble	M	3 años	15.7 kg	133.5 cm	La Caridad Cuaxonacayo

Debido a un problema en el sistema GPS de los collares, los coyotes, Petri, Panque, Brisa y Ron, solo dieron de 5 a 10 días de información, mientras que los Coyotes, Roble y Cajeta, enviaron mes y medio de información. Se obtuvieron un total de 1,213 registros de presencia, un punto de presencia era enviado vía satelital cada dos horas, la información pertenece al periodo de septiembre de 2022 a enero de 2023.

### 9.2. Tamaño del ámbito hogareño

La extensión de AH varió entre los tres métodos considerados en este estudio. En la Figura 6 se muestran los mapas obtenidos con las tres aproximaciones para el coyote roble PMC (9.17 km<sup>2</sup>), DK (9.97 km) y PBG (17.84 km<sup>2</sup>), los mapas de los demás individuos se incluyen en el Anexo I II, III, IV y V, los tamaños del AH se presentan en la Tabla 4. El tamaño final de AH que se utilizó para esta investigación fue el puente bivariado gaussiano (PBG), pues considera la dimensión del movimiento, ignorado por los otros dos métodos.



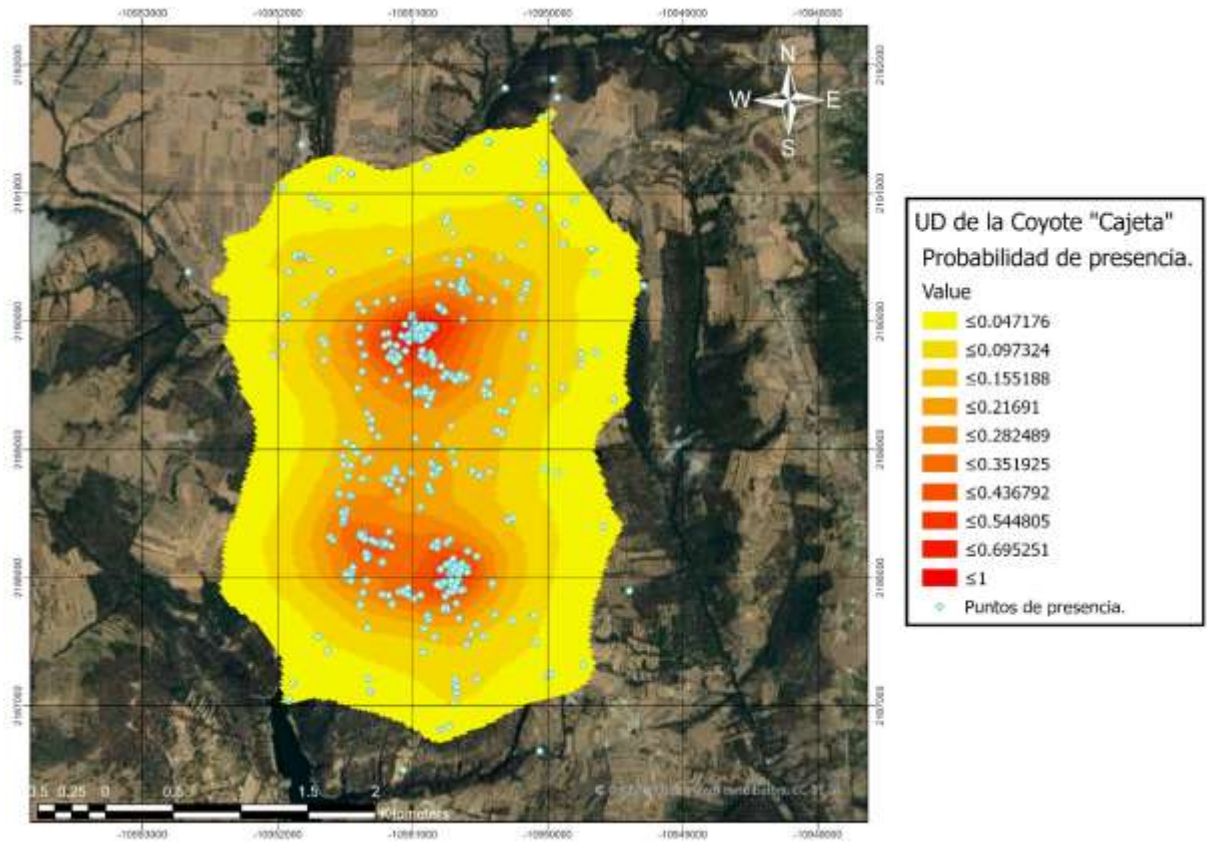
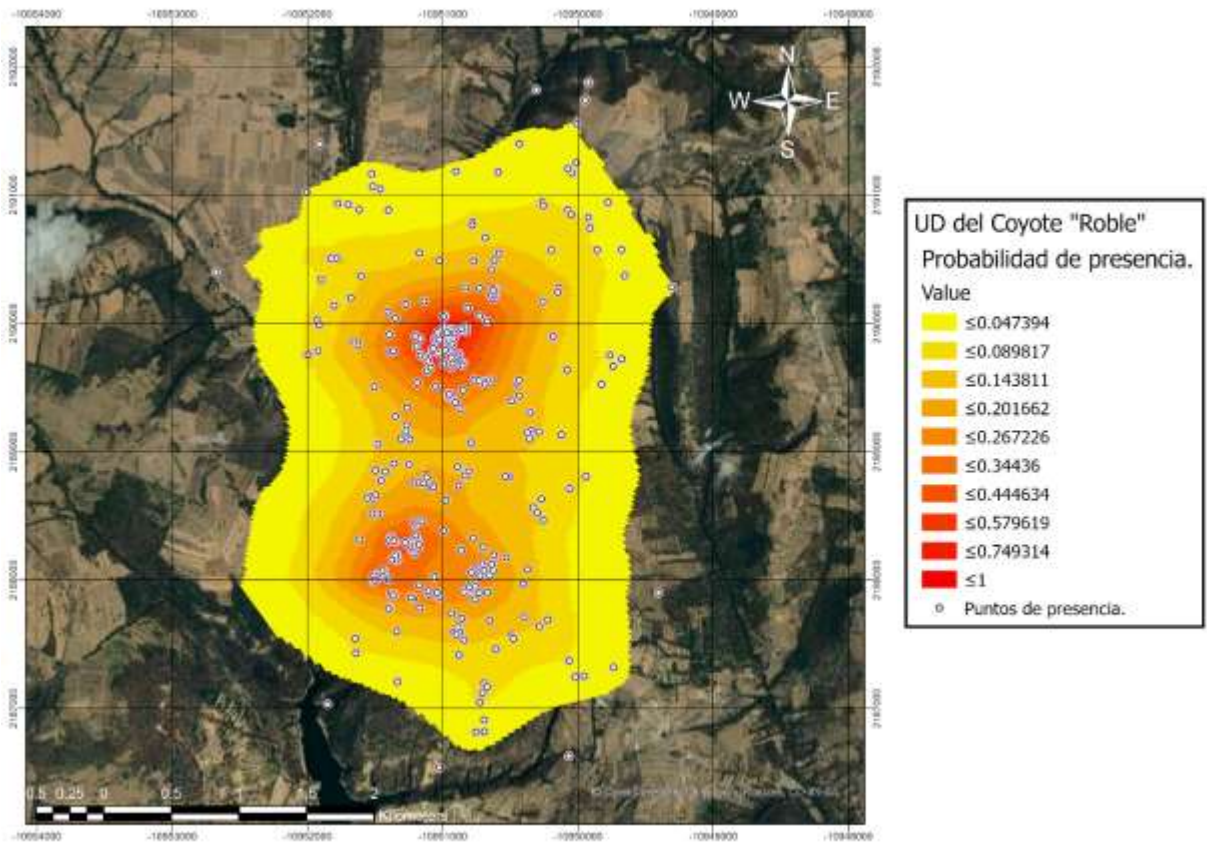
**Figura 6.** Ámbito hogareño del Coyote "Roble" obtenido mediante distintos métodos, A) Polígono Mínimo Convexo, B) Densidad de Kernel y C) Puente Bivariado Gaussiano.

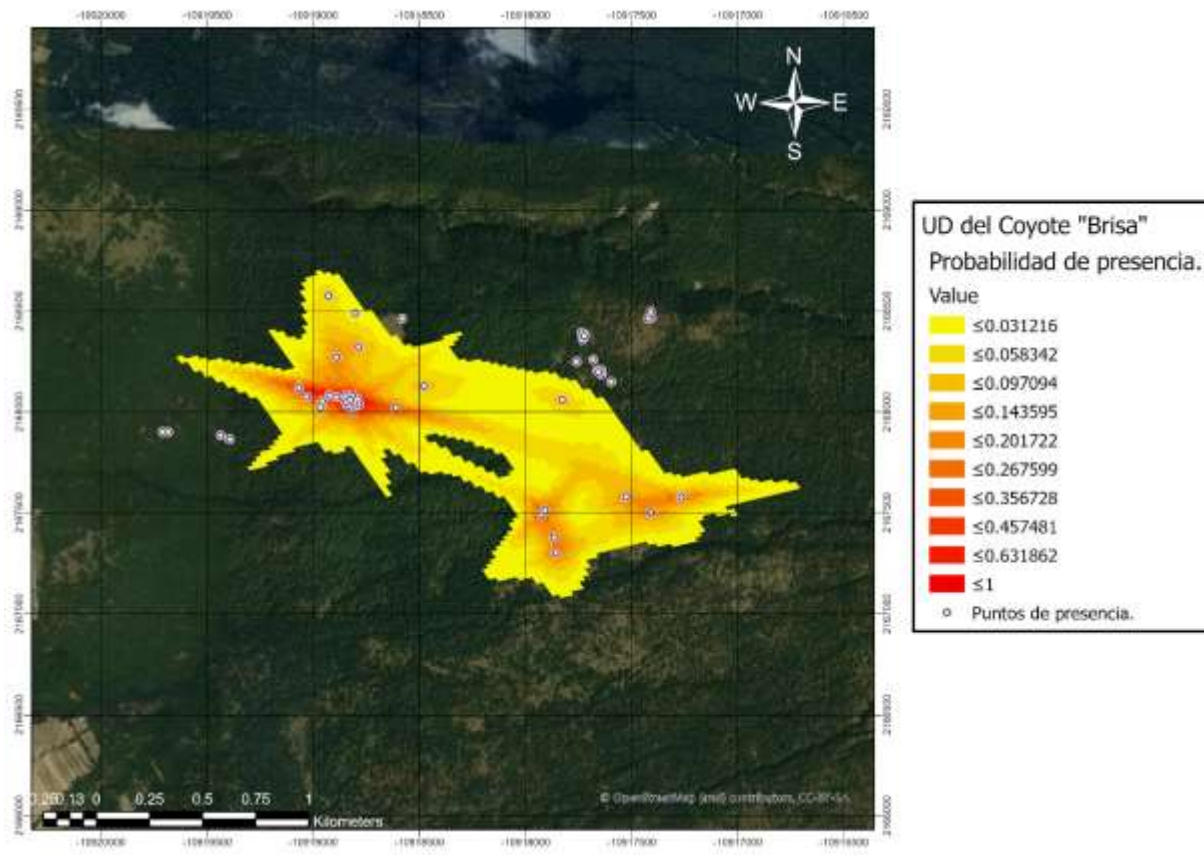
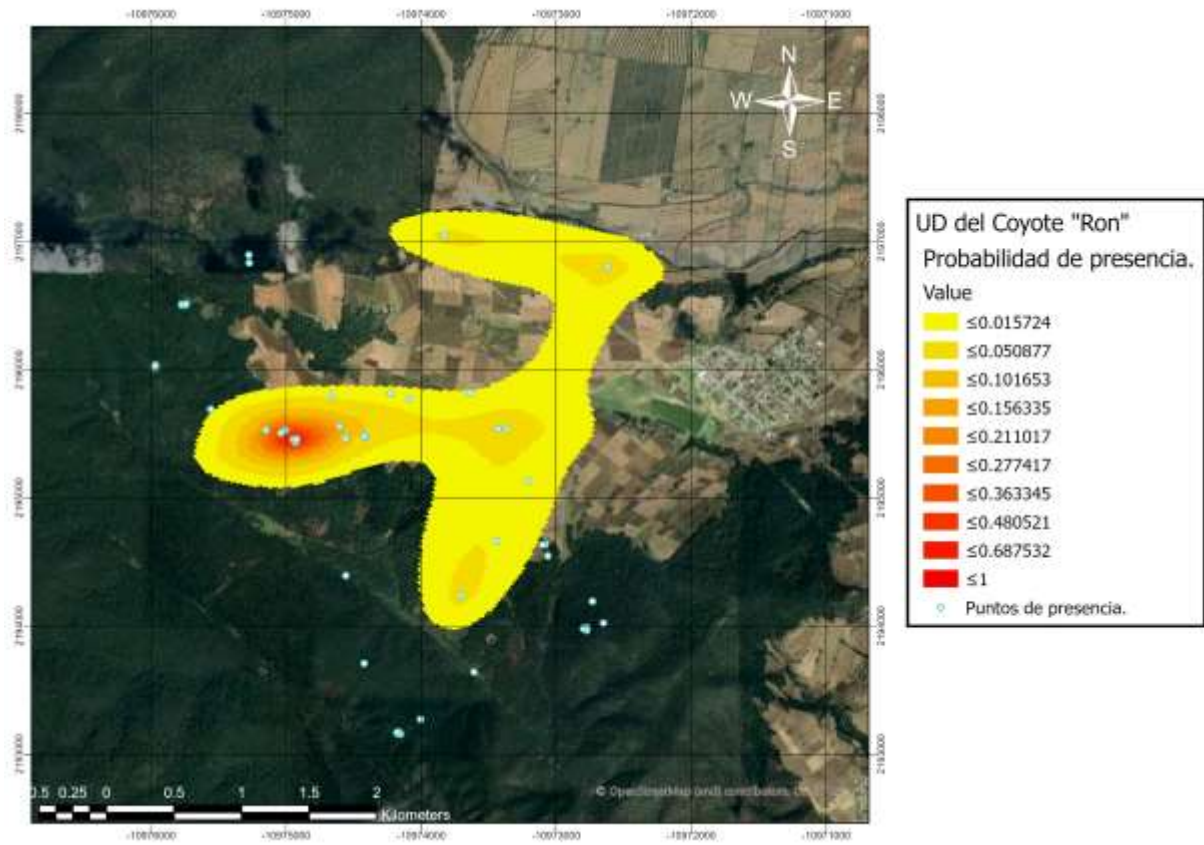
**Tabla 4:** Tamaño del ámbito hogareño de los distintos coyotes según los tres métodos utilizados, polígono mínimo convexo (PMC), densidad de Kernel (DK) y puente bivariado gaussiano (PBG).

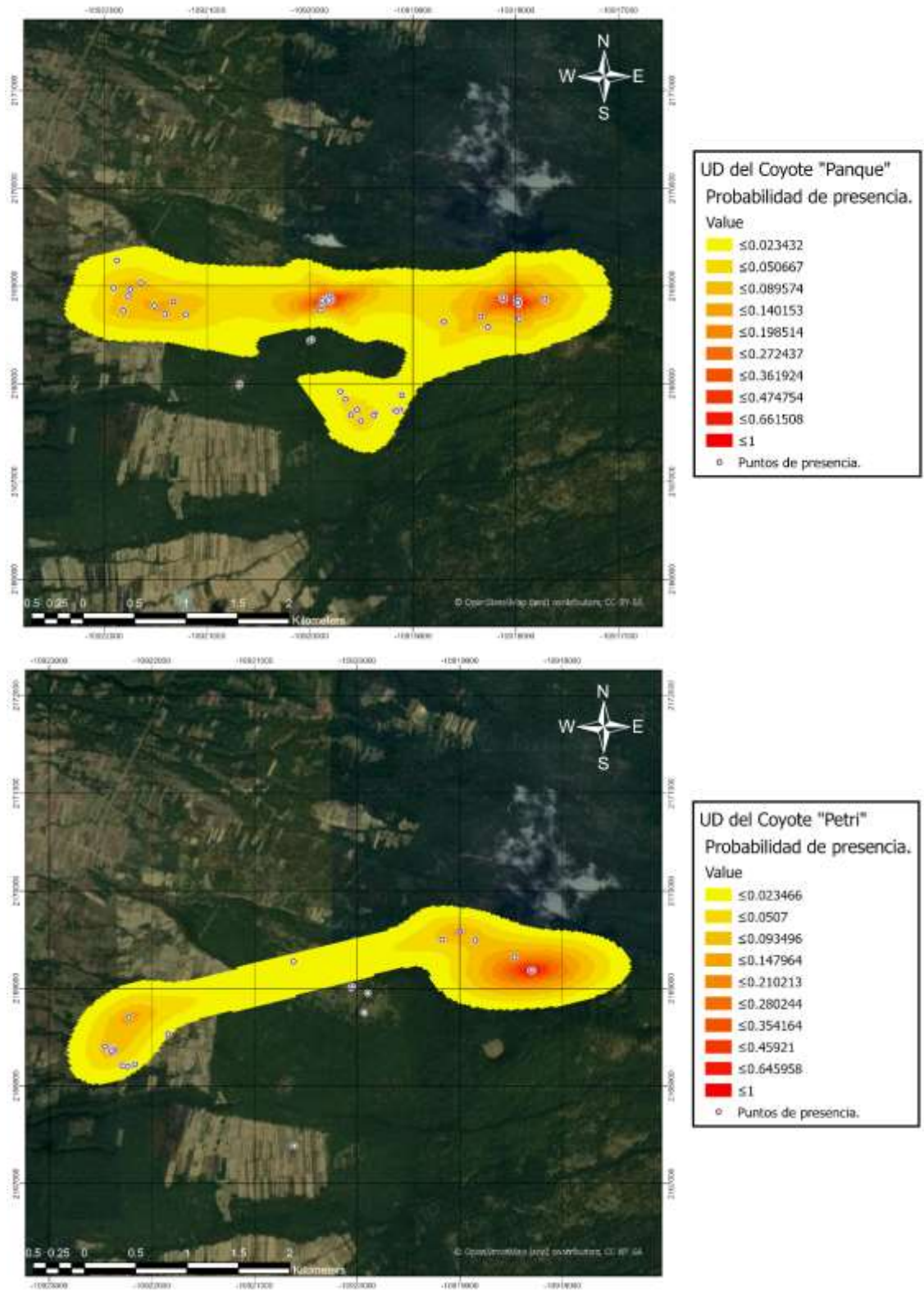
Nombre del coyote	PMC	DK	PBG
<b>Petri</b>	4.1 km <sup>2</sup>	16 km <sup>2</sup>	5.3 km <sup>2</sup>
Panque	3.4 km <sup>2</sup>	11.3 km <sup>2</sup>	8 km <sup>2</sup>
Brisa	1.8 km <sup>2</sup>	4.7 km <sup>2</sup>	2.3 km <sup>2</sup>
Ron	6.6 km <sup>2</sup>	17.7 km <sup>2</sup>	6.3 km <sup>2</sup>
Cajeta	8.2 km <sup>2</sup>	9.8 km <sup>2</sup>	18.1 km <sup>2</sup>
Roble	9.2 km <sup>2</sup>	10 km <sup>2</sup>	17.8 km <sup>2</sup>

El tamaño promedio del AH en machos fue de 10.2 km<sup>2</sup>, mientras que en hembras fue de 5.2 km<sup>2</sup>, y el tamaño promedio en la zona de estudio es de 9.6 km<sup>2</sup>, para el Parque Nacional La Malinche, el tamaño promedio es de 5.2 km<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que este dato es obtenido exclusivamente de hembras. Todos los coyotes capturados fueron categorizados como residentes, puesto que ninguno demostró moverse a grandes distancias. En particular, los coyotes Roble y Cajeta compartieron gran parte de su AH y por el registro de sus ubicaciones se infiere que se trata de una pareja.

Para los análisis estadísticos del primer objetivo, se realizó una normalización a los datos mediante el método de Box-Cox. Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple indicaron que no hay una relación lineal significativa entre el tamaño del ámbito hogareño y el porcentaje de perturbación presente en el mismo, tanto para la prueba con perturbación alta ( $p = 0.866$ ) y perturbación media ( $p = 0.271$ ), mientras que la prueba de perturbación baja no pudo realizarse debido a la alta correlación que existía entre este nivel de perturbación y los otros dos niveles. Por lo que en general, las distintas categorías de perturbación no mostraron una influencia directa en el tamaño del ámbito hogareño de los coyotes en esta investigación.







**Figura 7:** Ámbitos hogareños (AH) y/o utilidades de distribución (UD) de los coyotes, obtenidos mediante el método del Puente Bivariado Gaussiano (PBG), las zonas que presentan una coloración rojiza son aquellas que representan mayor probabilidad de presencia.

### 9.3.- Preferencia de hábitat.

Considerando la utilización de distribución (UD) creada mediante el PBG, se obtuvieron los siguientes resultados. En términos de uso y preferencia de hábitat, los coyotes mostraron preferencia por zonas con perturbación baja, que constituyeron aquellas con mayor probabilidad de presencia dentro del AH de tres individuos, seguido por la perturbación media, que compuso la mayor parte del AH de dos individuos, y, por último, solo un ejemplar (Panque) presentó un AH compuesto principalmente por zonas con perturbación alta (Tabla 5).

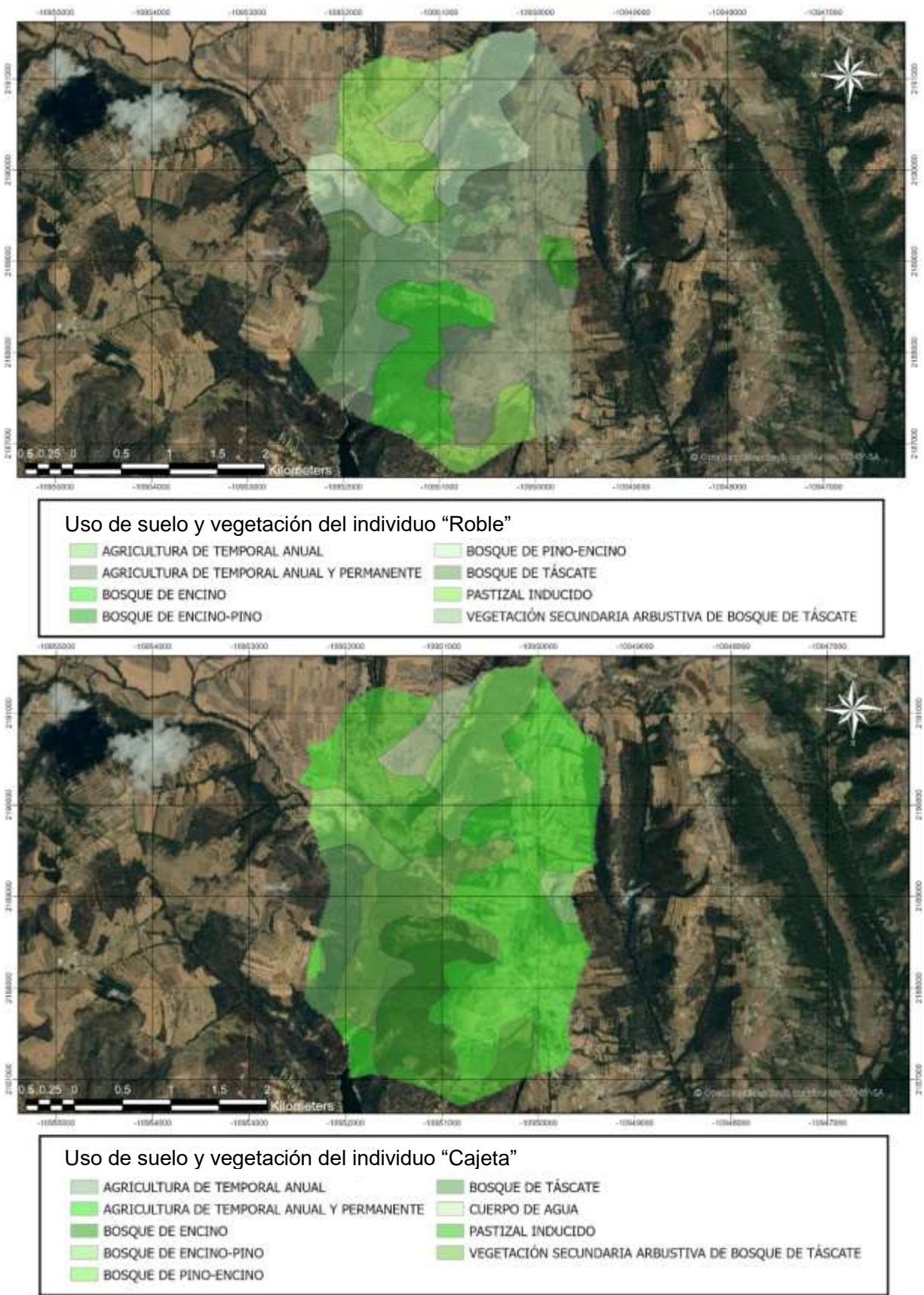
**Tabla 5:** Distribución del porcentaje de probabilidad de presencia en relación con los niveles de perturbación en los hábitats de los coyotes estudiados.

Nivel de perturbación	Roble	Cajeta	Ron	Brisa	Panque	Petri
<b>Perturbación alta</b>	30%	29%	33%	0%	55%	30%
<b>Perturbación media</b>	21%	22%	0%	100%	45%	62%
<b>Perturbación baja</b>	49%	49%	67%	0%	0%	8%

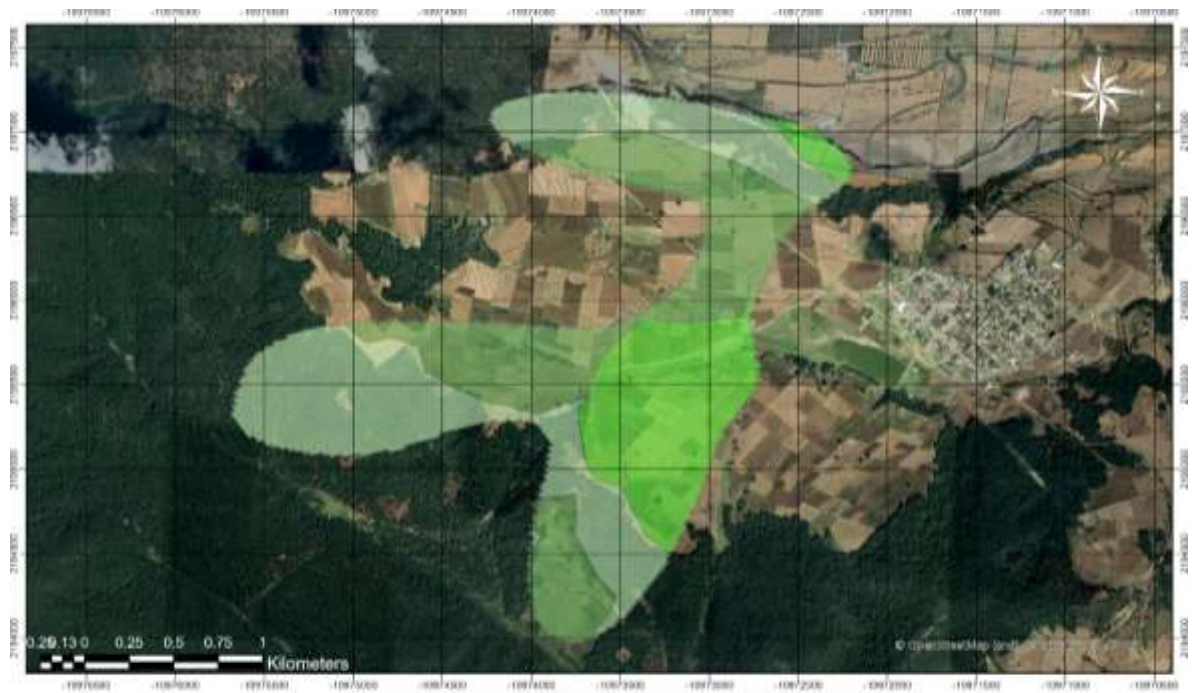
Se observó que el tipo de vegetación predominante dentro de los AH varía mucho entre individuos y región. La pareja capturada en la Caridad Cuaxonacayo (Roble y Cajeta), presentaron una mayor probabilidad de presencia en bosques de encino seguido por vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate o *Juniperus* (Tabla 6), y los tipos de usos de suelo y vegetación de ambos coyotes se presentan en la Figura 8. Mientras que el coyote de Nanacamilpa (Ron), tiene una probabilidad de presencia mayor en bosques de pino-encino, seguido por zonas de agricultura (Tabla 6), y los tipos de usos de suelo y vegetación del coyote se presentan en la Figura 9. Finalmente, los coyotes del Parque Nacional La Malinche también presentaron diferencias, Brisa mostró un AH compuesto en su totalidad de vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino, y los tipos de uso de suelo y vegetación se presentan en la Figura 9, mientras que Panque tuvo la mayor probabilidad de presencia en pastizales inducidos, seguido de vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino (Tabla 6). Por último, Petri registró una mayor probabilidad de presencia en vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino, seguida de vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino (Tabla 6), y los tipos de usos de suelo y vegetación de los últimos dos coyotes se presentan en la figura 10.

**Tabla 6:** Distribución del porcentaje de probabilidad de presencia en relación con los tipos de vegetación en los ámbitos hogareños de los coyotes estudiados según su utilización de distribución (UD). En negritas se indican los porcentajes más altos para cada coyote.

Tipo de vegetación	Roble	Cajeta	Ron	Brisa	Panque	Petri
Bosque de táscate	5%	5%	0%	0%	0%	0%
Bosque de Pino	0%	0%	0%	0%	0%	8%
Bosque de Pino-Encino	17%	16%	<b>67%</b>	0%	0%	0%
Bosque de Encino	<b>24%</b>	<b>25%</b>	0%	0%	0%	0%
Bosque de Encino-Pino	4%	4%	0%	0%	0%	0%
Pastizal inducido	13%	12%	0%	0%	<b>35%</b>	7%
Agricultura de temporada anual	8%	8%	18%	0%	6%	9%
Agricultura de temporada anual y permanente	8%	8%	15%	0%	15%	14%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	21%	22%	0%	0%	0%	0%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0%	0%	0%	0%	5%	7%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0%	0%	0%	<b>100%</b>	15%	15%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0%	0%	0%	0%	24%	<b>40%</b>

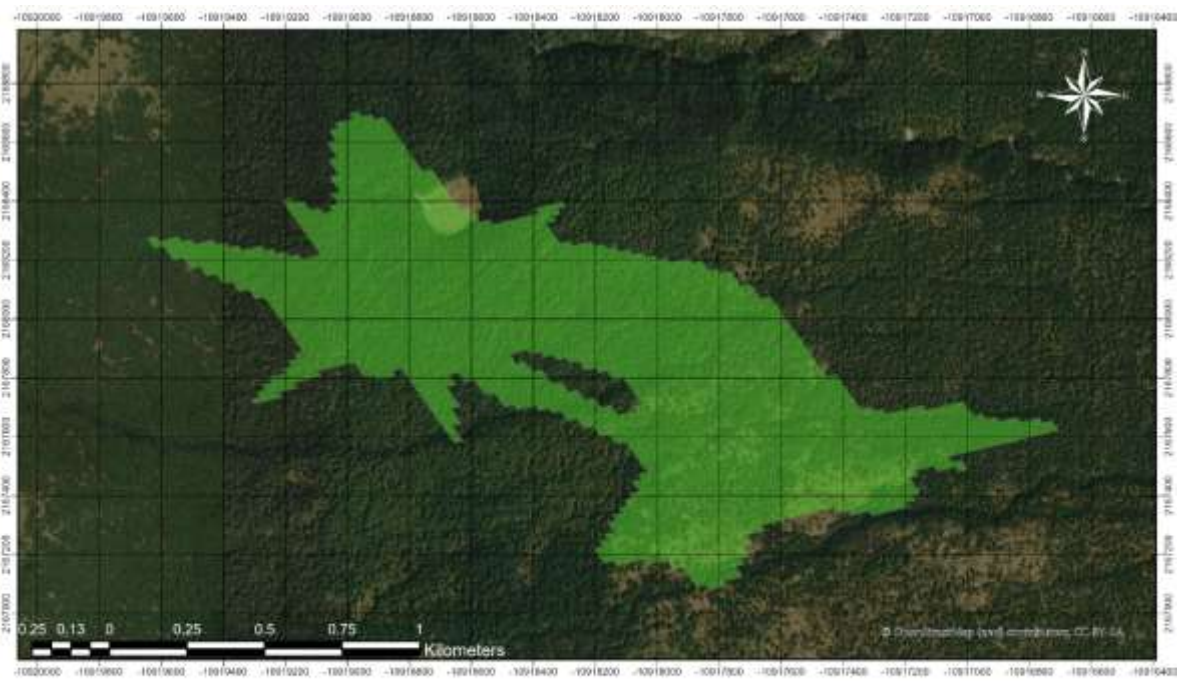


**Figura 8:** Mapas de los tipos de vegetación que componen los AH de los individuos “Roble” y “Cajeta”.



Uso de suelo y vegetación del individuo "Ron"

- AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL
- AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE
- BOSQUE DE PINO



Uso de suelo y vegetación del individuo "Brisa"

- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO

**Figura 9:** Mapa de los tipos de vegetación que componen el AH de los individuos "Ron" y "Brisa".

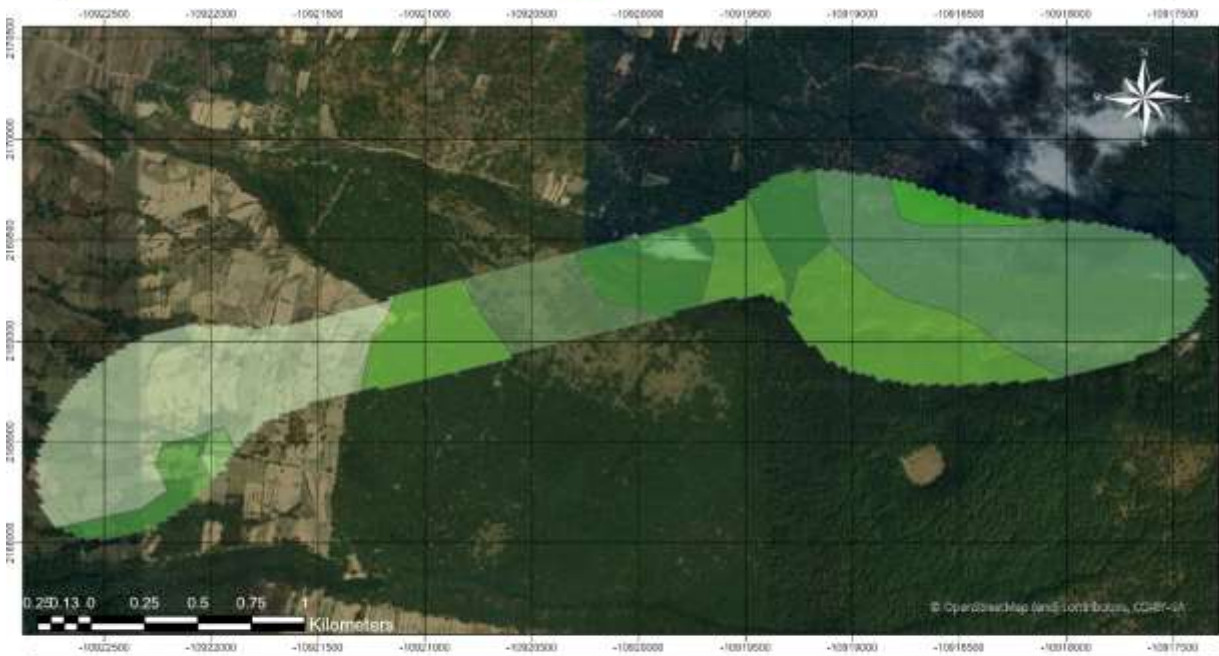
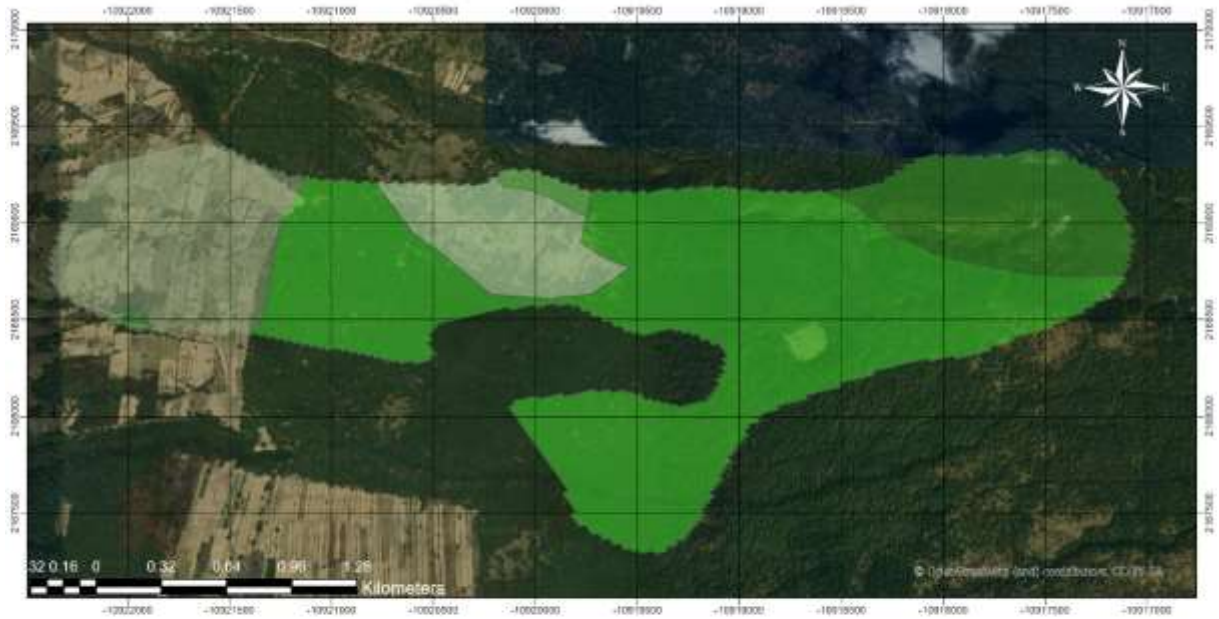


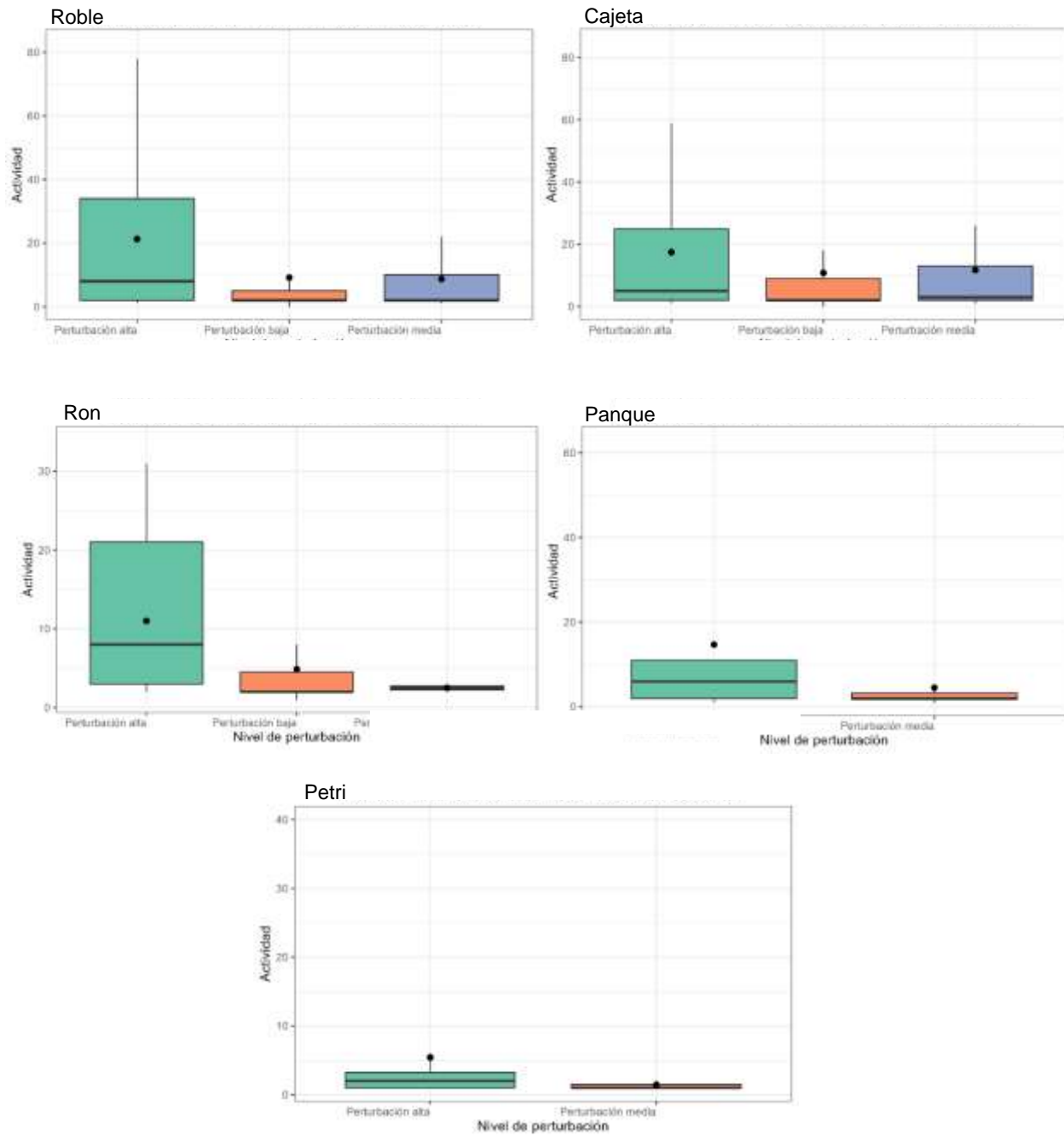
Figura 10: Mapa de los tipos de vegetación que componen el AH de los individuos "Petri" y "Panque".

#### 9.4.- Uso de habitat.

Con respecto a la actividad, las zonas que presentaron un nivel de perturbacion más alto, tambien fueron las zonas que mostraron un mayor nivel de actividad en comparación con las zonas de perturbacion media o baja. Para los individuos Roble, Cajeta y Ron, se encontraron diferencias significativas en la actividad entre al menos dos niveles de perturbación (Tabla 7). Para Panque y Petri, solo se realizaron pruebas entre dos niveles de perturbación, pero también se encontraron diferencias significativas (Tabla 7). Para Brisa, no se obtuvo suficiente información para realizar las pruebas. La Figura 11 muestra los distintos niveles de perturbación y su respectiva actividad.

**Tabla 7.** Resultado de las pruebas estadísticas sobre la actividad en los distintos niveles de perturbación, se marca con un asterisco los valores estadísticamente significativos.

<b>Individuo</b>	<b>Prueba alta-baja</b>	<b>Prueba alta-media</b>	<b>Prueba media-baja</b>
<b>Roble</b>	P = < 0.001*	P= < 0.001*	P= 1 (redondeado)
<b>Cajeta</b>	P = < 0.001*	P= 0.4368	P= 0.6760
<b>Ron</b>	P = 0.0277 *	P= 0.6836	P= 1 (redondeado)
<b>Brisa</b>	ND	ND	ND
<b>Panque</b>	ND	P= 0.0052 *	ND
<b>Petri</b>	ND	P= 0.0051 *	ND



**Figura 11:** Gráficos boxplot con los distintos niveles de perturbación y la respectiva actividad de los coyotes, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea media de la caja representa la mediana, y el punto representa la media.

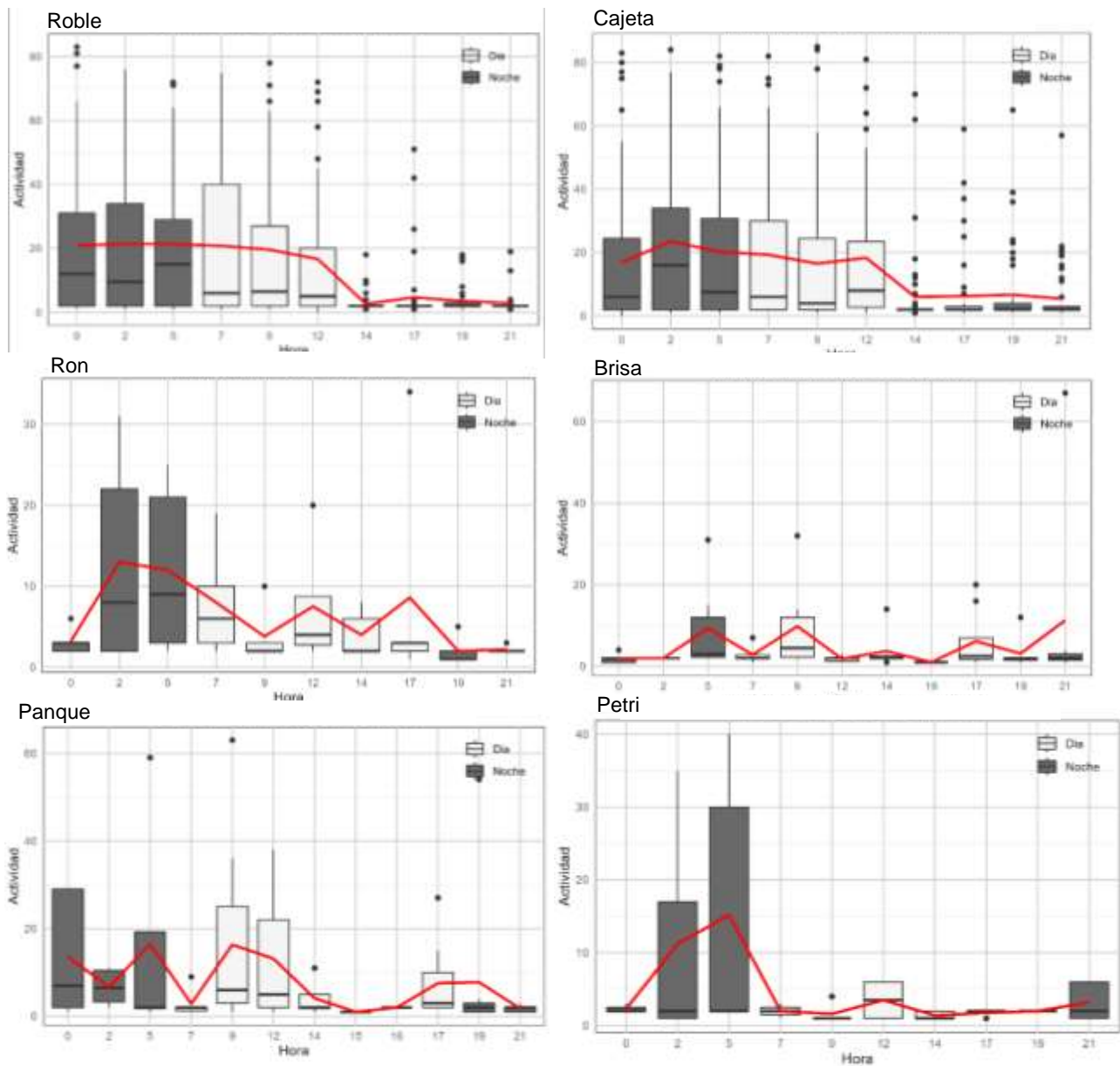
En la mayoría de los individuos, no se encontró una diferencia significativa entre la actividad del día y noche, siendo la única excepción Petri. (Tabla 8). En la figura 12 se presenta la actividad entre el día y la noche junto a la variación a través de las 24 horas para todos los coyotes.

**Tabla 8.** Resultados de las pruebas estadísticas comparando la actividad entre el día y la noche.

<b>Coyote</b>	<b>Horario</b>	<b>Prueba de Kruskal Wallis</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>
<b>Petri</b>	Día	P= 0.02634*	2	1	1
	Noche		7.41	2	2
<b>Panque</b>	Día	P= 0.3932	8.78	3	2
	Noche		9	2	1
<b>Brisa</b>	Día	P= 0.5873	4.79	2	2
	Noche		5.90	2	2
<b>Ron</b>	Día	P= 0.9133	6.33	3	2
	Noche		6.48	2	2
<b>Cajeta</b>	Día	P= 0.5147	13.20	3	2
	Noche		14.50	3	2
<b>Roble</b>	Día	P= 0.5734	12.80	2	2
	Noche		13.70	2	2

**Tabla. 9.** Pruebas estadísticas comparando la velocidad entre el día y la noche, se marca con un asterisco los valores estadísticamente significativos.

<b>Coyote</b>	<b>Horario.</b>	<b>Prueba de Kruskal-Wallis</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>
<b>Petri</b>	Dia	P = 0.02163*	0	0	0
	Noche		0.420	0	0
<b>Panque</b>	Dia	P = 0.7821	0.271	0	0
	Noche		0.154	0	0
<b>Brisa</b>	Dia	P = 0.4851	0.0544	0	0
	Noche		0.123	0	0
<b>Ron</b>	Dia	P = 0.3422	0.385	0	0
	Noche		0.148	0	0
<b>Cajeta</b>	Dia	P = 0.8884	0.550	0	0
	Noche		0.771	0	0
<b>Roble</b>	Dia	P = 0.6503	0.767	0	0
	Noche		0.664	0	0

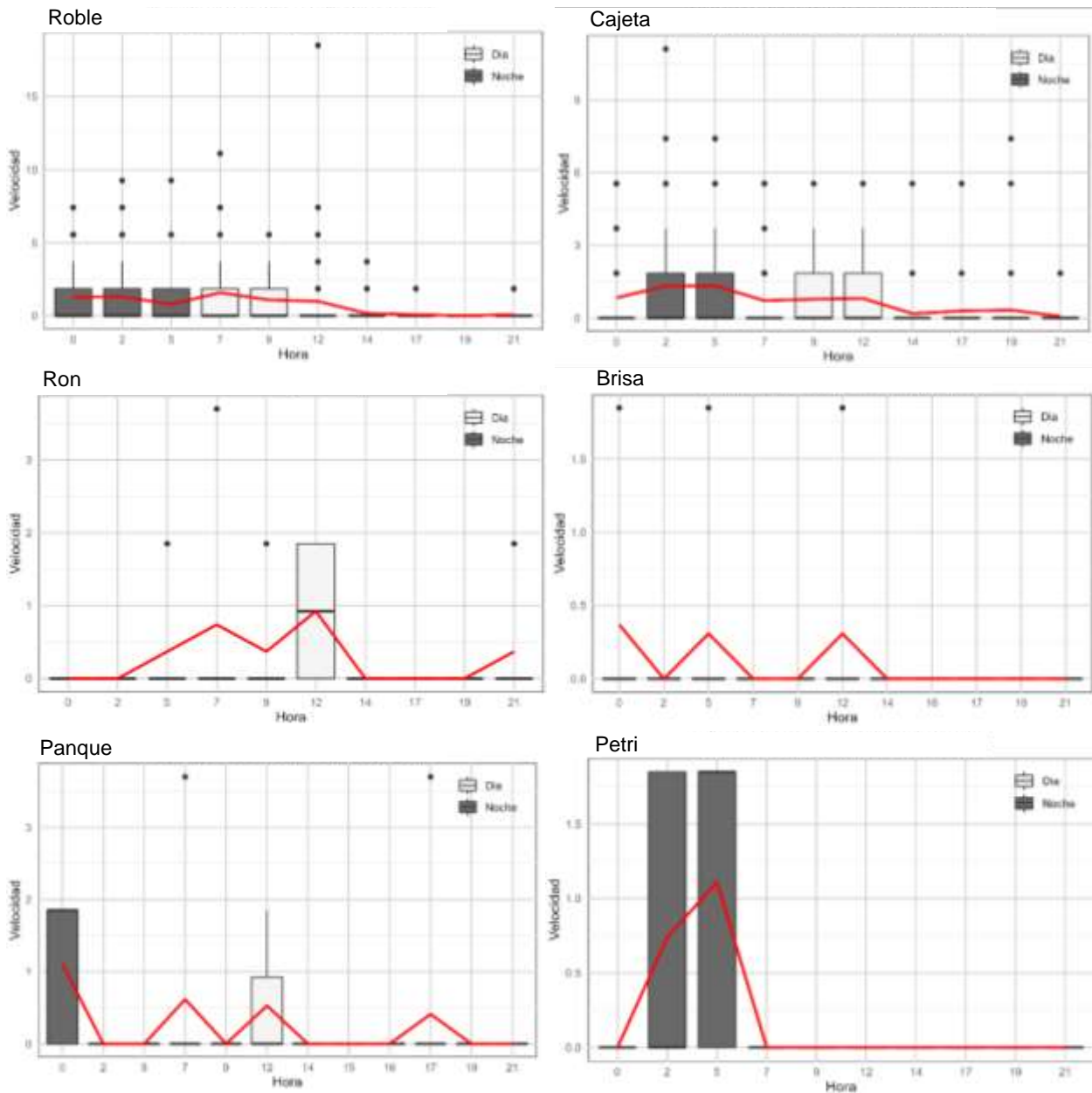


**Figura 12.** Gráficos boxplot de cada individuo comparando la actividad entre el día y la noche y la variación de esta variable a través de las horas, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea a la mitad de la caja representa la mediana, así como la línea roja representa la variación de la media a través de las horas y los puntos representan los valores atípicos.

El mismo caso sucede con la velocidad (Figura 13), pues no existe una diferencia significativa en esta variable entre el día y la noche para ningún individuo, con excepción de Petri (Tabla 9).

**Tabla. 9.** Pruebas estadísticas comparando la velocidad entre el día y la noche, se marca con un asterisco los valores estadísticamente significativos.

<b>Coyote</b>	<b>Horario.</b>	<b>Prueba de Kruskal-Wallis</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>
<b>Petri</b>	Dia	P = 0.02163*	0	0	0
	Noche		0.42	0	0
<b>Panque</b>	Dia	P = 0.7821	0.271	0	0
	Noche		0.154	0	0
<b>Brisa</b>	Dia	P = 0.4851	0.0544	0	0
	Noche		0.123	0	0
<b>Ron</b>	Dia	P = 0.3422	0.385	0	0
	Noche		0.148	0	0
<b>Cajeta</b>	Dia	P = 0.8884	0.55	0	0
	Noche		0.771	0	0
<b>Roble</b>	Dia	P = 0.6503	0.767	0	0
	Noche		0.664	0	0



**Figura 13.** Gráficos boxplot de cada individuo comparando la velocidad entre el día y la noche y la variación de esta variable a través de las horas, la parte inferior de la caja representa el primer cuartil, y la superior el tercer cuartil, la línea a la mitad de la caja representa la mediana, así como la línea roja representa la variación de la media a través de las horas, los puntos representan los valores atípicos.

Al analizar cómo influyen los elementos del paisaje en el uso de hábitat se encontró que las carreteras pavimentadas no representan un problema para la distribución de la mitad de los coyotes, siendo una variable que en general no influye directamente en el uso del espacio, al menos en el análisis general, mientras que la otra mitad de los individuos estudiados parecen evitar este tipo de infraestructuras. En la tabla 10 se presentan los valores del coeficiente de probabilidad de que los

coyotes utilicen un área, en este caso, un valor mayor a 0 indica que es más probable encontrar al coyote en las zonas lejanas a las carreteras, mientras que un valor de coeficiente menor a 0 indica que es más probable encontrar al coyote en las zonas cercanas a las carreteras.

**Tabla. 10.** Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de las carreteras, los valores estadísticamente significativos se marcan con un asterisco.

<b>Coyote</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Roble</b>	0.05213	0.548	No influye en la distribución
<b>Cajeta</b>	0.39126	0.001*	Mayor probabilidad de presencia, lejos de las carreteras
<b>Ron</b>	0.2059	0.395	No influye en la distribución
<b>Brisa</b>	-0.4450	0.1141	No influye en la distribución
<b>Panque</b>	0.9061	0.001*	Mayor probabilidad de presencia, lejos de las carreteras
<b>Petri</b>	2.9539	< 0.001**	Mayor probabilidad de presencia, lejos de las carreteras

Los resultados del análisis de día y noche sobre la influencia de las carreteras en la distribución de los coyotes fueron mixtos, pues, las carreteras no son una variable que afecte la distribución de la mitad de los coyotes, ni en el horario diurno ni en el nocturno, con valores de  $P > 0.05$ , con la excepción de Petri, quien evita las carreteras tanto de día como de noche, y los coyotes Roble y Cajeta quienes evitan las carreteras durante la noche (Tabla 11).

**Tabla. 11.** Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de las carreteras, durante el día y la noche, los valores significativos se marcan con un asterisco.

<b>Coyote</b>	<b>Horario</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Roble</b>	Día	0.4225	0.00504*	Evita
<b>Roble</b>	Noche	0.5731	0.250	No influye
<b>Cajeta</b>	Día	0.2370	0.305	No influye
<b>Cajeta</b>	Noche	0.5713	0.005*	Evita
<b>Ron</b>	Día	0.6383	0.195	No influye
<b>Ron</b>	Noche	0.4817	0.202	No influye
<b>Brisa</b>	Día	-0.7303	0.176	No influye
<b>Brisa</b>	Noche	-0.5567	0.283	No influye
<b>Panque</b>	Día	0.5573	0.155	No influye
<b>Panque</b>	Noche	0.5775	0.151	No influye
<b>Petri</b>	Día	6.594	0.001*	Evita
<b>Petri</b>	Noche	4.2504	0.0005*	Evita

Para el caso de los cuerpos de agua, los resultados también fueron mixtos, en la comunidad de La Caridad Cuaxonacayo, los dos individuos parecen evitar las zonas cercanas a los cuerpos de agua, lo mismo sucede con el individuo de Nanacamilpa. Por su parte, en el Parque Nacional La Malinche dos individuos se ven atraídos por los cuerpos de agua, mientras que Panque, parece no estar influida por la presencia de éstos (Tabla 12).

**Tabla. 12.** Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de los cuerpos de agua, los valores estadísticamente significativos se marcan con un asterisco.

<b>Nombre</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Roble</b>	1.4820	< 0.001**	Mayor probabilidad de presencia, lejos de los cuerpos de agua
<b>Cajeta</b>	1.5093	< 0.001*	Mayor probabilidad de presencia, lejos de los cuerpos de agua
<b>Ron</b>	1.6302	< 0.001*	Mayor probabilidad de presencia, lejos de los cuerpos de agua
<b>Brisa</b>	-0.9305	< 0.001*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los cuerpos de agua
<b>Panque</b>	0.0817	0.536	No influye en la distribución.
<b>Petri</b>	-0.4312	0.04994*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los cuerpos de agua

Por último, los únicos coyotes que tenían un AH cercano a zonas rurales con presencia de un poblado fueron Roble y Cajeta, la presencia de la comunidad de La Caridad Cuaxonacayo influyó en el movimiento de los individuos, pues los datos mostraron que tienen una mayor probabilidad de presencia en zonas cercanas a este Pueblo. Por su parte, el Coyote Ron parece evitar todos los asentamientos cercanos. Para Brisa y Petri la probabilidad de su presencia aumenta entre más cerca se encuentran de ciertos asentamientos pequeños ubicados en las zonas interiores del Parque Nacional La Malinche, mayormente ranchos, y, por último, la Coyote Panque, parece no verse afectada por la presencia de asentamientos (Tabla 13).

**Tabla. 13.** Resultados de las pruebas estadísticas para conocer la probabilidad de presencia de los coyotes a partir de los asentamientos, los valores estadísticamente significativos se marcan con un asterisco.

<b>Nombre del Coyote</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor p</b>	<b>Resultado</b>
<b>Roble</b>	-0.12421	0.0482*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los asentamientos.
<b>Cajeta</b>	-0.28459	< 0.001*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los asentamientos.
<b>Ron</b>	1.3890	< 0.001*	Menor probabilidad de presencia, cerca de los asentamientos.
<b>Brisa</b>	-0.7361	0.0041*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los asentamientos.
<b>Panque</b>	0.0631	0.624	No influye en la distribución.
<b>Petri</b>	-1.0883	< 0.001*	Mayor probabilidad de presencia, cerca de los asentamientos.

## 10. Discusión

El objetivo general del estudio fue analizar la ecología espacial de *Canis latrans* en una zona perturbada del centro de México, específicamente entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Para determinar si la perturbación influye en el tamaño del ámbito hogareño de los coyotes, así como en su distribución y capacidad de moverse a través del paisaje.

Los distintos métodos para la estimación del ámbito dieron lugar a formas y extensiones variadas para cada individuo estudiado, el método que se eligió para los análisis fue el Puente Bivariado Gaussiano, pues a pesar de que el polígono mínimo convexo y el método de Kernel han sido utilizados ampliamente en la literatura (Ghert *et al*, 2009; Arroyo, 2019; Atwood *et al*, 2004; Marín-Sánchez *et al*, 2015), el PBG se caracteriza por considerar al movimiento como una variable de análisis, ayudando a dilucidar de una forma más fidedigna el uso de espacio del animal, así como determinar qué zonas tienen una mayor intensidad de uso y una mayor probabilidad de presencia (Kranstauber *et al*, 2014).

Los coyotes de la comunidad de la Caridad Cuaxonacayo (Roble y Cajeta) fueron los que presentaron un AH de mayor tamaño en comparación con los del Parque Nacional La Malinche y Nanacamilpa. Esto se puede deber a la cantidad de información disponible durante el muestreo, debido a que los coyotes de la Caridad enviaron información durante mes y medio, mientras que el resto de los individuos enviaron entre 6 a 10 días. Otra posible razón sería la escasez de recursos de la zona, haciendo necesario recorrer distancias más largas con el fin de cubrir las necesidades básicas, siendo estos, los únicos individuos que no se encontraban dentro o cerca de un área natural protegida y aquellos que presentan una mayor diversidad de tipos de uso de suelo y vegetación dentro de sus AH. Los coyotes que se estudiaron cerca o dentro de un ANP (Parque Nacional Iztac-Popo y La Malinche) tuvieron un AH de menor tamaño, por lo que es probable que encuentren recursos en un área más pequeña o que la densidad poblacional de coyotes sea mayor y por lo tanto, la competencia por los territorios sea mayor, características cruciales que definen el AH de cualquier organismo (Giuggioli y Kenkre, 2014). Por otro lado, los coyotes machos tuvieron en promedio un AH mayor que las hembras, siguiendo la tendencia general de la especie (Laundre y Hernández, 2014).

Las investigaciones de Atwood *et al*, (2004) y Ghert *et al*, (2009) señalan que la presencia de zonas con un alto grado de perturbación o de cobertura antrópica, afectan negativamente el tamaño del AH, siendo los individuos con un AH menor los que tienen un mayor porcentaje de

áreas perturbadas en comparación con AH compuestos en su mayoría por zonas poco perturbadas, mientras que Rhiley *et al*, (2003) determinaron que entre mayor es el área de zonas perturbadas, mayor es el tamaño del AH. En el caso los coyotes estudiados, no existe una relación lineal entre el porcentaje de áreas perturbadas y el tamaño del AH, lo cual contrasta con lo reportado en las investigaciones previas. La razón de tal discrepancia puede ser la misma que describen Poessel *et al*, (2016), quienes no encontraron una relación directa entre estas variables, y concluyeron que los coyotes habían tenido una buena adaptación al entorno, siendo capaces de satisfacer sus necesidades en cualquier nivel de perturbación. De este modo, la presencia de zonas de alta perturbación no determina el tamaño del AH, por lo que la hipótesis nula y alternativa de la primera hipótesis son rechazadas, así como su respectiva predicción.

El tamaño del AH está determinado por una gran cantidad de variables, tanto biológicas como ambientales, entre las que destacan la presencia de depredadores, la densidad poblacional y la disponibilidad de recursos (Powell y Mitchell, 2012). Si bien, no se puede descartar que la presencia de zonas antropogénicas influya en el tamaño del ámbito hogareño, se debe tener en cuenta la gran cantidad de variables que influyen, por lo que, es probable que los coyotes de esta región se hayan adaptado y aprovechen todas las zonas disponibles, incluyendo aquellas con perturbación antropogénica alta, lo cual no sería extraño dada la gran capacidad de adaptación de la especie (Laundre y Hernández, 2014) y su historial de expansión a casi cualquier ambiente (Lloyd, 2019).

En cuanto a la segunda hipótesis y su respectiva predicción, se encontró que, si bien, esta especie es capaz de habitar zonas de alta perturbación, estas no son las que prefieren, pues los individuos estudiados mostraron preferencia por las zonas de perturbación baja y media, siendo un único individuo el que prefirió las zonas con alta perturbación (Tabla 5). Estudios previos indican que para coyotes que habitan en zonas con distintos gradientes de perturbación, tanto la composición del AH, como sus áreas preferidas varían de individuo a individuo, encontrándose desde coyotes con un AH enteramente compuesto de zonas altamente perturbadas (Gehrt *et al*, 2009) hasta coyotes con un AH compuesto en su totalidad de zonas con baja perturbación (Riley *et al*, 2003).

Continuando con la preferencia de hábitat, se sabe que los coyotes suelen utilizar zonas con cobertura vegetal poco perturbada, como zonas de descanso, mientras que utilizan zonas altamente perturbadas como áreas de paso o de alimentación (Ward *et al*, 2018). Los coyotes de la comunidad

“La Caridad Cuaxonacayo” mostraron preferencia por zonas de perturbación baja, como los bosques de encino, habiendo una mayor probabilidad de presencia o mayor intensidad de uso en estas zonas, seguido de vegetación secundaria de bosque de *Juniperus* y en menor medida, zonas agrícolas.

Una situación similar sucede con Ron, el coyote del municipio de Nanacamilpa, quien tiene un 67% de probabilidad de presencia en zonas de bosque de pino, seguido de las zonas agrícolas. Los coyotes Brisa y Petri del Parque Nacional La Malinche, muestran resultados similares, teniendo preferencia por zonas de vegetación secundaria, que, si bien presentan un nivel de perturbación, no son zonas que reciban un uso humano equiparable a zonas de perturbación alta, seguido de zonas agrícolas y pastizales inducidos. Por último, Panque es el único coyote que tiene preferencia por las zonas de alta perturbación, siendo las zonas de pastizal inducido aquellas donde existe mayor probabilidad de encontrarla (Tabla 6). Al igual que en las otras investigaciones, los coyotes tienen mayor probabilidad de presencia en zonas de baja perturbación, esto es más marcado en los coyotes de la Comunidad de La Caridad Cuaxonacayo, los únicos que no se encuentran cerca de un ANP. Por lo tanto, a pesar de que los individuos de esta especie son de fácil adaptación, las zonas de vegetación densa o poco perturbada siguen siendo parte esencial del hábitat y de la distribución en general de la mayoría de los individuos.

En cuanto a Panque (Figura 7, Figura 10), existe la posibilidad de que haya elegido zonas perturbadas por la densidad poblacional de coyotes en el área, viéndose obligada a utilizar estas zonas por encima de la cobertura vegetal poco perturbada, a causa de la competencia por espacio con los demás individuos, pues, los coyotes y particularmente las hembras son muy territoriales (Way *et al*, 2002). Sin embargo, los AH de las hembras de La Malinche se sobreponían (Anexo VI), por lo que se podría decir que en este caso no se presenta tal territorialidad. Por otra parte, también hay que tener en cuenta que todas las hembras capturadas eran juveniles de un año o menos, por lo que es probable que aún no hayan establecido un AH definitivo, o bien estén emparentadas y eviten la competencia entre ellas. La zona donde Panque muestra una mayor probabilidad de presencia es un pastizal rodeado de vegetación secundaria (Figura 10), siendo la excepción a una zona con una vegetación relativamente bien conservada, probablemente generada por los cultivos abandonados o tala ilegal, lo que podría indicar que la preferencia por esta zona se debe a su comportamiento de depredador cursorial, en la que ambientes abiertos, de poca cobertura vegetal, podrían representar buenas zonas para la cacería (Laundre y Hernández, 2014).

Por lo que podemos concluir que las predicciones de la segunda hipótesis son acertadas, y que en general, los coyotes prefieren habitar zonas que tienen una perturbación media y baja, y que las zonas de alta perturbación, a pesar de existir dentro de sus AH, representan zonas menores.

En cuanto a la tercera hipótesis, la forma en que los coyotes usan los distintos niveles de perturbación, los resultados de la actividad encontrados son similares a los de otros estudios (Gehrt y Quirin, 2010; Quinn, 1997), las zonas con perturbación alta resultaron tener una mayor actividad que las zonas con perturbación baja, para la mayoría de los individuos a excepción de Brisa, quien no tenía suficientes puntos de presencia en otro tipo de cobertura más que en media, imposibilitando el análisis. No obstante, en la comparación entre perturbación media y alta, Roble, Panque y Petri presentaron diferencias significativas, a diferencia de Cajeta y Ron (Tabla 7).

En cuanto a las zonas de alta perturbación, éstas empataron con los niveles de perturbación media en los individuos Cajeta y Ron, por lo que el uso que se le da a las zonas de alta perturbación puede ser de paso, es decir, utilizada solo para llegar hacia otro parche de vegetación, o bien, para alimentación. En el primer caso, al no existir un continuo de vegetación, los coyotes pasarían muy deprisa por estas zonas al verse en la necesidad de llegar a otro parche de baja o media perturbación como reportaron Gehrt *et al*, (2009). Mientras que, en el segundo caso, los coyotes no solo se verían atraídos a las zonas agrícolas, sino a todas las potenciales presas que usan estas zonas como lagomorfos, roedores, insectos, entre otros (Ward *et al*, 2018), e incluso los pastizales inducidos representan áreas idóneas para cazar (Bekoff, 1978).

Para el caso de los coyotes Ron y Cajeta, cuya actividad no varió entre la perturbación media y alta, se podría inferir que usan ambos niveles de perturbación para realizar actividades anteriormente descritas como lo son la caza o zonas de paso, siendo áreas que usualmente se encuentran en medio de las zonas de alta y baja perturbación, tal como describen en Way *et al*, (2002), donde los coyotes utilizaron en mayor medida zonas con cobertura vegetal para poder moverse, por encima de las zonas perturbadas.

Estos resultados nos permiten suponer que, como se argumentó anteriormente y considerando estudios previos (Gehrt *et al*, 2009; Ward *et al*, 2018; Way *et al*, 2002), las zonas de perturbación baja son donde los coyotes pasan mayor tiempo descansando, siendo las zonas donde la mayoría establecerían sus madrigueras y se sentirían más cómodos de recorrer en general, mientras que zonas con una mayor perturbación, como cultivos y pastizales inducidos, serían zonas que los coyotes utilizan para alimentarse, y, en consecuencia, es en donde están más alertas y

activos (Tabla 7), cumpliendo las predicciones de la tercera hipótesis.

A diferencia de lo que encontraron en otros estudios (Bekoff, 1978; Laundré y Hernández, 2014, Morales *et. al.* 2019 ), en esta investigación no se encontró una diferencia significativa entre los niveles de actividad por parte de los Coyotes entre el día y la noche, más bien, se encuentran activos en un horario catemeral (Figura 12), empezando aproximadamente a las 0 horas y teniendo sus picos de actividad de las 2 a las 8 horas, manteniendo niveles relativamente altos durante las siguientes horas, empezando a decrecer en cuanto avanza la mañana y llegando a sus puntos más bajos alrededor del mediodía, para posteriormente mostrar niveles bajos o nulos de actividad, esto para todos a excepción de Petri, quien presentó picos de actividad entre las 2 y 5 de la mañana, siendo el único individuo nocturno (Figura 12).

Para corroborar el resultado anterior, se realizó la misma prueba estadística pero ahora tomando en cuenta la velocidad, variable que en algunas investigaciones es tomada como representativa de la actividad (Atwood *et al.*, 2004; Grinder y Krausman, 2001). Los resultados fueron idénticos a la anterior, sin encontrar diferencia entre día y noche, más que para Petri, quien nuevamente presentó picos de velocidad entre las 2 y 5 de la mañana (Figura 13). En este sentido, los coyotes tienen sus picos de actividad durante las primeras horas de la mañana, la diferencia con otros registros (Bekoff, 1978; Laundré y Hernández, 2014, Morales *et al.*, 2019) radica en las horas posteriores al amanecer, donde estos siguen activos, teniendo en su mayoría un horario catemeral, en lugar de uno crepuscular.

El horario que un coyote elige para estar activo puede estar influenciado por varios factores, entre ellos, el estrés fisiológico, la presencia de depredadores, la búsqueda de presas y las condiciones ambientales (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2009). Otra posibilidad es la habituación, es decir, la pérdida de miedo o precaución al ingresar a zonas de alta perturbación y, por lo tanto, la presencia de humanos, como lo registrado en los suburbios de Estados Unidos, donde los coyotes depredan mascotas, roban basura y en casos extraños, atacan a personas (en su mayoría infantes) a plena luz del día (Gehrt y Quirin, 2010). Sin embargo, y tomando en cuenta resultados consecuentes, algunos de los individuos tienen tendencia a evitar zonas con presencia humana, por lo que no podríamos asegurar que la elección de horario se deba a una habituación a la presencia humana.

En la investigación de Hidalgo-Mihart *et al.*, (2009), se obtuvo un resultado similar al de esta investigación, pues los coyotes tienen su pico de actividad durante la mañana y no se encontró

diferencia entre el día y la noche, ellos atribuyeron su resultado a las condiciones del entorno, la presencia de actividad humana y la disponibilidad de su principal presa a todas horas del día. Por lo cual es probable que los coyotes de esta región se comporten de la misma manera, posiblemente su alimento (lagomorfos, aves, roedores, artrópodos, etc.) esté disponibles durante horarios determinados, utilizando ambos horarios para cazar animales que solo tengan presencia durante un periodo en particular, como lagomorfos que están activos en el periodo nocturno y las aves durante el periodo diurno. En cuanto a actividad humana se refiere, esta es constante desde las 6 de la mañana, sin embargo, en todos los casos, los coyotes no se ven restringidos a zonas de alta actividad humana, por lo que bien pudieron estar activos en zonas lejanas a éstas. En general, los coyotes utilizan el día y la noche de manera uniforme para sus actividades, probablemente por la diversidad de presas que se pueden presentar en ambos horarios y la presencia humana durante las primeras horas del día no es un impedimento para continuar sus actividades, pues estos también tienen zonas de cobertura vegetal densa o de perturbación baja dentro de sus AH.

Las carreteras son un factor limitante del uso del espacio de muchas especies terrestres, incluyendo cánidos como los coyotes y los zorros (Mueller *et al.* 2018), imposibilitando en muchos casos el flujo genético, aumentando la probabilidad de ser atropellados e incluso de ser cazados (Schreier y Coen, 2017). En particular, los coyotes transitorios serían más propensos a pasar a través de las carreteras por su tendencia a recorrer grandes distancias (Ghert *et al.*, 2009). En este estudio las carreteras resultaron tener distintos efectos en la distribución de los coyotes, más de la mitad de los individuos fueron afectados de forma negativa por su presencia (Cajeta, Panque, Petri, Roble, Ron), mientras que el único individuo que parece no verse afectado por estas es Brisa. Para el primer caso, este es un comportamiento ampliamente conocido en la especie (Poessel *et al.*, 2016; Atwood *et al.*, 2004), el caso más evidente fue el coyote Ron, quien, a pesar de que las pruebas estadísticas afirman que no se ve afectado directamente por estos elementos del paisaje (Tabla 11), no presenta ninguna carretera pavimentada en toda su distribución, mientras que los coyotes Cajeta, Panque, Petri y Roble parecen evitar acercarse a estas, ya sea en un horario determinado o de manera general, teniendo todos ellos carreteras dentro de sus AH.

En el caso de Brisa, aparentemente no fue afectada por la presencia de carreteras; en este caso, cabe señalar que las carreteras presentes en las distribuciones de todos los individuos son de dos carriles (INEGI, 2020). De este modo, estas carreteras no presentan una carga de tráfico tan alta como las autopistas, de tres o cuatro carriles con barrera intermedia, por lo que estas tal vez

no representen un reto tan grande y es probable que este individuo haya aprendido a atravesar las carreteras, como lo reportan Way *et al.* (2002). Por lo que, si observamos la información brindada tanto por el análisis general como por el de horarios, podríamos concluir que las carreteras representan una barrera importante en el movimiento de los coyotes, siendo que la mayoría de los coyotes se ven afectados por la presencia de este elemento, si no de forma general, si en uno de sus horarios, a excepción de Brisa, quien parece ser la única que puede moverse sin verse limitada por su presencia.

Los coyotes han demostrado poder sobrevivir en zonas donde la presencia de agua es escasa o inexistente, e incluso se ha demostrado que la ausencia del líquido no es determinante en el uso de espacio de la especie, pues la mayoría de los coyotes logran hidratarse con los líquidos presentes en sus presas (Laundre y Hernández, 2014). Sin embargo, también se ha mostrado la preferencia de estos cánidos por los cuerpos de agua. En la investigación de Ghert *et al.* (2009) se determinó que los cuerpos de agua ofrecen potenciales presas como anfibios, aves, peces e incluso insectos, aparte de brindar zonas de cobertura vegetal donde los coyotes pueden descansar y por supuesto, obtener el líquido, mientras que Poessel *et al.* (2016) encontraron que los coyotes tenían preferencia por zonas riparias y pantanosas.

Similar a los resultados obtenidos con las carreteras, los resultados de este estudio sobre la influencia de los cuerpos de agua en la distribución de los individuos resultaron ser mixtos, puesto que los coyotes Roble y Cajeta de la Caridad Cuaxonacayo y Ron de Nanacamilpa parecen evitar zonas cercanas a los cuerpos de agua, mientras que Brisa y Petri del Parque Nacional La Malinche se ven atraídas a zonas cercanas a los mismos, por último, Panque no parece verse influenciada por su presencia. En el caso de los coyotes Roble y Cajeta, quienes parecen evitar zonas cercanas a los cuerpos de agua, podría deberse a que en estas zonas la presencia de personas es constante. En esta región en particular, los cuerpos de agua más frecuentes dentro de los AH de ambos coyotes son los llamados jagüeyes, cuerpos de agua artificiales que son construidos y utilizados para el riego y el ganado, por lo que es común la presencia de pastores, agricultores y perros que los acompañan, por ello es probable que el constante movimiento de personas y animales domésticos sea la razón de que la pareja de coyotes los evite. Por su parte, el AH de Ron no presentó ningún cuerpo de agua, el único visible y cercano a su AH es un jagüey a unos 100 metros de distancia, pero no hay ninguna evidencia de uso y la mayoría de los puntos de presencia, así como la zona más densa de su utilización de distribución se encuentra a más de 1 km, habiendo mayor

probabilidad de que se hidrate mediante el consumo de sus presas o en cuerpos de agua pequeños que no son visibles en la imagen satelital.

En el caso de Brisa y Petri de La Malinche, parece que dentro de su AH no hay cuerpos de agua, pues, el más cercano se encuentra a 1 km aproximadamente y no hay evidencia de uso, por lo que es probable se trate de una correlación, mas no de causalidad, siendo que, aunque hay una mayor probabilidad de encontrarlos en dirección a los cuerpos de agua, en comparación a las demás zonas de su AH, no necesariamente son atraídos, pues no hay evidencia de la presencia de ninguno de los dos individuos en una zona relativamente cercana al cuerpo de agua. Por último, el único coyote que parece no verse afectado por la presencia de cuerpos de agua es Panque, que al igual que sus compañeras no tiene ningún cuerpo de agua dentro de su AH, por lo que podría obtener el vital líquido a partir del consumo de sus presas o de cuerpos de agua no visibles en imágenes satelitales. En resumen, no hay evidencia de que los cuerpos de agua representen un elemento del paisaje importante dentro del AH de los coyotes, probablemente por su relación con la presencia humana.

Los asentamientos humanos al igual que la mayoría de los elementos del paisaje estudiados en esta investigación, tienen distintos efectos sobre la distribución de los coyotes, estos pueden llegar a ser una barrera importante en el movimiento de estos animales, siendo un impedimento para la conectividad (Laundre y Hernández, 2014). Sin embargo, las poblaciones de coyotes que se han desarrollado en cercanía a zonas con alta presencia humana han logrado coexistir e incluso aprovechar los recursos que las zonas antropizadas pueden ofrecer (Way *et al*, 2002). Se han registrado coyotes que aprendieron a vivir cerca de áreas antropizadas teniendo zonas de descanso a tan solo 50 metros de distancia de los asentamientos humanos. Incluso se han registrado coyotes viviendo dentro de áreas urbanas pobladas, cuyos AH estaban compuestos en su totalidad por zonas de perturbación alta y dentro de zonas con una constante presencia humana, como lotes baldíos (Ghert *et al*, 2009).

Los coyotes de la comunidad de La Caridad Cuaxonacayo fueron los únicos que presentaron un poblado dentro de su AH, la cual parece atraer a ambos coyotes a una zona cercana al poblado, mas no al poblado en sí, ya que una de las zonas con mayor probabilidad de presencia dentro de la UD de estos individuos, se trata de un bosque y una zona de cultivo a las afueras del poblado. Sin embargo, los puntos de presencia se limitan al lado Oeste de la comunidad, y esta apenas es parte del AH, por lo que también es probable que, a pesar de que utilizan zonas cercanas al poblado, este

representa una barrera para la distribución de los individuos, impidiendo su paso hacia el lado Este. El coyote Ron, tiene una menor probabilidad de presencia cerca de los asentamientos, siendo los más cercanos a este, pequeños ranchos y una caseta de vigilancia perteneciente al Santuario de las luciérnagas Piedra Canteada, por lo que parece evitar zonas con presencia humana como el pueblo cercano de San Felipe Hidalgo.

En el caso particular de las del Parque Nacional La Malinche, Brisa, presenta una correlación, pero no causalidad, puesto a que la mayoría de sus puntos de presencia, así como la zona más densa de su UD se encuentran más cercanos que lejanos a los asentamientos, un rancho que se encuentra a 800 metros del punto de presencia más cercano, por lo que sería incorrecto afirmar que se ve atraída, puesto que no hay evidencia de interacción. Caso contrario de Petri, quien se ve atraída hacia un rancho llamado “Loma de Hueyhueyitecox” (INEGI, 2020), la cual es una zona con una alta probabilidad de presencia en la UD y a su vez presenta una gran cantidad de puntos de presencia a menos de 50 metros del asentamiento, que también presenta zonas de cultivo activas, siendo probable que este coyote haya encontrado valiosos recursos en el área. Por último, Panque, no parece ser influenciado por la presencia de los asentamientos, a pesar de ser el único coyote con un AH compuesto en mayor parte por zonas de alta perturbación, dentro de su AH, se encuentra la Caseta Forestal No. 2 del Parque Nacional, que cuenta con personal 24/7 los 365 días del año y donde además hay perros, y “Coacocoxtla”, un rancho cercano a la misma caseta (INEGI, 2020).

En síntesis, los coyotes del centro de México son capaces de utilizar zonas perturbadas con presencia humana continua, mientras que otros prefieren mantenerse al margen de las mismas, siendo zonas evitadas en su mayoría, pues de los coyotes en esta investigación, solo utilizaron zonas circundantes a los pueblos o en su caso, ranchos con poca presencia humana, pues los pueblos rurales como La Caridad Cuaxonacayo y San Felipe Hidalgo con 365 y 1,861 habitantes, respectivamente (INEGI, 2020), representan una barrera para el movimiento de los coyotes.

## 11. Conclusiones.

La mayoría de los coyotes prefieren las zonas de poca o nula perturbación dentro de sus ámbitos hogareños, como son bosques de pino u oyamel. Por lo que se puede concluir que, a pesar de que los coyotes utilizan zonas con un alto nivel de perturbación, las zonas mejor conservadas y con poca perturbación siguen siendo importantes en la conformación de su ámbito hogareño. Siendo zonas que presentan bajos niveles de actividad, es probable que las usen para descansar o transitar a menor velocidad, mientras que las zonas con un alta perturbación mostraron los niveles más altos de actividad, denotando que los coyotes las utilizan para actividades como la caza o el forrajeo, o bien, se ven obligados a pasar a altas velocidades por la amenazas que puedan representar para ellos (e.g. humanos, animales domésticos como perros).

Los coyotes de esta región son catemerales, pues sus picos de actividad se presentan entre las primeras horas del día y se mantienen relativamente constantes hasta disminuir al mediodía, probablemente para poder aprovechar presas exclusivas de un horario determinado.

En cuanto a las carreteras, estas representan una barrera para el movimiento de la mayoría de los coyotes, mientras que Ron no tiene ninguna carretera dentro o cerca de su distribución, solo Brisa no se ve afectada por su presencia. Por otra parte, los cuerpos de agua no fueron un elemento que atrajera a los coyotes, siendo probable que se hidraten mediante el consumo de líquidos obtenidos de sus presas o en cuerpos de agua pequeños que no pudieron identificarse remotamente.

Por último, los pueblos rurales con una población activa como San Felipe Hidalgo y La Caridad Cuaxonacayo, representaron una barrera para el movimiento de los individuos, o un área a la cual el coyote simplemente no se acerca, para el caso de los asentamientos pequeños como los ranchos, un coyote se vio atraído hacia ellos, probablemente por los recursos alimenticios que pueda brindar, así como los coyotes de La Caridad Cuaxonacayo se vieron atraídos a los cultivos cercanos al Pueblo, mas no al Pueblo en sí, por lo que si bien, los coyotes pueden utilizar zonas relacionadas a actividades humanas, los poblados más grandes representan una barrera para el movimiento de los coyotes en el área de estudio.

A pesar de que los coyotes son animales inteligentes cuyo éxito radica en su capacidad de adaptarse al entorno que se le presente, estos aun requieren de zonas con vegetación densa, y estas zonas son de hecho, donde pasan la mayor parte del tiempo y que utilizan en mayor medida, evitando el contacto o acercamiento a los humanos, por lo que, a diferencia de otras investigaciones, estos coyotes necesitan de zonas de baja perturbación para subsistir.

## 12. Perspectivas

Esta investigación nos permite conocer la ecología espacial del depredador más abundante y versátil de Norteamérica, siendo un antecedente para aquellos que quieran conocer el comportamiento y en particular los patrones de uso de hábitat y las preferencias de esta hábil especie en el centro de México.

Proyectos de manejo de esta especie deben tomar en cuenta la variabilidad que presentan entre individuos, y como el comportamiento cambia incluso entre zonas relativamente cercanas como Nanacamilpa y La Caridad Cuaxonacayo, así como tomar en cuenta que los coyotes en si se ven atraídos a las zonas donde es fácil obtener recursos generados por humanos, mas no a poblados rurales con una alta presencia y actividad humana.

Investigaciones posteriores deberían analizar las preferencias y patrones de actividad de esta especie a lo largo de las distintas temporadas del año, puesto a que la información brindada en esta investigación es exclusiva de la estación de otoño del 2022, desconociendo como es el resto del año, así como investigar el comportamiento de los coyotes transitorios en la zona, pues estudiar individuos con movimientos a escala mayor nos puede ayudar a entender cómo elementos del paisaje más invasivos y de mayor extensión como las autopistas y las zonas más urbanizadas como las ciudades influyen en el uso de espacio.

### 13.- Referencias:

- Atwood, T., Weeks, H., y Gehring, T. (2004). Spatial ecology of coyotes along a suburban to rural gradient. *Journal of Wildlife Management*, 1000–1009.
- Balengkhol, J., y Signer, N. (2015). Reproducible Home Ranges: A New, User-Friendly R Package for Analyses of Wildlife Telemetry Data. *Wildlife Society Bulletin*, 358–363.
- Bekoff, M. (1978). *Coyotes, Biology, behavior and management*. Boulder, Colorado. Academic Press inc.
- Berg, W. E., y Chesness, R. (1978). Ecology of coyotes in northern minnesota. En M. Bekoff, *Coyotes, Biology, Behavior and Management*. (págs. 229-246). Boulder, Colorado.: Academic Press Inc.
- Calenge, C. (2006). The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197(3-4), 516-519.
- CAMe. (18 de Octubre de 2022). La megalópolis de la ZMVM. Obtenido de Comisión Ambiental de la Megalópolis: <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/la-megalopolis-de-la-zmvm?idiom=es>
- Ceballos, G. (2014). *Mammals of Mexico*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Collinge, S. K. (10 de Octubre de 2010). The Nature Education. Obtenido de Spatial Ecology and Conservation: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/spatial-ecology-and-conservation-13900969/>
- CONAFOR. (19 de Octubre de 2022). Tasa de deforestación bruta en el centro de México. Obtenido de IDEFOR: [https://idefor.cnf.gob.mx/uploaded/documents/INFOPOSTER\\_DEFFORESTACION\\_REGIONCENTRO\\_2022.pdf](https://idefor.cnf.gob.mx/uploaded/documents/INFOPOSTER_DEFFORESTACION_REGIONCENTRO_2022.pdf)
- Demšar. (2015). Analysis and visualization of movement: an interdisciplinary review. *Movement Ecology*, 1-5.
- Dunn, J. E., y Gipson, P. (1977). Analysis of Radio Telemetry Data in Studies of Home Range. *Biometrics*, 85-101.
- Fernando M. Contreras-Moreno, D. E.-P.-C.-M. (2020). Registro del coyote (Carnivora: Canidae) en la Reserva la Biosfera de Calakmul, México. *UNED Research Journal*, 1-6.
- Fieberg, J. (2014). Kernel density estimators of home range: smoothing and the autocorrelation red herring. *Ecological Society of America*, 059-1066.

- Fletcher, R., y Fortin., M.-J. (2018). *Spatial Ecology and Conservation Modeling, Applications with R*. Cham, Suiza: Springer.
- Gehrt, S. D. (2010). Coyotes urbanos: conflicto y manejo. *Universidad Estatal de Ohio*, 1-8.
- Gehrt., S., Ancor, C., y White, L. (2009). Home range and landscape use of coyotes in a metropolitan landscape, conflict, or coexistence? *Journal of Mammalogy*, 1045–1057.
- Giuggioli, L., y V M, K. (2014). Consequences of animal interactions on their dynamics: emergence of home ranges and territoriality. *Movement Ecology*, 1.
- Grime, J.-. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, 1169 – 1194.
- Grinder, M. I., y Krausman, P. (2001). Home Range, Habitat Use, and Nocturnal Activity of Coyotes in an Urban Environment. *The Journal of Wildlife Management*, 887-898.
- Hayne, D. W. (1949). Calculation of Size of Home Range. *Journal of Mammalogy*, 1-18.
- Hidalgo-Mihart, M. G.-S.-P.-G. (2009). Daily activity patterns of coyotes (*Canis latrans*) in a tropical deciduous forest of western Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 77-82.
- Hijmans, R. J. (2023). *Raster: Geographic Data Analysis and Modeling (Version 3.6-20)*.
- Hinton, J. W., van Manen, F., y Chamberlain, M. (2015). Space Use and Habitat Selection by Resident and Transient Coyotes (*Canis latrans*). *PLOS One*, 1-17.
- Hody, J. W., y Kays, R. (2018). Mapping the expansion of coyotes (*Canis latrans*). *ZooKeys*, 81-97.
- INEGI. (2020). Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía.: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>.
- INEGI. (2021). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, 2021, serie VII. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/usosuelo/doc/USV\\_250K\\_SVII.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/usosuelo/doc/USV_250K_SVII.pdf)
- INEGI. (2023). Clima de Tlaxcala. Obtenido de INEGI: <https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/clima.aspx>
- Jennifer N. Ward, J. W. (2018). Home range size, vegetation density, and season influences prey use by coyotes (*Canis latrans*). *PLoS ONE*, (1-22).

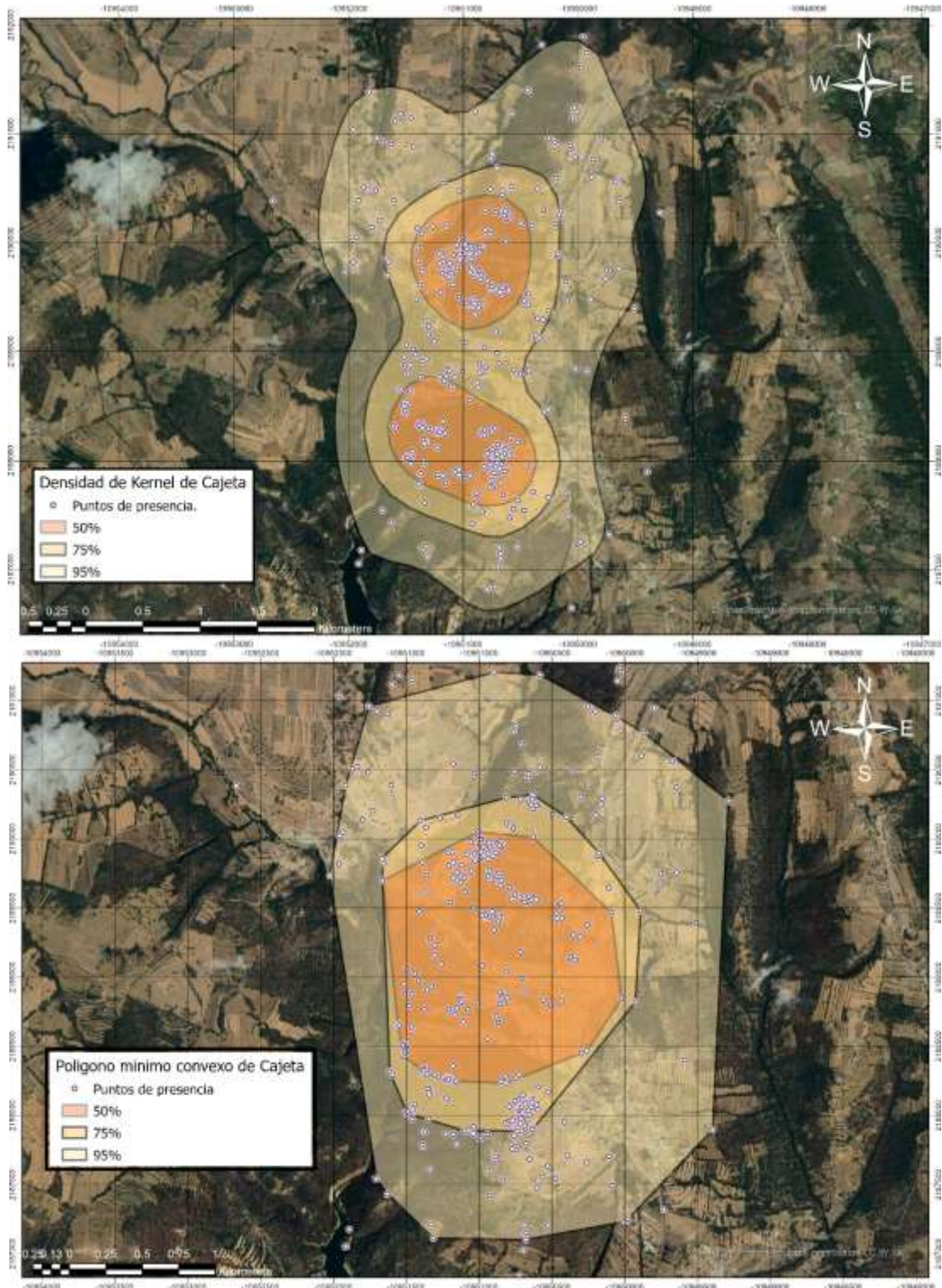
- Johnson, D. H. (1980). The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology*, 65-71.
- Juárez Díaz, Montserrat. (2022). Diversidad de mamíferos medianos y grandes del área intermedia entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Kranstauber, B., Safi, K., y Bartumeus, F. (2014). Bivariate Gaussian bridges: directional factorization of diffusion in Brownian bridge models. *Movement Ecology*, 2:5.
- Kranstauber, B., Smolla, M., y Scharf, A. K. (2023). Move: Visualizing and Analyzing Animal Track Data (Version 4.2.4) [Software]. The Comprehensive R Archive Network (CRAN).
- Laundré, J. W., y Hernández, L. (2003). Home Range Use of Coyotes: Revisited. *Northwest Science*, 214 - 227.
- Laundré, J. W., y Hernández, L. (2014). Coyotes en México. En R. V. S., *Ecología y manejo de fauna silvestre en México* (págs. 271-293). Ciudad de México: BBA.
- LeMunyan, C. D., White, W., Nyberg, E., y Christian, J. (1959). Design of a Miniature Radio Transmitter for Use in Animal Studies. *The Journal of Wildlife Management*, 107-110.
- Lindzey, F. G., y Meslow, E. (1977). Home Range and Habitat Use by Black Bears in Southwestern Washington. *The Journal of Wildlife Management*, 413-425.
- Linnea S. Hall, P. R. (1997). The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 173-182.
- Lloyd, K. (16 de Diciembre de 2019). Distribución, uso de hábitat y ecología del coyote *Canis latrans* entre áreas naturales y alteradas del Área de Conservación Guanacaste. Obtenido de Área de Conservación Guanacaste. <https://www.acguanacaste.ac.cr/38-espanol/noticias/noticias-programa-de-investigacion/4717-investigacion-de-coyote-i-canis-latrans-i-en-acg>
- López-Domínguez, J. C., y J. F. (2004). Biodiversidad del Parque Nacional La Malinche. En J. A. Fernández, y J. C. López-Domínguez, *Biodiversidad del Parque Nacional La Malinche*. (págs. 3-25). Tlaxcala, México.: Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Marín Sánchez, A. I., Briones-Salas, M., López-Wilchis, R., y Servín, J. (2015). Ámbito hogareño del coyote (*Canis latrans*) en un bosque templado de la Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 440-447.
- Martínez-Vázquez, J., González-Monroy, R. M., y Díaz-Díaz, D. (2010). Hábitos alimentarios del Coyote en el parque nacional Pico de Orizaba. *THERYA*, 1(2), 145-154.

- Mihart, M. G., Cantú Salazar, L., Romero, A. G., y López González, C. A. (2004). Historical and present distribution of coyote (*Canis latrans*) in Mexico and Central America. *Journal of Biogeography*, 2025–2038.
- Montenegro, J., y Acosta, A. (27 de 02 de 2008). SCIELO. Obtenido de Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-74832008000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832008000200011)
- Mueller, M. A., Drake, D., y Allen, M. L. (2018). Coexistence of coyotes (*Canis latrans*) and red foxes (*Vulpes vulpes*) in an urban landscape2. *PloS one*, 13.
- N. Flores-Morales, M. V.-V.-M. (2019). Response of two sympatric carnivores to human disturbances of their habitat: the bobcat and coyote. *Mammal Research*, 53-62.
- Naranjo, L. G., y Kattan, G. (2008). *Regiones Biodiversas, Herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas*. Santiago de Cali, Colombia: WWF Colombia.
- Ostro, L. E., Young, T., Silver, S., y Koontz, F. (1999). A Geographic Information System Method for Estimating Home Range Size. *The Journal of Wildlife Management*, 748-755.
- Paine, R. T., y Levin, S. A. (1974). Disturbance, patch formation, and community structure. *Proc. Nat. Acad. Sci. Usa.*, 2744 – 2747.
- Paladines Arroyo, A. S. (2019). *Evaluación del ámbito hogareño del delfín nariz de botella (Tursiops truncatus) en el Golfo de Guayaquil y potenciales impactos de la construcción del Puerto de Aguas Profundas. (Disertación de Licenciatura)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Poessel, S. A., Breck, S., y Gese, E. (2016). Spatial ecology of coyotes in the Denver metropolitan area: influence of the urban matrix. *Journal of Mammalogy*, 1414–1427.
- Powell, R. A. (2012). What is a home range? *Journal of Mammalogy*, 948-958.
- Quinn, T. (1997). Coyote (*Canis latrans*) habitat selection in urban areas of western Washington via analysis of routine movements. *Northwest Science*, 289–297.
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ramírez-Albores, J. E., y León-Paniagua, L. (2015). Hacia una convivencia con el coyote. *Elementos*, 98, 49-52.
- Rempel, R. S., Rodgers, A., y Abraham, K. (1995). Performance of a GPS Animal Location System under Boreal Forest Canopy. *The Journal of Wildlife Management*, 543-551.

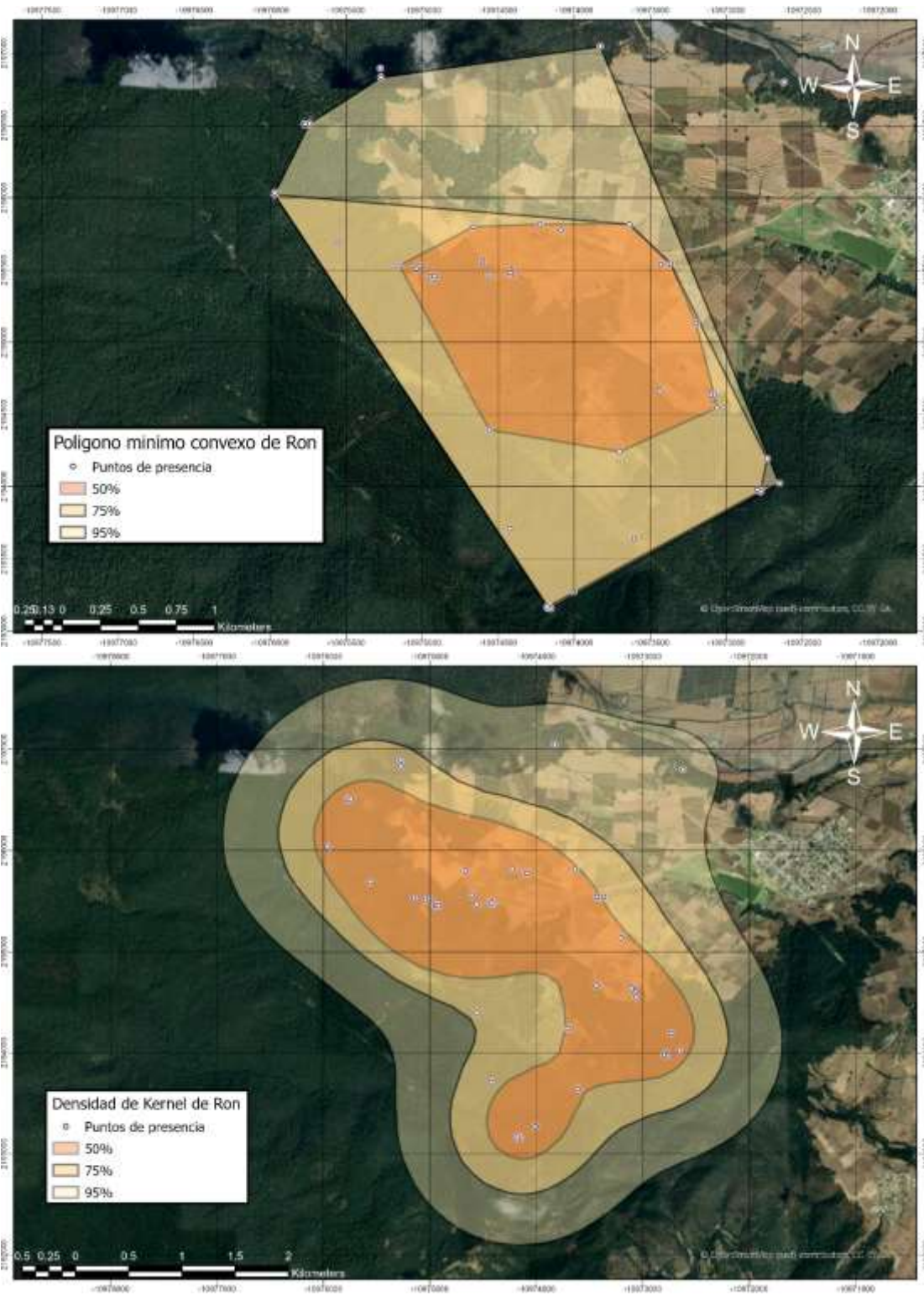
- Riley, S. P., Sauvajot, R., y Fuller, T. (2003). Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in southern California. *Conservation Biology*, 566–576.
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., y Wirsing, A. J. (2014). Estatus y efectos ecológicos de los carnívoros más grandes del mundo. *Science*, 343(6167).
- Rodgers, A. R., Rempel, R., y Abraham, K. (1996). A GPS-Based Telemetry System. *Wildlife Society Bulletin*, 559-566.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: CONABIO.
- Sánchez, J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres en México*. Ciudad de México: Apolo.
- Saravia, L. A. (2009). Algunas cuestiones sobre el espacio en ecología. Modelos, datos y aplicaciones. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- SEMARNAT. (20 de Octubre de 2022). Vegetación y uso de suelo. Obtenido de SEMARNAT: [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/02\\_Vegetacion/2.1\\_Vegetacion/index.htm#:~:text=En%20los%20sitios%20menos%20modificados%2C%20el%20uso%20del,selvas%20y%20matorrales%2C%20que%20constituyen%20la%20categor%C3%AD](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.htm#:~:text=En%20los%20sitios%20menos%20modificados%2C%20el%20uso%20del,selvas%20y%20matorrales%2C%20que%20constituyen%20la%20categor%C3%AD)
- Servín, J., y Huxley, C. (1991). La dieta del coyote en la reserva de la biósfera de la Michilia, Durango, México. *Acta zoológica mexicana*, 1-26.
- Thibault, I., y Jean-Pierre. (2004). Hunting behaviour of eastern coyotes in relation to vegetation cover, snow conditions, and hare distribution. *Écoscience*, 466-475.
- Way, J., Ortega, I., y Auger, P. (2002). Eastern coyote home range, territoriality and sociality on urbanized cape cod. *Northeast Wildlife*, 1–18.
- Zamora-Crescencio, P., y V. Rico-Gray, L. R.-M.-M. (2018). Composición y estructura de la vegetación secundaria en Bethania, Campeche, México. *Polibotánica*, 57-74.

## Anexos

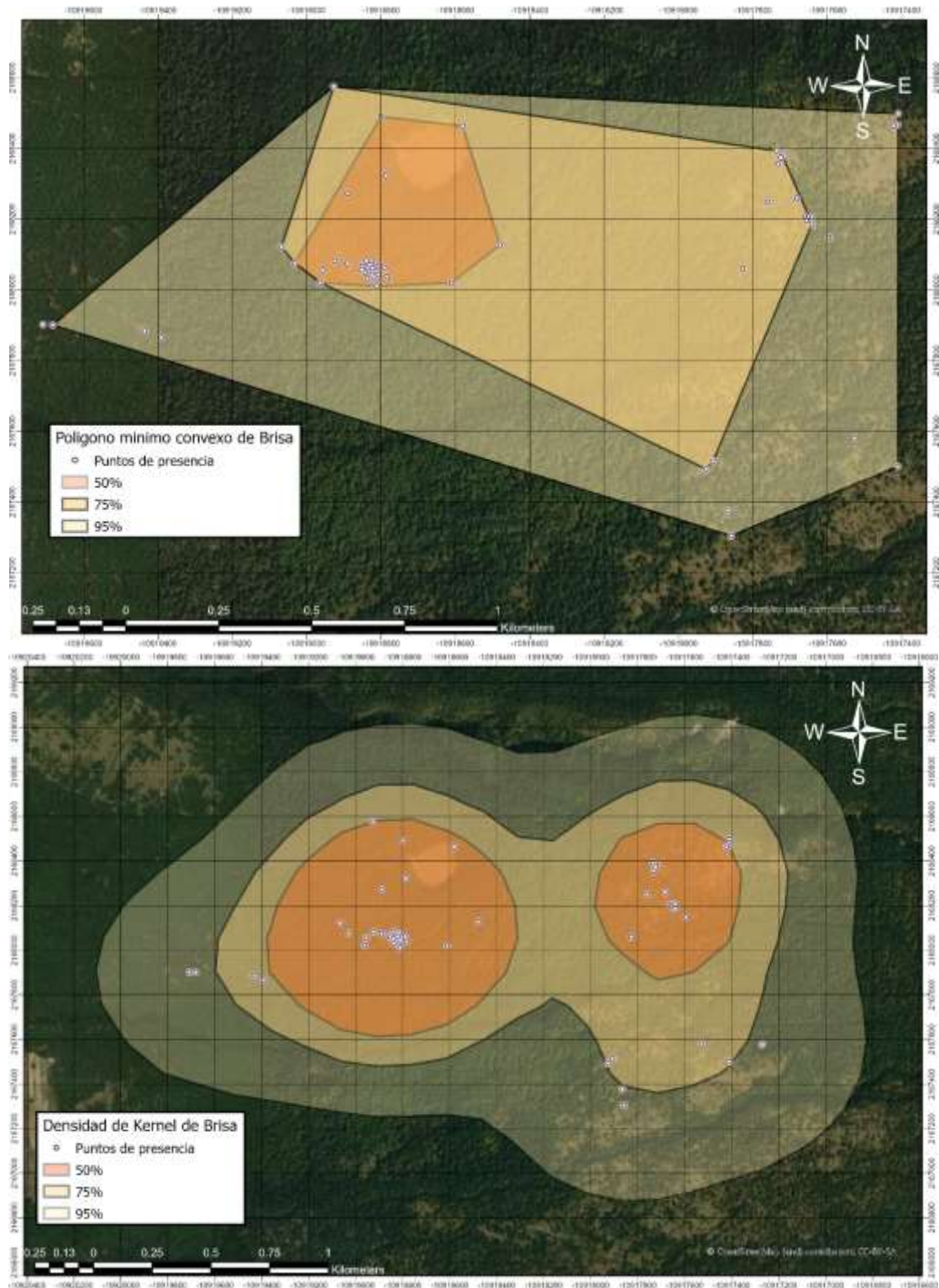
**Anexo I.** Comparación entre el método de Polígono mínimo convexo y la densidad de Kernel para la estimación del ámbito hogareño del individuo “Cajeta”, utilizando distintos porcentajes de puntos de presencia..



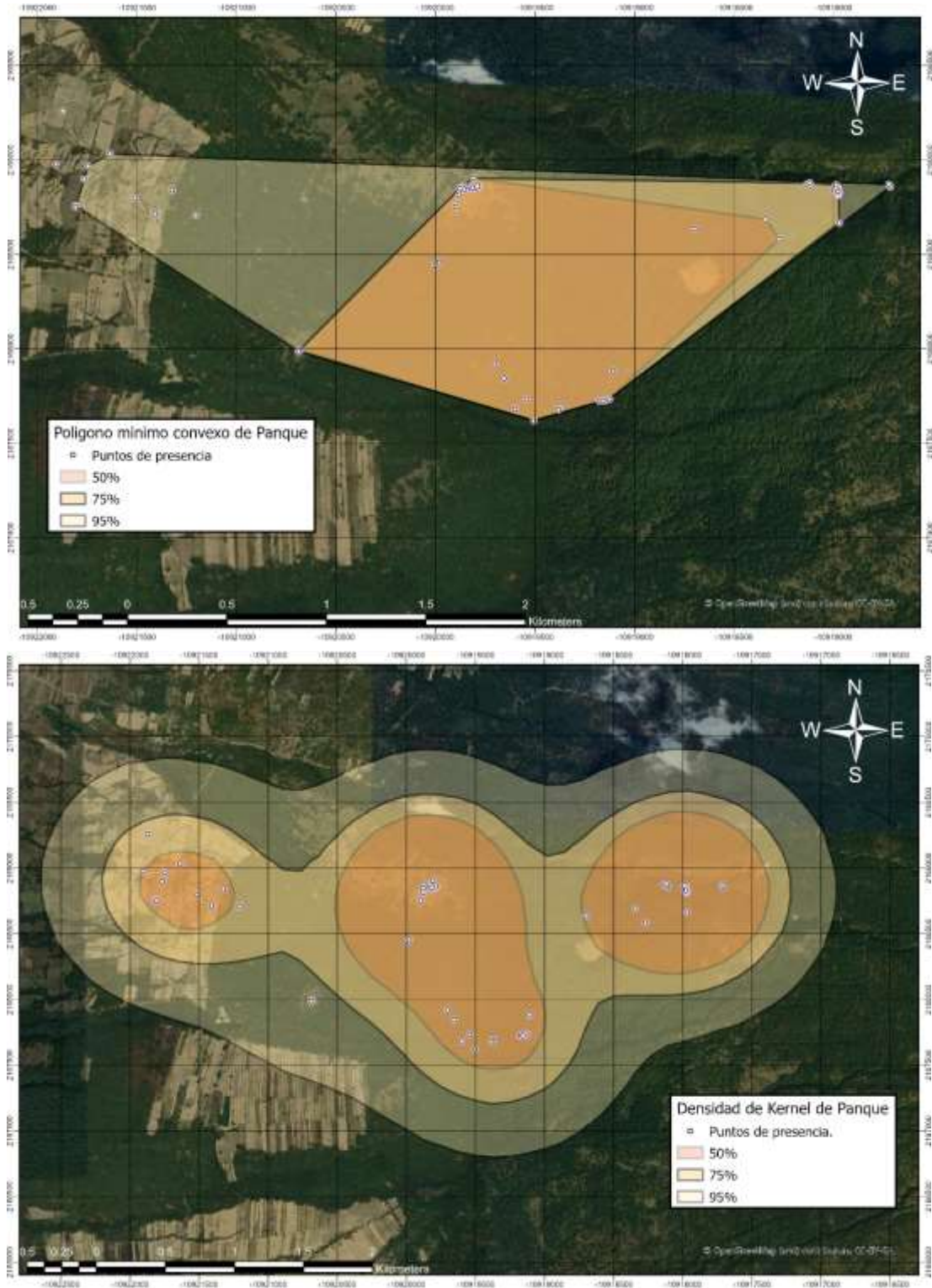
**Anexo II.** Comparación entre el método de Polígono mínimo convexo y la densidad de Kernel para la estimación del ámbito hogareño del individuo “Ron”, utilizando distintos porcentajes de puntos de presencia.



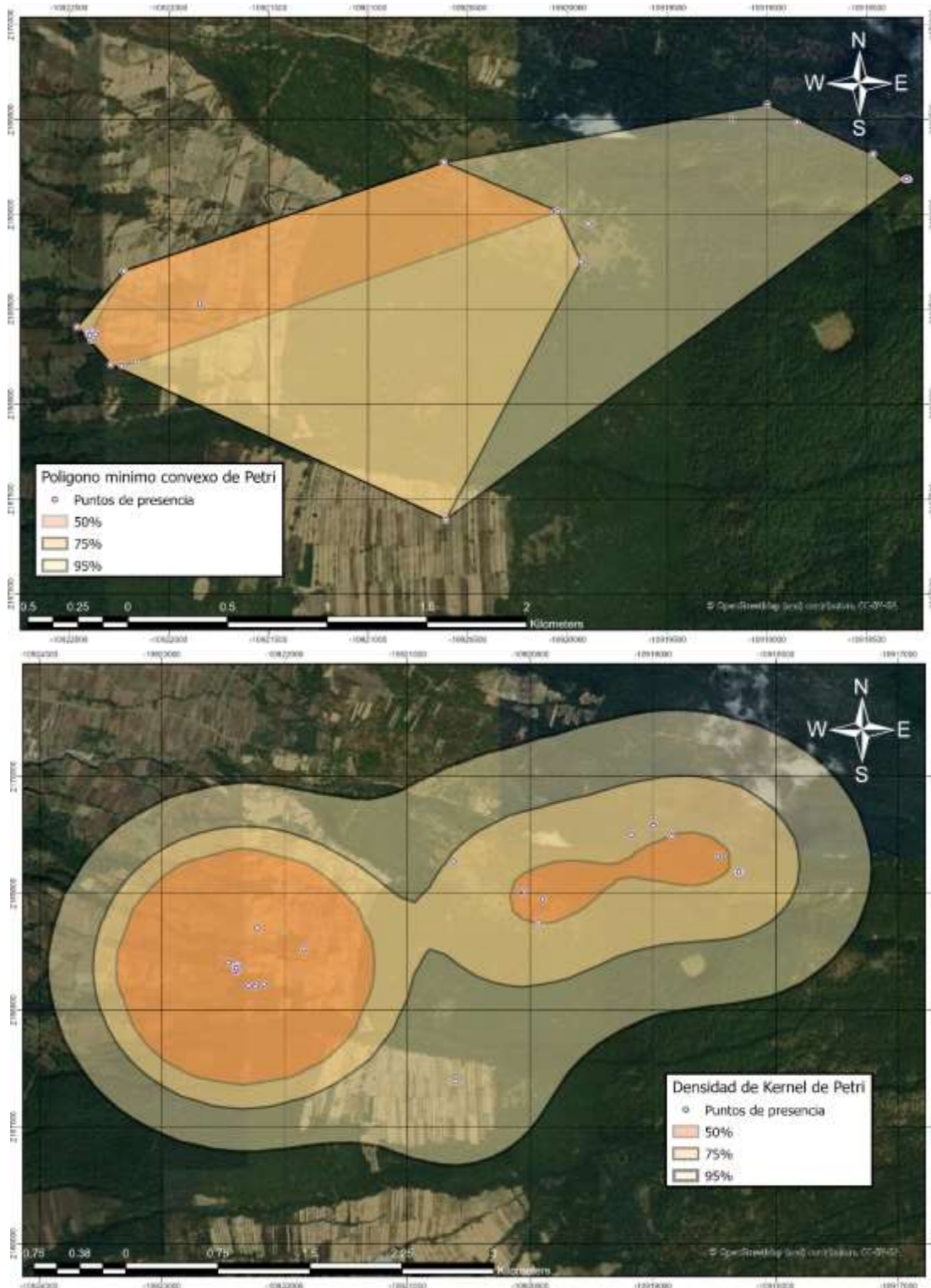
**Anexo III.** Comparación entre el método de Polígono mínimo convexo y la densidad de Kernel para la estimación del ámbito hogareño del individuo “Brisa”, utilizando distintos porcentajes de puntos de presencia.



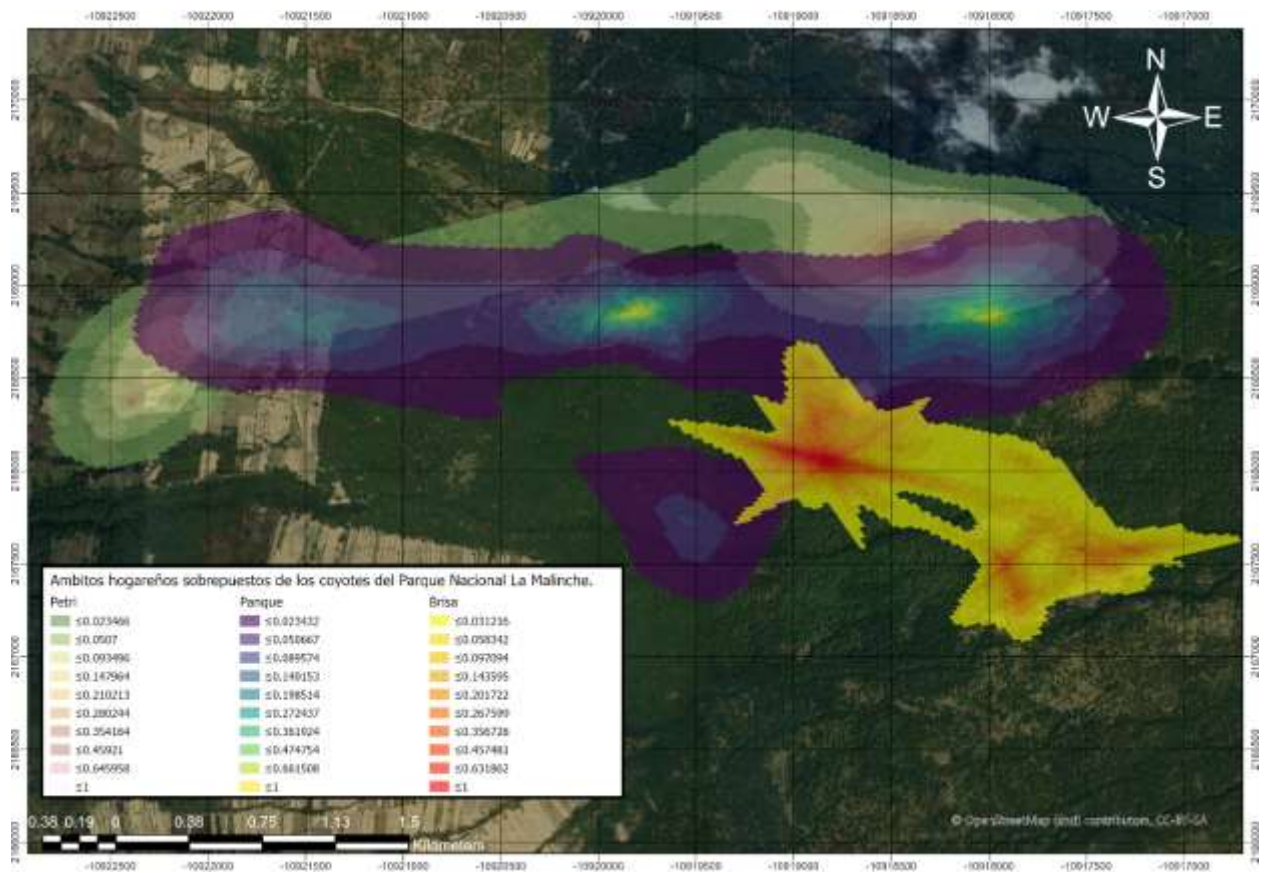
**Anexo IV.-** Comparación entre el método de Polígono mínimo convexo y la densidad de Kernel para la estimación del ámbito hogareño del individuo “Panque”, utilizando distintos porcentajes de puntos de presencia.



**Anexo V.-** Comparación entre el método de Polígono mínimo convexo y la densidad de Kernel para la estimación del ámbito hogareño del individuo “Petri”, utilizando distintos porcentajes de puntos de presencia.



**Anexo VI.** - Ámbitos hogareños sobrepuestos de los individuos del Parque Nacional La Malinche, las zonas de coloración más intensa representan las zonas con mayor probabilidad de presencia de los individuos.



*Un vistazo a la vida nocturna de una coyote en La Malinche.*