

ANÁLISIS DEL HÁBITAT DEL ZORRO COSTEÑO (*LYCALOPEX SECHURAE*)
EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE Y PROPUESTA DE CORREDORES
ECOLÓGICOS CON HERRAMIENTAS SIG

María Alejandra Cuentas Romero*
Pontificia Universidad Católica del Perú
alejandra.cuentasr@pucp.edu.pe

Fecha de envío: 30 de noviembre de 2015

Fecha de aceptación: 21 de enero de 2016

RESUMEN

El zorro costeño o zorro de Sechura, cuyo nombre científico es *Lycalopex sechurae*, se distribuye entre las zonas del noroeste de Ecuador y la costa central del Perú. Aún existe poca información sobre la biología del zorro costeño y su papel dentro de los ecosistemas que forman parte de su hábitat. En la actualidad el hábitat del zorro costeño está bajo una situación de fragmentación por la intervención antrópica. En esta investigación se presenta la información sintetizada de las características biológicas, ecológicas y distribución geográfica del zorro costeño, dentro de la cual se conoció su estado de amenaza y persecución, por lo cual se requieren estrategias de conservación, siendo el enfoque central la propuesta de corredores ecológicos. A partir de la herramienta *Corridor Designer*, una extensión de ArcGIS, se pudo uniformizar la resolución de las variables naturales, antrópicas, tróficas y de protección, con las cuales se obtuvo una aptitud de hábitat entre el ACP Chaparrí y el ACR Huacrupe La Calera. Estas se conectaron a partir del diseño de dos corredores ecológicos. Se llegó a la conclusión de que ambos son funcionales, aunque el primer resultado de corredor sería más eficiente y tendría mayor potencial para llevarlo a la práctica y a la realidad.

Palabras clave: zorro costeño, aptitud de hábitat, corredor ecológico, conectividad, Corridor Designer, fragmentación, ecología del paisaje, parches, matriz.

* Licenciada en Geografía y Medio Ambiente por la Pontificia Universidad Católica del Perú

Coastal fox's (*Lycalopex sechurae*) Habitat Analysis in Lambayeque region and a proposal of ecological corridors using GIS tools

ABSTRACT

The coastal fox or Sechura's fox, whose scientific name is *Lycalopex sechurae*, is distributed among the areas of Ecuador's northwest and the central coast of Peru. There is still little information about the biology of coastal fox and its role in the ecosystems that form part of its habitat. In this research, synthesized information about biological, ecological and geographical distribution of coastal fox is presented. Nowadays the coastal fox habitat is fragmented by human intervention and since it is currently under the government label of «threatened and persecuted» species, urgent conservation strategies are required. This research is focused in the proposal of ecological corridors using *Corridor Designer*, an extension of ArcGIS tools, which can standardize the resolution of natural, anthropogenic, trophic and protective variables. Using those variables, the habitat suitability between the Private conservation area (ACP, Spanish acronym) Chaparrí and the Regional Conservation area (ACR, Spanish acronym) Huacrupe-La Calera was obtained. These habitats were connected through the design of two ecological corridors. This study concludes that both corridors are functional, although the first resultant corridor would be more efficient and has more potential to be applied to the reality of the study area.

Keywords: Coastal fox, habitat suitability, ecological corridor, connectivity, Corridor Designer, fragmentation, landscape ecology, patches, matrix.

INTRODUCCIÓN

La ecología del paisaje viene a ser el estudio de la relación entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos en una escala determinada, siendo su eje central las dinámicas espaciales dentro de un sistema que compone tanto la sociedad como la naturaleza, pues al integrar ambos elementos se pueden crear soluciones de reducción de impactos humanos en las nuevas configuraciones paisajísticas (Etter, 1991; Bennet, 1998; Burel y Baudry, 2002; Moizo, 2004; Gurrutxaga y Lozano, 2008; Matteucci, 2012). La problemática y aplicaciones que trata la ecología del paisaje se basan en la fragmentación del hábitat y los impactos ambientales que generan cambios en las estructuras del paisaje. Ambas consecuencias amenazan a la biodiversidad a nivel global, donde se intensifican procesos tales como la pérdida de hábitat y el aislamiento o separación progresiva de los fragmentos de hábitat, siendo un fenómeno que reduce amplias áreas naturales por intervención, principalmente, humana (Europarc, 2009; Valencillo, 2009; Cabezas y Ospina, 2010; Valdés, 2011; Soba, 2012). Frente a una situación de fragmentación que se vive hoy en día, se hace necesaria la presencia de corredores ecológicos, pues estos permiten la interconexión entre los distintos fragmentos o parches, haciendo más fácil los desplazamientos de los organismos entre áreas separadas dentro de una misma matriz. Estos pueden ser de origen natural, como redes hídricas, o de origen

cultural, donde se incluyen infraestructuras o espacios delimitados por el ser humano, que incluyen los circuitos de árboles por medio de las plantaciones (Etter, 1991; Vila, Varga, Llausas y Ribas, 2006).

Actualmente el hábitat del zorro costeño está siendo víctima de la fragmentación por la intervención antrópica. Antes de tratar el tema desde el punto de vista ecológico, se introducirá en la biología y características de hábitat de la especie en estudio. El zorro costeño o zorro de Sechura cuyo nombre científico es *Lycalopex sechurae*, se distribuye entre las zonas del noroeste de Ecuador y la costa central del Perú (Eisenberg y Redford citado por Cossíos, 2005). Pese a ser una especie común en la costa central y norte del Perú, donde hay una considerable abundancia de individuos, existe aún poca información sobre la biología del zorro costeño y el rol que cumple en los ecosistemas donde habita (Medel y Jacksic citado por Cossíos, 2005). Entre los vacíos de investigación están los datos poblacionales, genética y taxonomía, enfermedades que los afectan, así como una información más completa sobre su rango altitudinal, reproducción y relación con otras especies predatoras (Cossíos *et al.*, 2012). Respecto a su comportamiento, si bien se le puede ver en horas de la mañana y tarde, es un animal nocturno. Su presencia ha sido registrada en las siguientes Áreas Naturales Protegidas del Perú: Zona Reservada de Tumbes, Parque Nacional Cerros de Amotape, Coto de Caza el Angolo, Coto de Caza Sunchubamba, Santuario Histórico Bosque de Pómac, Zona Reservada Algarrobal el Moro, Zona Reservada de Laquipampa, Reserva Nacional de Calipuy, Reserva Nacional



Figura 1. Zorro costeño en el ACP Chaparrí. Autora: Dra. Ana Sabogal (publicada con el permiso de la autora).

de Lachay, el Área de Conservación Privada Chaparrí y el Área de Conservación Regional Huacrupe La Calera. La especie ocupa diferentes hábitats como los desiertos costeros, zonas agrícolas, lomas costeras y bosques secos (Cossíos, 2005).

Dentro de la alimentación del zorro costeño están los frutos de las especies arbóreas más comunes del norte del país —algarrobo (*Prosopis* sp.), zapote (*Capparis scabrida* y *Capparis angulata*), añalque (*Coccoloba ruizziana*), cerezo (*Muntingia calabura*), capulí (*Physalis peruviana*) y vichayo (*Capparis avicemifolia*)— mientras que entre los alimentos de origen animal están los roedores, reptiles, aves, insectos, escorpiones, peces, crustáceos y carroña. Por otro lado, los cachorros de esta especie son presa de la boa constrictor, común en los ecosistemas secos, además de los pumas y otros felinos, aunque hoy en día son más extraños en el hábitat del zorro (Cossíos, 2005).

Según Cossíos (2004), actualmente en el Perú no se le considera una especie en situación de peligro ni se incluye en la lista de la convención CITES¹; sin embargo, la fragmentación de su hábitat y su caza —que si bien no está permitida, es una actividad común en la costa norte— podrían ser factores de amenaza a sus poblaciones. Es así que se consideran como problemas para su desarrollo su persecución por el mercado de artesanías y por el daño que ocasionan al ganado. Cossíos sostiene en sus estudios que los motivos que pueden peligrar a la especie del zorro son, en un 70% la actitud de persecución de los habitantes rurales y en un poco más del 30% la de indiferencia, en conjunto con la presión agrícola y urbana.

Por último, ante la evidencia de fragmentación de hábitat que presentan los pocos pero valiosos estudios sobre el zorro de Sechura, se ve necesaria la aplicación de estrategias de conservación que serán tratadas en este artículo. Para esto, una de las herramientas de mayor utilidad para proyectos de conservación de biodiversidad son los sistemas de información geográfica (SIG) que han desarrollado extensiones como el *Corridor Designer*. Las aplicaciones SIG incluyen la creación de modelos de hábitats sostenibles, identificar parches de hábitat potencial, crear modelos de corredores y transformar modelos digitales de elevación en modelos topográficos y de pendiente. Por tanto, como objetivos de esta investigación se busca proponer y diseñar corredores ecológicos con algunas de las aplicaciones del *Corridor Designer*, que unan dos áreas de conservación cuya conectividad contenga zonas aptas y habitables para el zorro costeño, así como analizar su potencial y en qué medida pueden aplicarse a la realidad.

1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca el territorio entre dos áreas protegidas ubicadas en el departamento de Lambayeque: el Área de Conservación Privada Chaparrí (Chongoyape,

¹ Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Lambayeque) y el Área de Conservación Regional Huacrupe La Calera (Olmos, Lambayeque). Además, también se incluyeron las otras áreas naturales que se encuentran dentro del departamento: el Santuario Histórico Bosque de Pómac (SHBP), el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (RVSL) y el Área de Conservación Regional (ACR) Moyán Palacios.

En términos generales, Lambayeque presenta zonas de bajas altitudes cuya orientación se da hacia territorios costeros (Epiqueñ, 2013). Considerando únicamente las áreas que servirán de unión para el corredor, el ACR Huacrupe – La Calera viene a ser una muestra representativa del bosque seco de sabana o de llanura en la región, sobre todo de la asociación algarrobal–zapotal. Su temperatura media anual es de aproximadamente 23 °C, mientras que sus precipitaciones están entre 700 mm y 300 mm en los meses de enero a abril. Por su parte, el ACP Chaparrí comprende pampas casi planas con bajas pendientes que se extienden hasta las faldas de los cerros, los cuales rodean al área protegida. Su clima es el característico de bosque seco con una temperatura promedio que varía entre 15 °C y 28 °C, con una época de lluvias similar al del ACR Huacrupe La Calera, por lo que se considera esta variable la más determinante en la zona noroeste (Sernanp, 2011; Gobierno Regional de Lambayeque, 2011; Mincetur, s.f).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología, que ha sido elaborada por Majka, Jennes y Beier (2007)², forma parte de la Ecología del Paisaje, una rama relativamente nueva de la geografía, la cual se basó en determinar una aptitud de hábitat para la especie del zorro costeño a partir de la interrelación de diferentes variables ecológicas y geográficas. Este paso previo sirvió para, posteriormente, crear y diseñar corredores ecológicos que sirvan de conexión para esta especie en un espacio donde su estudio e investigación aún es insuficiente.

En el *software* ArcGIS, se agregó en ArcMap una nueva caja de herramientas donde se instaló la extensión Corridor Designer, la cual es una extensión a trabajar en arctoolbox en el *software* ArcGis. Luego de instalada la extensión, se procedió a recopilar la información que sirvió para procesar las variables ambientales —topográficas, naturales, territoriales, antrópicas, tróficas y de protección— requeridas para determinar la aptitud de hábitat del zorro en el área de estudio. Por tanto, el estudio supuso las siguientes partes: 1) recolección, generación y manejo de los datos cartográficos, 2) homogeneización y evaluación de dichos datos y, finalmente, 3) un análisis de la conectividad (Centro de Altos Estudios en Geomática - CAEG, 2015).

² Corridor Design [<http://corridordesign.org/about>]. La metodología fue elaborada originalmente por Majka *et al.* (2007) de la sección *Workshop presentations*, y trabajada por el curso Análisis espacial a partir del modelamiento de corredores ecológicos del CAEG.

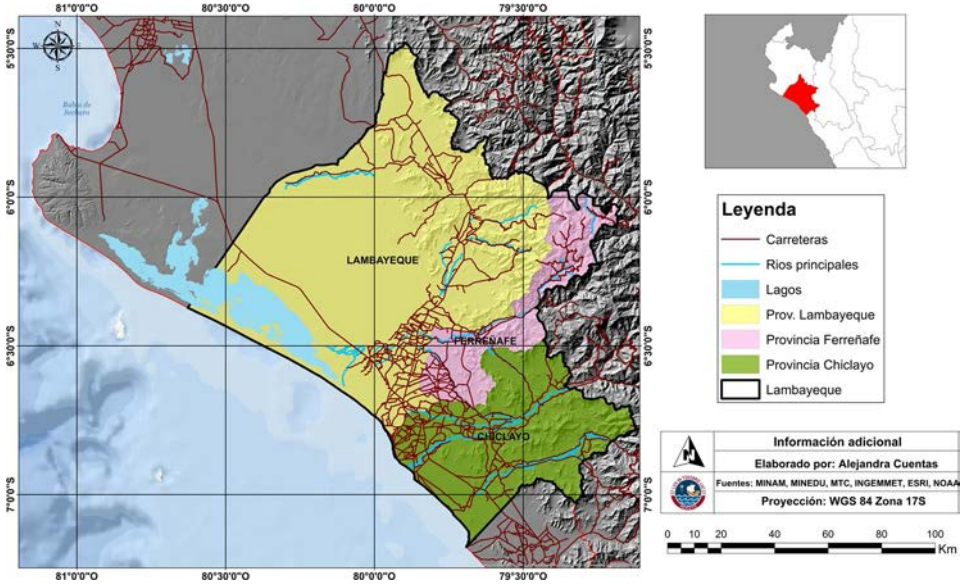
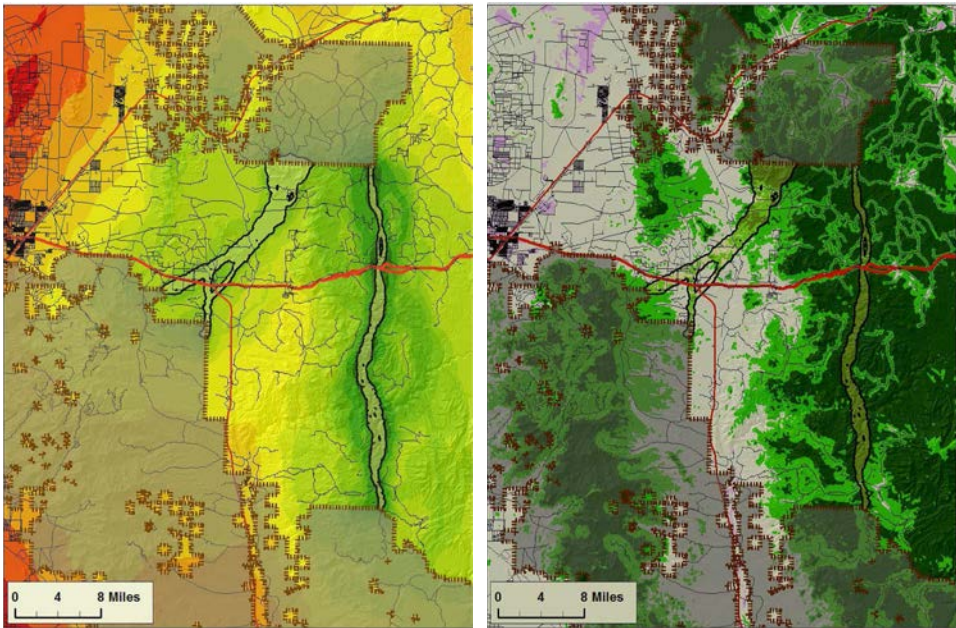


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio – departamento de Lambayeque.
 Fuente: Cuentas, 2015. Imagen publicada con el permiso de la autora.



Figuras 3a y 3b. Ejemplos esquemáticos de aptitud de hábitat para corredores ecológicos diseñados en otros contextos. Fuente: Majka *et al.* 2007. Imágenes publicadas con el permiso del autor.

En la primera parte, *recolección, generación y manejo de los datos cartográficos*, para el caso de estudio, a partir una investigación de las características, hábitat, alimentación, distribución y conservación del zorro, se determinó trabajar con las siguientes variables³: altitud, geomorfología, cobertura vegetal, masas de agua, distancia a elementos antrópicos, variables de protección y variables tróficas. Para iniciar el análisis se procedió a crear los archivos *shapefile* o capas de las áreas naturales protegidas. Para este caso se crearon las capas de las cinco ANP que se ubican en el departamento porque todas se encuentran dentro del área delimitada de estudio. Sin embargo, el eje principal son el ACP Chaparrí y el ACR Huacrupe La Calera, las cuales presentan una distancia a vuelo entre sí de 91,70 km aproximadamente.

La segunda parte del proceso, en que se trató la *homogeneización y evaluación de los datos*, se trabajó inmediatamente después de la primera, pues a partir de los datos recolectados estos eran uniformizados. Esta etapa, por lo tanto, consistió en el análisis de las variables ambientales. La primera variable a trabajar fue la altitud, la cual permitió crear rangos altitudinales que muestren donde se distribuye o transita mayormente el zorro. A partir de los archivos vectoriales obtenidos del Minedu⁴ (SIGMED)— curvas de nivel, cotas, ríos y lagos— se procedió a elaborar un modelo digital de elevación (DEM) empleando la herramienta de interpolación *topo a ráster*, y se otorgó una resolución o tamaño de píxel de 100 m. La segunda variable analizada fue la posición topográfica, la que mostró las características del territorio desde el punto de vista geomorfológico considerando el terreno y pendiente, así como determinar cuáles son las condiciones aptas para el desplazamiento del zorro. Las cuatro posibles situaciones son la baja pendiente, alta pendiente, cañones y cimas. Para esto se utilizó la opción de *topographic position raster* de *Corridor Designer toolbox* y el DEM obtenido anteriormente (CAEG, 2015).

Con relación a las variables naturales se analizó, en primer lugar, la variable de vegetación. Para esto se trabajó con la capa de cobertura vegetal⁵. En este caso, el archivo vectorial se rasterizó con la opción *Entidad a ráster* a la misma resolución del DEM (100 m). Es importante mencionar que el campo a convertir a ráster fue la descripción de cada tipo de cobertura. La segunda variable natural fueron las masas de agua, para lo cual se utilizó la capa de ríos obtenido del SIGMED. Para su rasterización se utilizó la herramienta *Distancia euclidiana*, la cual permitió generar píxeles con valores de proximidad en función a la distancia que se encuentre de los tramos de río (CAEG, 2015).

Es imposible hacer un estudio de hábitat sin considerar la influencia humana, por lo cual se trabajaron variables antrópicas como la distancia a centros poblados, zonas urbanas y carreteras. Dichas variables también fueron rasterizadas a partir de la

³ Todas las variables se proyectaron a WGS 1984 Zona 17 Sur y con un tamaño de píxel de 100 m.

⁴ SIGMED [<http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>]

⁵ Elaborado por el Minam y trabajado con imágenes Landsat 5 TM. Se accedió a esta información gracias al CAEG.

herramienta *Distancia euclidiana*. La información de centros poblados y zonas urbanas provino del SIGMED, mientras que la red vial se obtuvo del catálogo de metadatos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)⁶. Para obtener un resultado único de variables antrópicas, se procedió a sacar el promedio con la *Calculadora ráster* de los valores de distancia de centros poblados y zonas urbanas y de la distancia de carreteras. Otra variable que es relevante es el de capacidad de uso mayor del suelo. Esta variable fue rasterizada siguiendo el mismo procedimiento que la vegetación, solo que esta se trabajará con el campo del «código» de la capacidad de uso.

Una variable adicional utilizada fue la de protección, donde se analizaron las áreas naturales protegidas, ya que estas, por contener gran biodiversidad y hábitats naturales bien conservados, suponen una ventaja para la creación de los corredores de la especie (CAEG, 2015). Para esta variable se fusionaron las capas de las cinco ANP del área de estudio y luego se rasterizó con la herramienta *Polígono a ráster* según el campo de «Nombre».

La última variable trabajada pero una de las más importantes es la variable trófica. El CAEG (2015) define su importancia de la siguiente forma: «La distribución de las especies no solo viene condicionada por variables ambientales, también viene condicionada por la distribución de otras especies con las que interacciona mediante relaciones de predación y depredación». Por tanto, se tomó en cuenta la distribución de diferentes especies vegetales y animales que forman parte de la alimentación del zorro, resaltando en las especies arbóreas las semillas de algarrobo y zapote, cuyos datos se tomaron en campo y a partir de fuentes digitales de herbario (Cuentas, 2015) y otras bases de datos para especies animales como GBIF⁷. Esta variable se rasterizó por medio de la herramienta *Vecino natural*, pues se definieron zonas de mayor densidad de los recursos para el zorro.

La tercera etapa de *análisis de conectividad* se inició con un análisis de potencialidad del territorio, donde se evaluaron las variables ambientales y territoriales que condicionan la distribución del zorro según la aptitud e idoneidad (CAEG, 2015). Para esto se crearon una serie de tablas de aptitud de los rangos o categorías determinadas según las características de la especie de estudio, siendo la aptitud representada en un valor de 0 a 100, donde 0 es una aptitud de hábitat nula mientras que 100 es totalmente apta o idónea para vivir. Para este paso se utilizaron archivos *txt*, los cuales deben ser adecuadamente elaborados para que dé los resultados esperados. La clasificación de cada variable está resumida en la tabla 1.

⁶ Catálogo de Metadatos MTC [<http://mtcgeo2.mtc.gob.pe:8080/geonetwork/srv/es/metadata.show?id=14&currTab=simple>]

⁷ Global Biodiversity Information Facility [<http://www.gbif.org/>]

Tabla 1. Clasificación y valor de las variables utilizadas para obtener la aptitud de hábitat del zorro costeño

Variable	Clasificación	Peso (%)
Altitud	0 – 100	60
	100 – 500	100
	500 – 1000	70
	1000 – 2000	50
	2000 – 4050	10
Geomorfología	1 Cañón	60
	2 Baja pendiente	100
	3 Alta pendiente	30
	4 Cima	10
Distancia a masas de agua	0 – 500	100
	500 – 1 000	80
	1 000 – 2 500	60
	2 500 – 4 000	20
	4 000 – 5 500	20
	5 500 – 8 000	10
	8 000 – 9 000	10
Distancia a áreas antrópicas	0 – 1 500	20
	1 500 – 3 000	50
	3 000 – 4 500	60
	4 500 – 6 000	100
	6 000 – 10 000	90
	10 000 – 14 700	80
Cobertura vegetal	1 Bosque húmedo de montañas	10
	2 Bosque seco de montañas	60
	3 Bosque seco tipo sabana	100
	4 Cultivos agropecuarios	20
	5 Cultivos agropecuarios + veg. secundaria	10
	6 Cultivos agrícolas	10
	7 Lagos y lagunas	10
	8 Matorrales	50
	9 Pajonal	10
	10 Planicies costeras	80
	11 Poblados	10
Protección	1 Áreas de Conservación Regional	100
	2 Santuario Histórico Bosque de Pómac	100
	3 Área de Conservación Chaparrí	100
	4 Refugio de Vida Silvestre Laquipampa	100
Variable trófica	Áreas de concentración baja de alimentos	20
	Áreas de concentración media de recursos	50
	Áreas de concentración alta de recursos	100

La aptitud de hábitat se obtuvo a partir de los archivos *txt* que indican el peso de cada rango o categoría perteneciente a cada variable y con la herramienta *Create habitat suitability model* de *Corridor Designer*. Se eligió el método de *Additive Mean* y se agregaron cada una de las variables en formato ráster y el archivo *txt* con sus clasificaciones y pesos respectivos y, además, se agregó un valor a cada variable de manera que su suma final sea 100. Para este estudio se realizaron dos diferentes propuestas de corredores ecológicos a partir de cambios en el peso e importancia que se les atribuyó a las variables.



Figura 4. Esquema de corredor ecológico al 100% con *Corridor Designer* y comparación con corredor alternativo⁸. Fuente Majka *et al.*, 2007. Imagen publicada con el permiso del autor.

Como la herramienta únicamente permite 6 variables, se trabajó en dos partes, utilizando 4 y 3 variables en cada proceso respectivamente y luego se determinó la aptitud de hábitat hallando el promedio de ambos resultados con la *calculadora ráster*. En la tabla 2 se muestran las variables usadas en cada fase del proceso de ambos corredores y sus pesos respectivos. Finalmente, con la herramienta *Create a corridor model* se procedió a elaborar el corredor ecológico utilizando el mapa ráster de aptitud, las capas de las dos zonas que sirven para la conectividad (ACR Huacrupe La Calera y ACP Chaparrí)

⁸ Según Majka *et al.* (2007) es recomendable crear corredores alternativos como otras opciones de solución.

y se trabajaron los siguientes parámetros: método de análisis *circle*, 200 unidades en el mapa —pues los corredores se están creando en formato *shapefile*— con un umbral próximo al valor máximo obtenido del ráster de aptitud —por ejemplo, en el presente caso se obtuvo un valor máximo de 90 de aptitud, por lo que se utilizará un umbral de 80, entonces todo píxel que vaya mayor de 80 será óptimo para el zorro— y un mínimo de hectáreas para el desarrollo de la especie, los cuales son elegidos según criterio propio. Es así que, al tener el zorro costeño un comportamiento más individual y solitario y ser una especie de tamaño pequeño en comparación a otros mamíferos de la región, se determinó un mínimo de 700 ha para su reproducción y a nivel de población un mínimo de 800 ha para su distribución.

Tabla 2. Variables utilizadas en cada proceso por cada corredor con su peso (%) de importancia en el modelo de hábitat

Corredor 1		Corredor 2	
Proceso 1 – Variables	Peso (%)	Proceso 1 – Variables	Peso (%)
Altitud	30	Altitud	20
Geomorfología	30	Geomorfología	10
Distancia a áreas antrópicas	20	Distancia a áreas antrópicas	40
Protección	20	Protección	30
Proceso 2 – Variables	Peso (%)	Proceso 2 – Variables	Peso (%)
Distancia a masas de agua	30	Distancia a masas de agua	30
Cobertura vegetal	30	Cobertura vegetal	20
Variable trófica	40	Variable trófica	40

Resultados

Culminado el procedimiento se obtuvo un primer mapa ráster de aptitud con un valor máximo de 90, es decir los píxeles cuyo valor se identifiquen con 90 son las zonas de máxima aptitud para que el zorro costeño transite. Por tanto, el corredor ecológico se creó a partir de la aptitud de hábitat, siendo el valor mínimo para su distribución 80. El resultado final dio una serie de corredores que van desde el 1% al 100%, los cuales refieren a la anchura del corredor. La idea principal es que, si bien los corredores de menor porcentaje, al ser los más estrechos representan el área mínima por donde se desplaza el zorro pero que tienen menos contacto con las zonas de perturbación, los corredores más amplios surgen como aportes o apoyo en caso se hallen puntos o zonas críticas.

En este estudio se modelaron dos corredores ecológicos, dependiendo cada uno de ellos de la aptitud hallada según los pesos de cada variable. En el primer mapa (figura 5a) se puede observar el *Corredor 1*, que presenta un recorrido entre el ACP

Chaparrí y el ACR Huacrupe La Calera e incluye al Santuario Histórico Bosque de Pomac (SHBP), una ANP conocida como refugio de esta especie, por lo cual se incluyó la variable de protección y se le otorgó un peso importante. Sin embargo, se observa que, en el segundo mapa (figura 5b), el corredor pasa por un área con una gran concentración de vías, que es precisamente la zona que ocupa el Santuario. Como parte de una solución para este tramo, se optó por crear un camino adicional que evita esa concentración vial. Si bien el corredor podría haberse diseñado para pasar por esa ruta, no solo se evitaría una zona de protección importante, como es el Santuario Histórico Bosque de Pómac, sino que también se pasaría por zonas geomorfológicamente menos adecuadas —según la importancia asignada— y con menos abundancia de los recursos según la variable trófica. Por esto, fue preferible crear el camino por zonas que albergan mayor densidad de alimentos, entre bosque seco tipo sabana, bosque seco de montaña y algunos espacios de matorrales, evitando las altas pendientes, cimas y áreas dedicadas o aptas para la agricultura, una de las actividades que ejerce mayor presión sobre el zorro.

En la zona central del corredor se puede observar que se forma una serie de bifurcaciones. Estas se crearon a partir de la red hídrica, dado que la zona de estudio tiene una gran concentración de cuerpos de agua, por lo cual se decidió aprovechar dicho recurso, y optar por no alejar al zorro mucho del mismo, a pesar de que este puede sobrevivir por un largo tiempo sin beber agua. Así, el corredor principal fue creado en casi la misma dirección del río principal. Las vías principales tienen un comportamiento parecido a este, por lo cual las bifurcaciones ocurren como solución, donde no solo se respeta la geomorfología, sino que se mantiene el camino en las zonas de mayor presencia de alimentos y agua, dentro del rango altitudinal bajo, al que está acostumbrado la especie, y alejado de la concentración de centros poblados y áreas urbanas.

Es importante mencionar que se optó por crear un segundo corredor ecológico para el caso de estudio, pues es recomendable comparar diferentes opciones de conectividad y evaluar la eficiencia de cada uno para beneficio de la especie y en cuanto a sus dificultades en llevarse a cabo. Esto se sustenta con lo dicho por Majka *et al.* (2007) que afirman que «el mejor corredor biológico podría no ser una opción viable. Es probable que se desee comparar qué tan bueno es el mejor corredor en relación a otras alternativas».

El segundo resultado, el *Corredor II* (figura 6a), muestra un modelo diferente, pues se basó en otros pesos de importancia a las variables utilizadas. El objetivo de este nuevo corredor fue el de evitar en lo posible las áreas más intervenidas por el ser humano —vías y centros poblados y urbanos— teniendo menor consideración con el tema de la altitud y la geomorfología, pues las zonas con menor intervención antrópica se encuentran en espacios de mayor altitud en el área de estudio, con una mayor presencia de pendientes altas y zonas encañonadas. Parte del corredor se distribuye en un tipo de cobertura vegetal de bosque seco de montaña, mientras que otra parte está dentro de bosque seco tipo sabana, evitando así nuevamente las áreas agrícolas.

En la figura 6b, se puede ver que, al otorgar una importancia significativa a la variable de protección (si bien no de la misma magnitud que en el modelo anterior), las ANP ubicadas en el recorrido también son consideradas dentro del corredor. Esto se debe principalmente a que estas áreas protegidas albergan gran cantidad de recursos y especies que sirven como alimento para el zorro, además que se han registrado algunos avistamientos de zorro en dichas zonas, principalmente en el Santuario Histórico Bosque de Pómac. Con respecto a los cuerpos de agua, al igual que en el primer modelo de corredor, hay un alto nivel de acceso a los ríos y quebradas. Finalmente, este corredor difiere del primero en cuanto a la presencia de bifurcaciones, siguiendo todos los corredores de diversa amplitud el mismo camino del eje central (corredor al 0,1%).

3. DISCUSIÓN

A la luz de los resultados, cabe resaltar y discutir una serie de temas que podrán contribuir al conocimiento sobre esta especie, dentro de los escasos estudios que se han hecho en el norte del Perú, así como proponer soluciones ante las limitaciones que se hicieron presentes en este estudio. En primer lugar, se discutirá la valiosa aunque insuficiente información sobre la relación del zorro y los humanos, junto con su repercusión sobre el diseño de los corredores ecológicos. En segundo lugar, se presentará un análisis de las causas y consecuencias de la fragmentación del hábitat del zorro costeño y cómo esto puede poner en peligro a la especie. A partir de esto, se verá cuál es el estado de conservación y los esfuerzos que se están generando para proteger a esta especie animal. Es ante esto que surge la necesidad de corredores ecológicos como estrategia de conservación, por lo que aparte de discutir su uso, los tipos de corredores que se pueden generar y las fortalezas y limitaciones que tienen en un hábitat de gran fragmentación, se discutirá sobre la eficiencia de las herramientas SIG para el diseño previo de dichos corredores, y la posterior implementación de los mismos según las condiciones geográficas del lugar.

El primer punto de análisis se refiere a la relación entre el zorro costeño y la población humana. Sobre este tema, Cossíos (2004) sostiene que en el Perú, la especie del zorro sufre una situación de persecución por motivos de captura y venta ilegal, ya sea de individuos vivos, como mascotas, o bien disecados, como parte de la venta artesanal a turistas, o para amuletos —los cuales se derivan de su cola, patas y otras partes del cuerpo— para prácticas de chamanismo, con fines de atraer «buenas energías». Sin embargo, una de las pocas zonas que protege esta especie, específicamente por objetivos de ecoturismo, es la comunidad Catalina de Chongoyape, en el departamento de Lambayeque, que gestiona el Área de Conservación Chaparrí. Esta comunidad continúa elaborando proyectos de conservación para el zorro y otras especies que forman parte de la biodiversidad del ACP, lo cual le ha generado ingresos económicos.

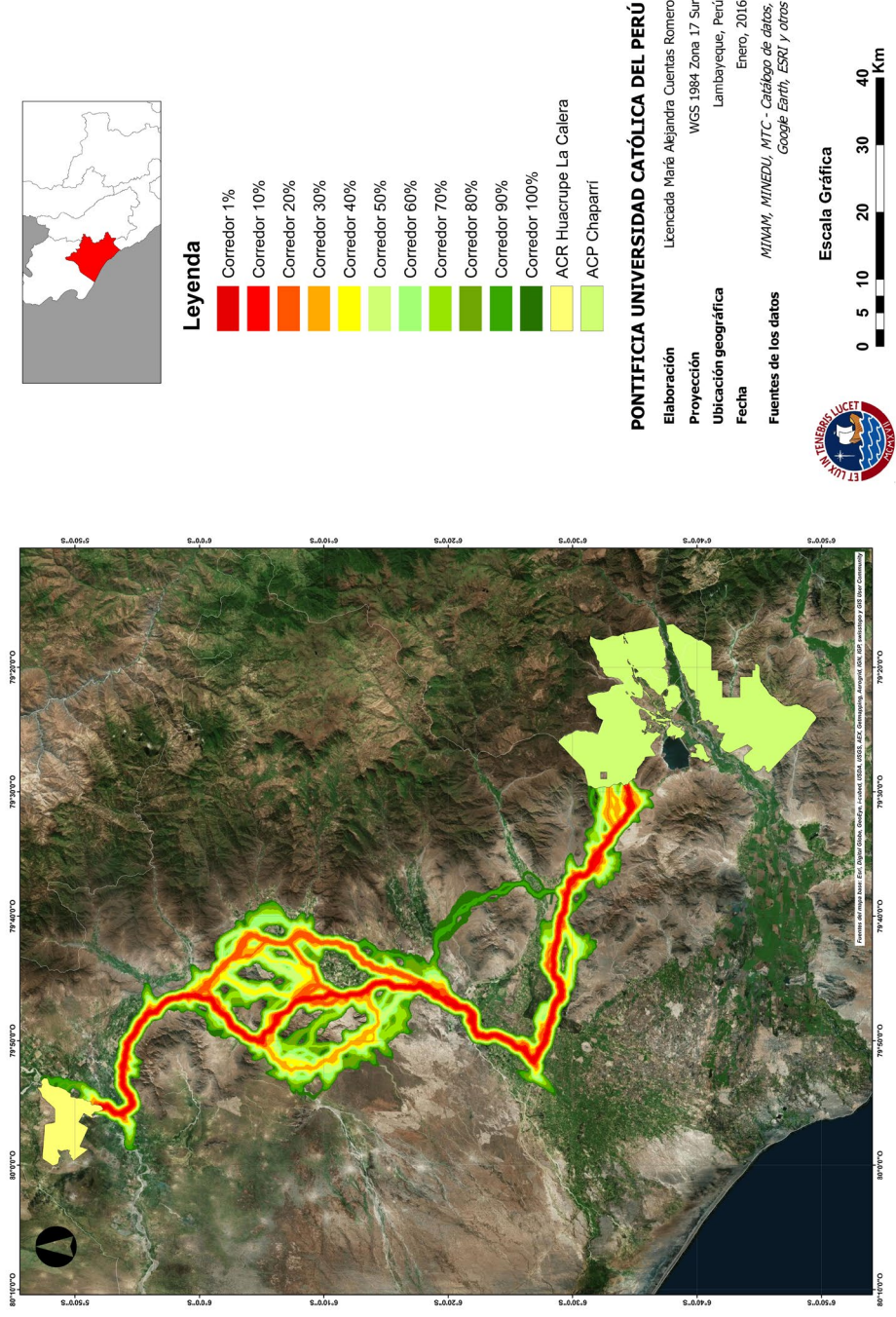


Figura 5a. Mapa del Corredor I del zorro costero entre el ACP Chaparrí y el ACR Huacrupe La Calera creado por *Corridor Designer*.
 Elaboración: M. Alejandra Cuentas Romero.

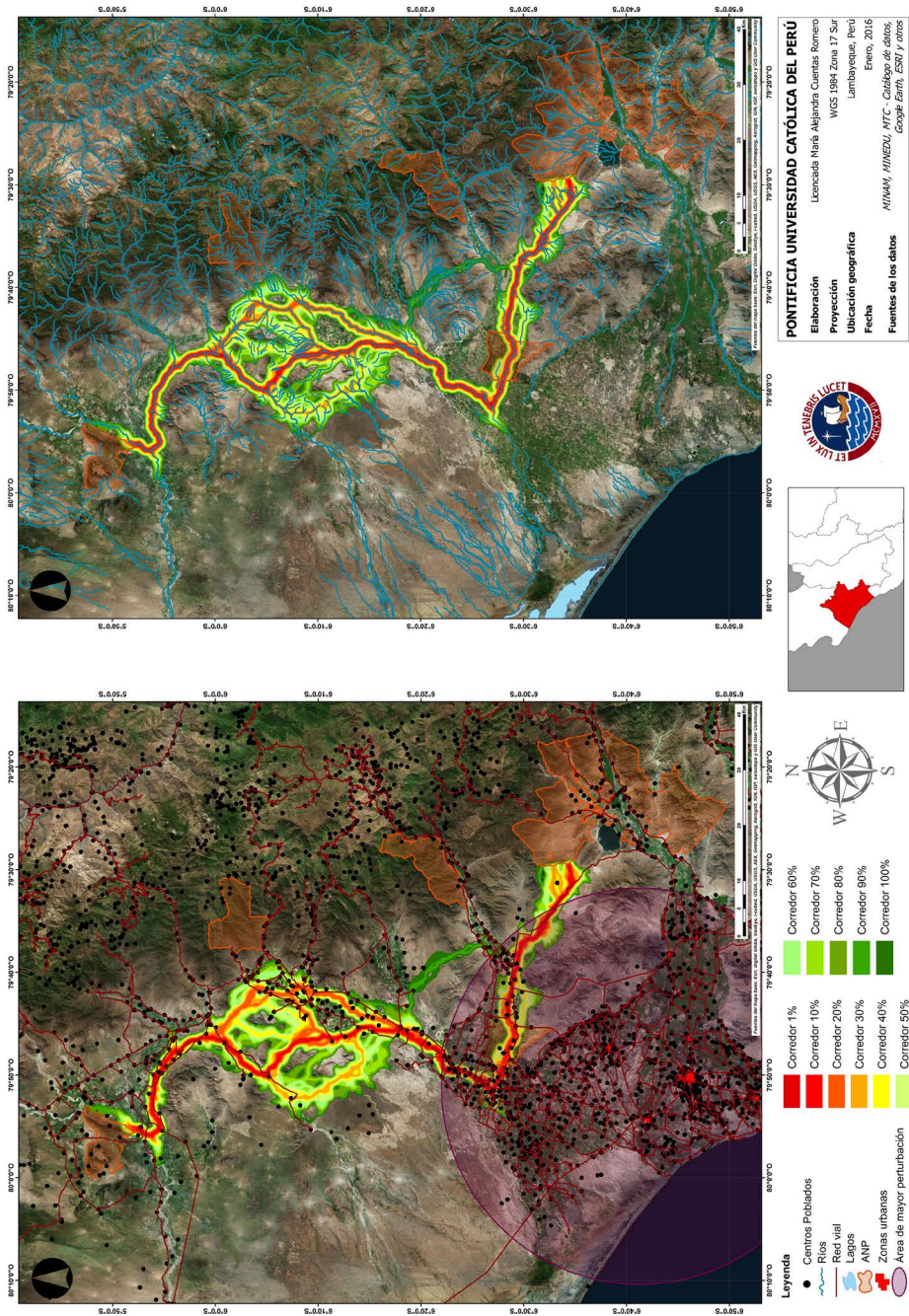
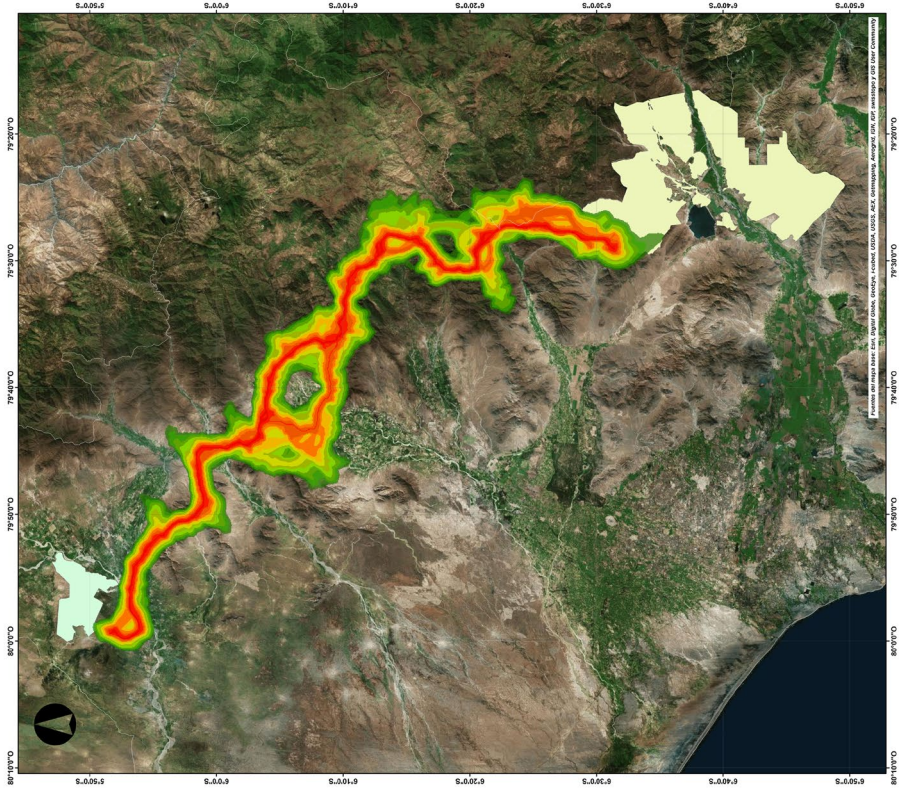


Figura 5b. Identificación de zonas de perturbación en el Corredor I del zorro costeno Elaboración: M. Alejandra Cuentas Romero.



Leyenda

- Corredor 1%
- Corredor 10%
- Corredor 20%
- Corredor 30%
- Corredor 40%
- Corredor 50%
- Corredor 60%
- Corredor 70%
- Corredor 80%
- Corredor 90%
- Corredor 100%
- ACR Huacurpe La Calera
- ACP Chaparrí

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Elaboración Licenciada María Alejandra Cuentas Romero
 Proyección WGS 1984 Zona 17 Sur
 Ubicación geográfica Lambayeque, Perú
 Fecha Enero, 2016
 Fuentes de los datos MINAM, MINEDU, MTC - Catálogo de datos, Google Earth, ESRI y otros



Escala Gráfica



Figura 6a. Mapa del Corredor II del zorro costeno entre el ACP Chaparrí y el ACR Huacurpe La Calera creado por *Corridor Designer*.
 Elaboración: M. Alejandra Cuentas Romero.

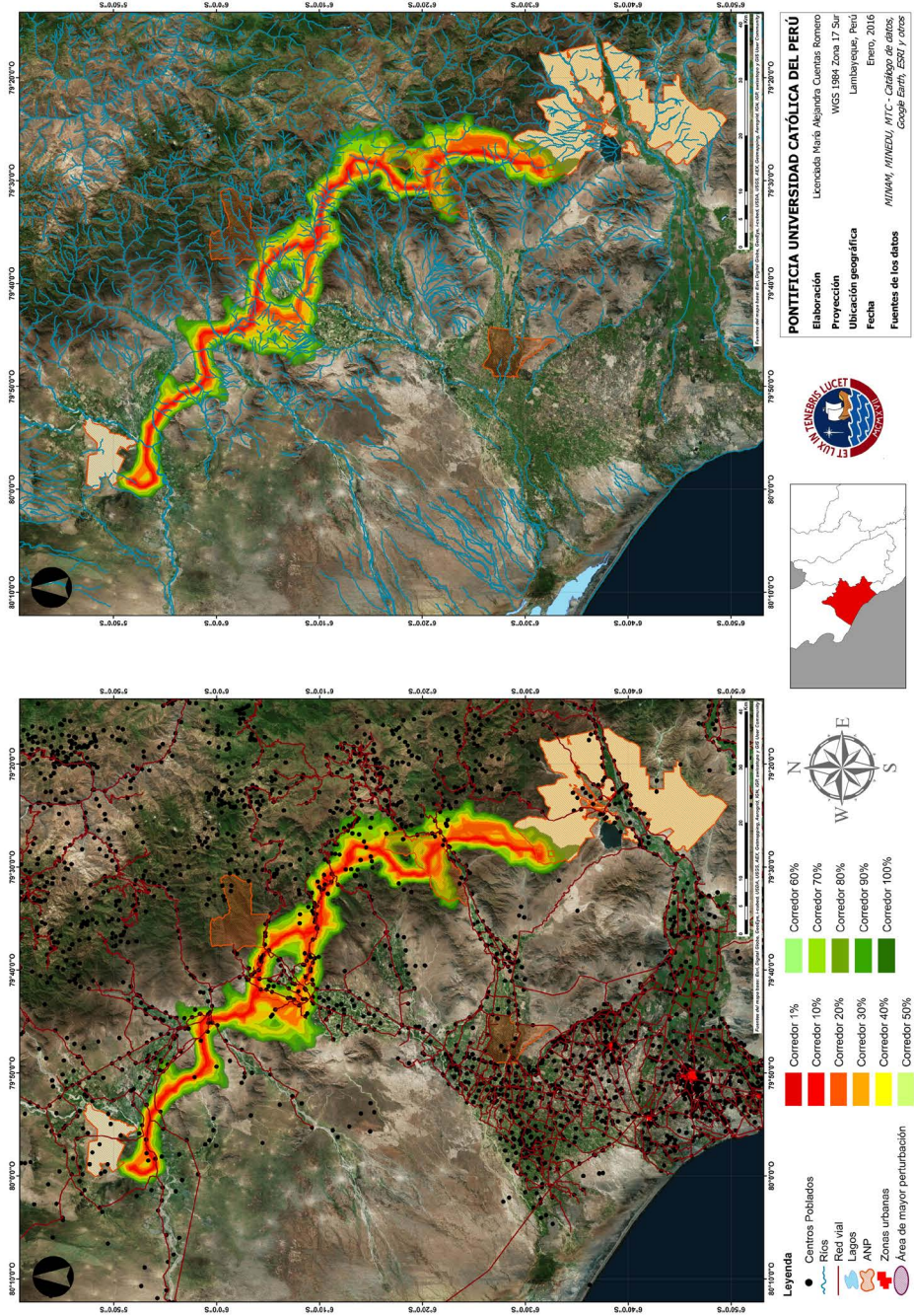


Figura 6b. Identificación de zonas de perturbación en el Corredor II del zorro costero. Elaboración: M. Alejandra Cuentas Romero.

El área, además, funciona como parche de conectividad en el modelo de corredor resultante—pues en muchas partes de la costa donde se distribuye comúnmente el zorro —particularmente en Lambayeque, que es el área de estudio—la población humana ejerce una fuerte presión sobre el mismo, a diferencia de otros mamíferos cuyo estado de conservación tiene mayor prioridad. Esto podría deberse, principalmente, a la gran fragmentación que presenta un paisaje como el de Lambayeque, donde cada año aumenta ampliación de la frontera agrícola por consecuencia de la deforestación (Cuentas, 2015) e influencia antrópica en el crecimiento urbano y de infraestructura vial, así como de la gran concentración de centros poblados.

Entran, entonces, dos puntos en debate: las razones de persecución del zorro y las razones por las cuales debería conservarse. Con relación al primer punto, los motivos de la caza del zorro son sobre todo por la amenaza que representan a las aves domésticas de corral y los conejillos de india, por consumir vegetales en zonas de cultivos y por la creencia de que son depredadores de las cabras (Cossíos, s.f. citado por Sechura Virtual, 2013). Sin embargo, el zorro actúa como uno de los principales dispersores de semillas de algarrobo y zapote, entre otros (Cossíos, 2005), en las áreas naturales de Lambayeque, por lo que su conservación, e incluso la creación de una zona articulada entre dichas áreas que funcione como hábitat temporal, también serviría como un nuevo escenario para la regeneración natural de los bosques secos y sus especies más importantes.

Lamentablemente, si bien hay estudios muy valiosos que muestran la situación de dicha especie hoy en día, también hay una insuficiente información sobre el valor de la especie que impulse su conservación. Se sabe que el zorro no está bajo una amenaza de extinción; sin embargo, puede considerarse que este estado no es porque la especie se encuentre a salvo de las amenazas humanas. De la misma forma, no hay una investigación profunda sobre la importancia, el valor y los beneficios que el zorro costeño puede ofrecer. Es vital, por lo tanto, iniciar nuevas estrategias innovadoras de conservación de la especie entre las cuales, según una perspectiva personal, están los corredores ecológicos que sirven de conexión entre las áreas de su hábitat y evitan el mayor contacto con comunidades, zonas urbanas y zonas agrícolas, que ejercen una fuerte presión e influyen en la fragmentación y pérdida de las mismas.

En referencia al paisaje y hábitat en el área de estudio, se puede observar una fragmentación agresiva, especialmente en los alrededores del SHBP, donde las áreas predominantes son las de cultivos, generando parches de tierras para ese tipo de actividad. Esto podría ser una consecuencia de la intervención de la población que aprovecha la topografía del lugar para la ampliación de la frontera agrícola. Además, esta fragmentación se intensifica por la presencia de una fuerte red vial (Cuentas, 2015). Es importante, entonces, discutir las causas principales de la pérdida de hábitat y degradación del paisaje natural en Lambayeque, siendo la deforestación la más importante y base de la problemática ambiental de la región. Si bien esto no es algo reciente,

en los últimos años se ha hecho más fuerte por el tráfico de madera y la tala ilegal que, en conjunto con la expansión agrícola y urbana, termina destruyendo el hábitat natural para muchas especies (Meier, 2011; Lamadrid, 2014; Cuentas, 2015). Es así que se está ante factores que pueden amenazar las especies de fauna existentes en los ecosistemas secos, pues ya se está transformando la matriz natural en una matriz de cultivos con parches de vegetación, siendo un paisaje del modelo de islas donde la matriz se vuelve un medio inhabitable para los organismos (Valdés, 2011) cambiando totalmente la composición del paisaje y por tanto las formas de vida del lugar.

Como último punto se analizarán los corredores ecológicos, su diseño y aplicación en los ámbitos geográficos trabajados. A partir del análisis de paisaje, donde se identificó que es un modelo de islas, se optó por la estrategia de obtener un paisaje del modelo parche —matriz— corredor, donde se incorpora la idea del corredor a la del «hábitat adecuado» dentro de una matriz inhabitable, siendo la configuración y composición geográfica del paisaje fragmentado la base para este modelo (Valdés, 2011). Según Vila *et al.* (2006) se encuentra dos tipos de corredores —lineales y de franja— siendo el segundo tipo el que se identifica con los corredores resultantes, pues tienen una dimensión que abastece y permite la presencia de especies de hábitats más particulares como el caso del zorro costeño. Por otro lado, como parte del diseño, es importante mencionar y analizar las bifurcaciones que se generan en el primer corredor, pues estas bifurcaciones se consideran «opciones de procedimientos para el diseño de enlaces de tierras silvestres» (Majka, Beier y Spencer, 2008), es decir, como posibles soluciones dentro de un territorio con fuerte intervención que, sin embargo, también funciona como hábitat de especies.

Cabe analizar el potencial y limitación que tienen las herramientas SIG para el diseño de corredores ecológicos. En relación a sus aspectos positivos, dicha herramienta tiene la capacidad de hacer un análisis espacial del hábitat de tal forma que halle la máxima aptitud para que la especie pueda desarrollarse en el espacio estudiado. Sin embargo, este procedimiento se realiza a partir del propio criterio según la investigación hecha para la especie, siendo esta una parte aún insuficiente como para definir el hábitat adecuado. Por ejemplo, se debe tener en consideración que al proponer corredores para una especie en particular, no se está tomando en cuenta las relaciones bióticas con otras especies, como el caso que, por competencia interespecífica, el zorro no ocupe necesariamente toda el área de estudio delimitada, a pesar que la información de su distribución por las condiciones favorables de hábitat así lo indique. Otro factor a tomar en cuenta son las barreras biogeográficas, pues puede haber zonas que si bien son aptas para ser habitadas por la especie, también son inaccesibles (Pearson citado por Mateo *et al.*, 2012).

Algo importante a mencionar es que si bien los corredores no obtienen el resultado esperado de conservar a la especie en su totalidad, sí funcionan como una estrategia de protección y prevención. Al llevar estos corredores a la práctica pueden convertirse

en las zonas de mayor trato y cuidado para cumplir con los objetivos de conectividad y conservación del hábitat del zorro

Finalmente, es importante enfatizar que los corredores han servido en muchas investigaciones a nivel internacional y que han funcionado como estrategias de protección de especies silvestres de flora y fauna. Dos casos que pueden servir de ejemplos son el establecimiento de corredores en las cuencas altas del río Virilla, en la microcuenca del río La Balsa y en la cuenca del río Aranjuez, en Costa Rica, trabajados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) donde también se utilizaron herramientas SIG, mostrando su eficiencia en cuanto a objetivos de desarrollo sostenible y conservación (Feoli, 2009). El segundo caso es el aplicado en México, conocido como el «Corredor Biológico Mesoamericano» que funcionó principalmente para objetivos de manejo adecuado de los recursos naturales en las áreas protegidas y que sirvan como hábitats con distintos grados de significancia para las clasificaciones en la biodiversidad (Robles, 2009). En la figura 7 se pueden observar los puntos críticos que se identificaron en ambos corredores, siendo principalmente la intersección de los corredores con las vías, siendo algunas propuestas de solución la creación de «puentes» u otros tipos de conexiones que se puedan aplicar a las características del área de estudio. Por último, en la figura 8 se presentan los corredores finales con el contraste entre el 1% —que vendría a ser el eje del corredor— y el 100%, es decir hasta su máxima amplitud, mostrando el área que abarcaría en caso llegaran a ser implementados.

4. CONCLUSIONES

- El hábitat del zorro de Sechura está ante un proceso de fragmentación y degradación, lo cual de cierta forma pone en peligro su desarrollo como especie, por lo que se le debe proteger ante los inminentes peligros y darle una mayor atención a su conservación.
- Los corredores ecológicos son estrategias de conservación de la biodiversidad que se aplican para tratar de solucionar los problemas de fragmentación de los hábitats naturales.
- Ambos corredores obtenidos tienen un gran potencial para el desplazamiento del zorro en un hábitat muy fragmentado, siendo el corredor 1 el que se adecúa un poco más a las características de esta especie sobre todo por las variables topográficas y el rango altitudinal. Como punto limitante, el diseño de los corredores no ha podido evitar en su totalidad segmentos de la red vial, lo cual constituye zonas críticas que deben ser tratadas con cuidado y prioridad.
- Las herramientas SIG resultan ser eficientes en estudios que abarcan grandes áreas geográficas y sirven como inicio de los futuros diseños de corredores para diferentes especies que puedan verse bajo amenaza.

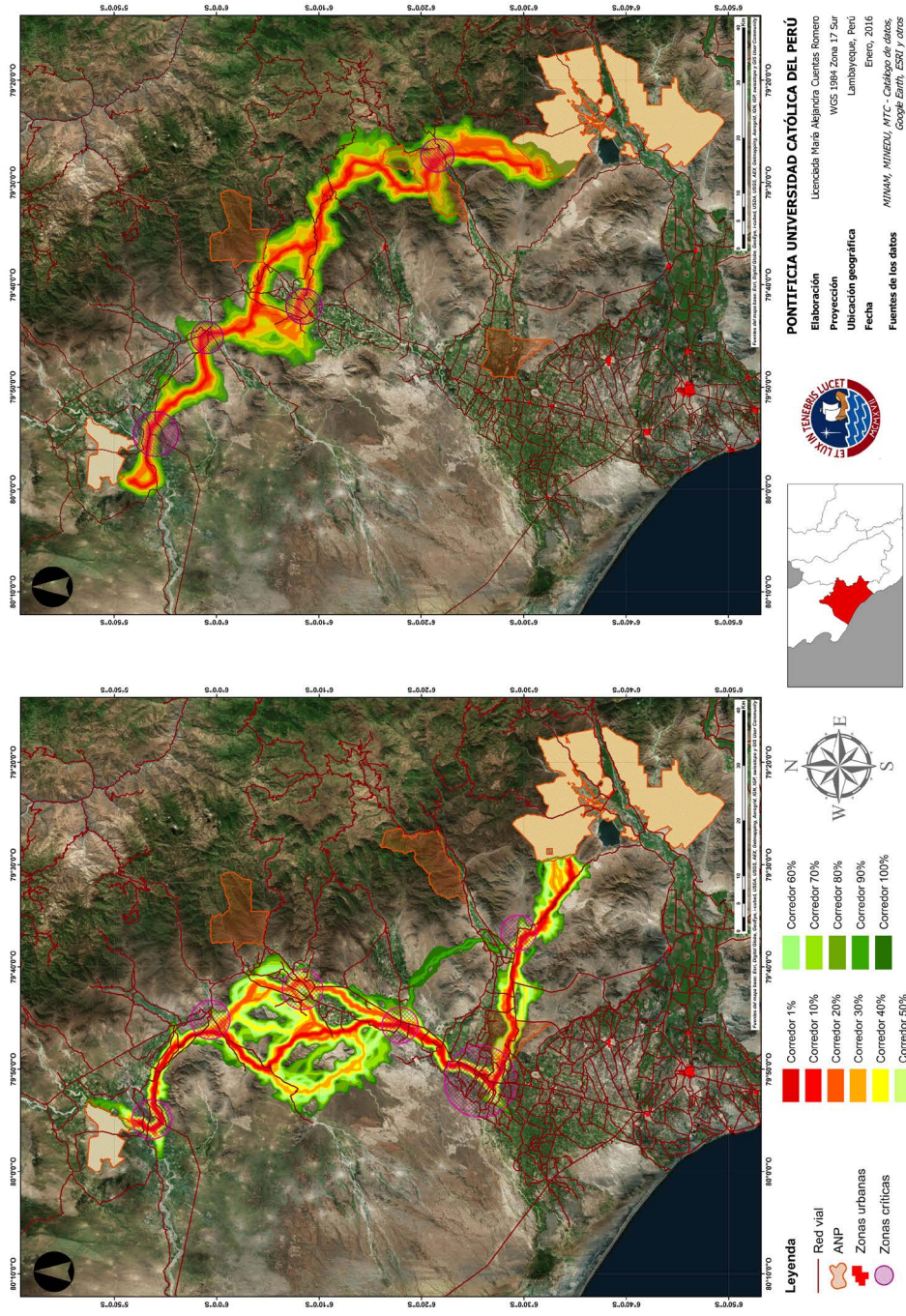
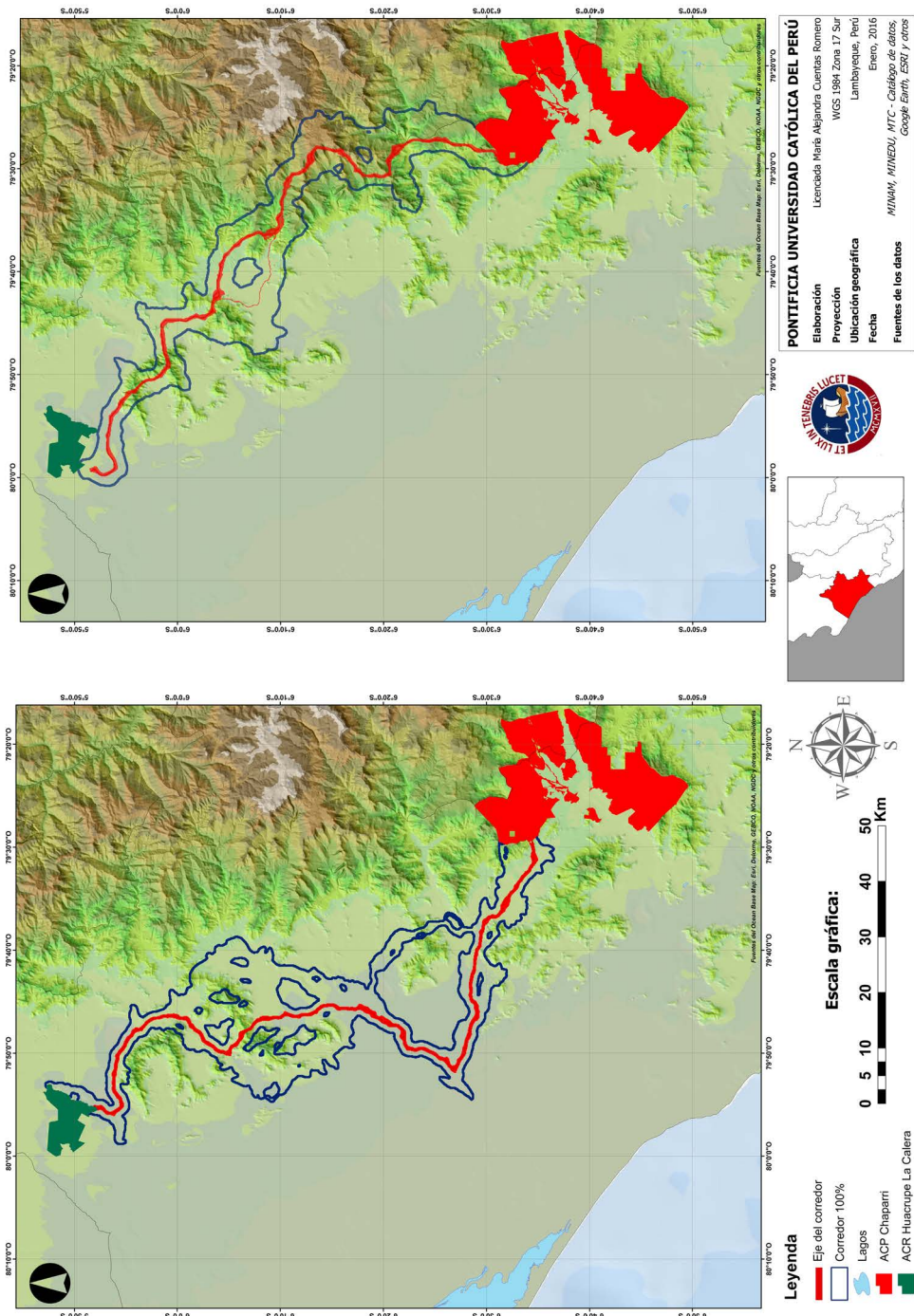


Figura 7. Identificación de zonas críticas en ambos corredores a partir de la intersección del corredor y los elementos viales.
 Elaboración: M. Alejandra Cuentas Romero.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennet, A. (1998). *Enlazando el paisaje. El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. Suiza y Cambridge: UICN.
- Burel, F. y Baudry, J. (2002). *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Cabezas, A. y Ospina, R. (2010). Análisis del paisaje y de su relación con la regeneración del roble (*Quercus humboldtII Bonpl.*) en el municipio de Popayán, Departamento del Cauca. *Revista Colombia Forestal*, 13(2), 189-200.
- CAEG. (2015). *Curso Modelamiento Espacial de Corredores Ecológicos*. Perú: Centro de Altos Estudios en Geomática. <http://independent.academia.edu/CAEGCentrodeAltosEstudiosenGeom%C3%A1tica>
- Cossíos, D. (2004). Relaciones entre el zorro de Sechura, *Pseudalopex sechurae* (Thomas), y el hombre en el Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 134-138.
- Cossíos, D. (2005). *Dispersión y variación de la capacidad de germinación de semillas ingeridas por el zorro costeño (Lycalopex sechurae) en el Santuario Histórico de Pómac*. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cossíos, D., Alcázar, P.; Fajardo, U., Chávez, K., Alfaro, J., Cárdenas, S., Valqui, J., Montero, F., Lescano, J., Quevedo, M., Vivar, E., Leite, R., Ledesma, K., Median, C., Maffei, L., Amanzo, J., Chávez, C., Silva, L., Villegas, L., Williams, R., Zúñiga, A., Cruz, A., Imarpe, Ruiz, E., DGFFS (2012). El orden Carnívora (Mammalia) en el Perú: Estado del conocimiento y prioridades de investigación para su conservación. *Rev. Perú biológico*, 19(1), 17-26. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v19i1.783>
- Cuentas, M. A. (2015). *Revalorizando el bosque seco de algarrobo: estudio y análisis de la biodiversidad, distribución y conservación de los bosques secos en Lambayeque*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Epiqueñ, M. (2013). *La diversidad biológica de Lambayeque*. Gobierno Regional de Lambayeque: Dirección de Recursos Naturales y Áreas Protegidas de la Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente.
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje. Un marco de integración para los levantamientos ecológicos*. Bogotá: IGAC.
- Europarc (2009). *Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos*. Madrid: Ed. FUNGOBE.
- Feoli, S. (2009). Corredores biológicos: una estrategias de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. *Kurú. Revista Forestal (Costa Rica)*, 6(17), 1-5.
- Gobierno Regional de Lambayeque (2011). *Área de Conservación Regional Huacrupe La Calera*. Lambayeque, Perú. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental. Dirección de Recursos Naturales y Áreas Protegidas.

- Gurrutxaga, M. y Lozano, P. (2008). Ecología del paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos*, *LXIX*(265), 519-543. <http://dx.doi.org/10.3989/estgeogr.0427>
- Lamadrid, A. (2014). La tala ilegal del bosque seco en la región Lambayeque-Perú: problemas y soluciones. *Revista Científica Monfragüe Desarrollo Resiliente*, *III*(1), 118-138.
- Mateo, R., Felicísimo, A. y Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca (Biología)*, *5*(1), 137-153.
- Majka, D., Jenness, J. y Beier, P. (2007). Corridor Designer: ArcGIS tools for designing and evaluating corridors. Obtenido de [<http://corridordesign.org/>]
- Majka, D., Beier, P. y Spencer, W. (2008). Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages. *Conservation Biology*, *22*, 836-851.
- Matteucci, S. (2012). *I Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana. Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas*. Universidad Nacional General Sarmiento. Instituto del Conurbano, p. 7.
- Meier, M. (19 de setiembre de 2011). Tala ilegal destruyó más del 23% de bosques entre Piura y Huancabamba. *El Comercio*.
- Mincetur (s.f.). *Plan Maestro. Área de Conservación Privada Chaparrí*.
- Moizo, P. (2004). La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación en ecología de paisaje. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, *4*, 1-24.
- Robles, R. (2009). *Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre y el Corredor Biológico Mesoamericano México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sechura Virtual (4 de octubre de 2013). *Zorro de Sechura o zorro costeño*. Recuperado de <http://www.sechuravirtual.com/2013/10/zorro-de-sechura-o-zorro-costeno/>
- Sernanp (2011). *Más bosques protegidos: Dos nuevas Áreas de Conservación Regional conservarán los bosques secos de Lambayeque*.
- Soba, A. (2012). *La evaluación de paisajes: tres casos de estudio*. Montevideo, Uruguay.
- Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas. Revista científica técnica ecológica y medio ambiente*, *20*(2), 11-20.
- Valencillo, S. (2009). *Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies: modelización y aplicación a la conservación de las aves de hábitats abiertos en paisaje mediterráneos*. Tesis doctoral, Universitat de Lleida, Solsona. Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8354/Tsvr1de1.pdf?sequence=1>
- Vila, J., Varga, D., Llausas, A. y Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, *48*, 151-166. Universitat de Girona. Unitat de Geografia i Institut de Medi Ambient.