

ANÁLISIS ESPACIAL DEL HÁBITAT DE LA VICUÑA EN LA COMUNIDAD
CAMPESINA DE TANTA, EN LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS COCHAS

*Stefanie Korswagen Eguren**
Pontificia Universidad Católica del Perú
skorswagen@pucp.pe

Fecha de envío: 27 de julio de 2015
Fecha de aceptación: 22 de enero de 2016

RESUMEN

En el Perú son necesarias tanto la investigación como prácticas que contribuyan al manejo sostenible de los recursos altoandinos. La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas alberga una población silvestre de vicuñas que puede ser clave para la conservación y desarrollo sostenible. Sin embargo, en la comunidad campesina de Tanta algunas actividades impactan negativamente en el hábitat de la vicuña. La investigación buscó determinar las relaciones espaciales e impactos de las actividades de la comunidad campesina de Tanta sobre el hábitat y la distribución de la vicuña en el territorio comunal.

Mediante un taller de mapeo participativo se determinaron la distribución actual de las vicuñas y las actividades comunales que podrían influir sobre su hábitat. El hábitat potencial de la especie se estimó con el modelo de distribución de especies Maxent. Se analizaron las relaciones espaciales entre la distribución actual de la vicuña, su hábitat potencial y las actividades comunales. Los resultados indican que el hábitat potencial está determinado por condiciones ambientales, mientras que la distribución actual está determinada por la presencia humana y del ganado doméstico. Sobre la base del proceso de investigación se incluyen recomendaciones en relación al manejo sostenible de la vicuña en el área de estudio.

Los resultados son de interés para la comunidad local y agentes de conservación. Aportes principales consisten en la generación de un espacio de intercambio de conocimientos en el taller, así como la integración de métodos de análisis en geografía física y humana.

Palabras clave: mapeo participativo, Maxent, modelos de distribución de especies, Tanta.

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

Spatial analysis of vicugna's habitat in a Peasant Community in Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve

ABSTRACT

In Peru, research and practices that contribute to Andean natural resources' sustainable management are needed. The Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve is home to a wild vicugna population, which can be viewed as a key resource for conservation and sustainable development. However, some activities of the Tanta Peasant Community impact negatively on the vicugna's habitat. The research aimed to determine spatial relations and impacts of Tanta's activities on vicugna's habitat and distribution over communal territory.

A participatory mapping workshop was applied to determine the vicugna's actual distribution as well as local activities that could influence the vicugna's habitat. The species' potential habitat was estimated with a species distribution model named Maxent. Spatial relations between the vicugna's actual distribution, its potential habitat and communal activities were analysed. Results indicate that potential habitat is determined by environmental conditions, while human presence and domestic livestock determine the vicugna's actual distribution. Based on the research process, recommendations relating the vicugna's sustainable management in the study area are given.

The results are valuable to local community and conservation agents. Main contributions consist in generating a space for exchanging knowledge during the workshop, as well as the integration of analysis methods in physical and human geography.

Keywords: participatory mapping, Maxent, species distribution models, Tanta.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas altoandinos en el Perú se ven afectados por el sobrepastoreo, inadecuadas prácticas de manejo y efectos del cambio climático. Estos problemas también afectan a la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC) en Lima y Junín.

La RPNYC fue creada con el objetivo de promover el desarrollo sostenible de las poblaciones humanas y la conservación de los ecosistemas altoandinos y sus recursos. Una de las especies que habita la RPNYC es la vicuña (*Vicugna vicugna*), la cual se halla amenazada y es, sin embargo, un recurso clave para el desarrollo económico y la protección de los ecosistemas. La fibra de vicuña es considerada de muy alto valor y se obtiene a través de esquilas periódicas que no dañan al animal. Además, la vicuña está adaptada naturalmente a la puna, de manera que no degrada los suelos y permite la regeneración de los pastos de los que se alimenta, a diferencia del ganado doméstico introducido.

En la comunidad campesina de Tanta (C.C. de Tanta), parte de la RPNYC, las actividades de la población impactan sobre el hábitat de la vicuña en el territorio comunal.

Existe una superposición entre el uso del espacio por las actividades comunales y el hábitat de la vicuña silvestre. Los impactos sobre el hábitat pueden afectarla, así como la posibilidad de aprovechamiento económico y turístico de la vicuña por parte de la comunidad.

Debido a ello, se planteó como objetivo principal de la investigación analizar las relaciones espaciales entre las actividades de la C.C. de Tanta y el hábitat de la vicuña, con la finalidad de determinar el efecto de las actividades socioeconómicas en el hábitat de la especie. Para ello se determinaron, primero, la distribución actual y el hábitat potencial de la vicuña en Tanta; y segundo, se identificaron los impactos que las actividades de la población han generado en el hábitat de la vicuña.

El artículo consta de siete secciones. En *Antecedentes* se menciona la literatura revisada sobre la vicuña, el área de estudio y los métodos empleados. Las características de la comunidad de Tanta y del hábitat de la vicuña se detallan en *Área de estudio*, mientras que *Aspectos metodológicos* describe el proceso de investigación y los métodos empleados. En *Resultados* se presenta la distribución actual de la vicuña según el mapeo participativo y el hábitat potencial de la misma según el modelo de distribución de especies Maxent. Por un lado, se analizan las relaciones entre el hábitat actual y potencial de la vicuña; y por otro, la presencia de población local, sus actividades y los efectos que generan sobre su hábitat. Aspectos sobre la metodología, en particular el mapeo participativo y el modelamiento con Maxent, así como sobre el hábitat de la vicuña, se discuten en la quinta sección. Luego de incluir *Recomendaciones* para futuros estudios y el manejo sostenible de la vicuña en Tanta, el artículo finaliza con las *Conclusiones* sobre la investigación y su relevancia.

El presente artículo es de relevancia para los actores locales de la RPNYC en temas de planificación de la conservación y del desarrollo sostenible. Asimismo, señala la importancia de interrelacionar métodos de análisis en geografía, resaltando la integración de técnicas participativas y de modelamiento. La integración de métodos, además, genera aportes sociales y contribuye a acercar la geografía humana con la geografía física.

1. ANTECEDENTES

La presente investigación se sustenta en una amplia búsqueda bibliográfica sobre la vicuña, investigaciones previas en el área de estudio y literatura sobre la metodología, en particular el análisis espacial, el mapeo participativo y los modelos de distribución de especies.

Se revisó literatura sobre las vicuñas, las características de su hábitat y la competencia con otras especies (Hofmann, 1983; Villalba, 2000; Benitez, Borgnia y Cassini, 2006; Borgnia, Vilá y Cassini, 2008; Muñoz y Tito, 2012; Rojo, Arzamendia y Vilá, 2012), así como las relaciones con comunidades andinas, aspectos sobre la protección de la especie, proyectos de manejo y comercialización de productos derivados (Lichtenstein, Oribe,

Grieg-Gran y Mazzuchelli, 2002; Sernanp, 2008; Arzamendia, Baldo y Vilá, 2012). La revisión bibliográfica abarcó estudios, planes de manejo y casos análogos, tanto para los Andes como para el Perú.

En relación con el área de estudio se revisaron estudios sobre los ecosistemas altoandinos y documentos de planificación y conservación de la RPNYC (Inrena, 2006; Portuguéz, Aucasime, Matos *et al.*, 2011). Cabe destacar los diagnósticos sobre las granjas comunales, pastizales y vicuñas en Tanta (Flores, Ñaupari, Tácuna y Yalli, 2014; Flores, 2015a, 2015b), así como la evaluación del impacto y la vulnerabilidad ante el cambio climático de la RPNYC (Gil Ramón *et al.*, 2013).

La metodología se basó en literatura sobre el análisis espacial y los modelos de distribución de especies (Franklin, 2010; Mateo, Felicísimo y Muñoz, 2011). En particular, se revisaron aplicaciones del *software* Maxent en los Andes (Hernández, 2007), como también aplicaciones y ejemplos del mapeo participativo (McCall, 2006; Corbett *et al.*, 2009).

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el territorio de la comunidad campesina de Tanta, situada en el distrito del mismo nombre, provincia de Yauyos, Lima (Figura 1). El territorio comunal abarca 25 mil ha y es parte de la RPNYC y su zona de amortiguamiento (ZA). Los 500 habitantes de Tanta se dedican principalmente a la ganadería extensiva de ovinos, alpacas y vacunos, así como a la manufactura de quesos y textiles, la pesca de trucha y el comercio de estos productos (INEI, 2007).

Existe una fuerte organización comunal y social, aunque los indicadores de educación y servicios son bajos. La principal forma de organización es la comunidad campesina, la cual cuenta con un comité de granja, un comité de arrieros y un comité de vicuñas. Este último se dedica a la gestión, capacitación y manejo de vicuñas desde su creación a fines del año 2013. El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp) cuenta con una oficina en el poblado de Tanta. También tiene presencia el proyecto *Ecosystem-based Adaptation* (EbA-Montaña), ejecutado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Tanta abarca las zonas de vida páramo muy húmedo subalpino tropical (3900 a 4500 msnm), tundra pluvial alpino tropical (4300 a 5000 msnm) y nival tropical (5000 a 5800 msnm) (Inrena, 2006); también denominadas puna húmeda. Se trata de un paisaje de alta montaña con presencia de nevados, lagunas de origen glaciar y riachuelos, laderas empinadas, afloramientos rocosos, colinas y una amplia cobertura de pastizales (Figura 2). Los pastizales se clasifican en césped de puna, pajonales y bofedales, los cuales se diferencian por la composición de especies vegetales (Inrena, 2006; Portuguéz, *et al.*, 2011) (Figuras 3, 4 y 5).

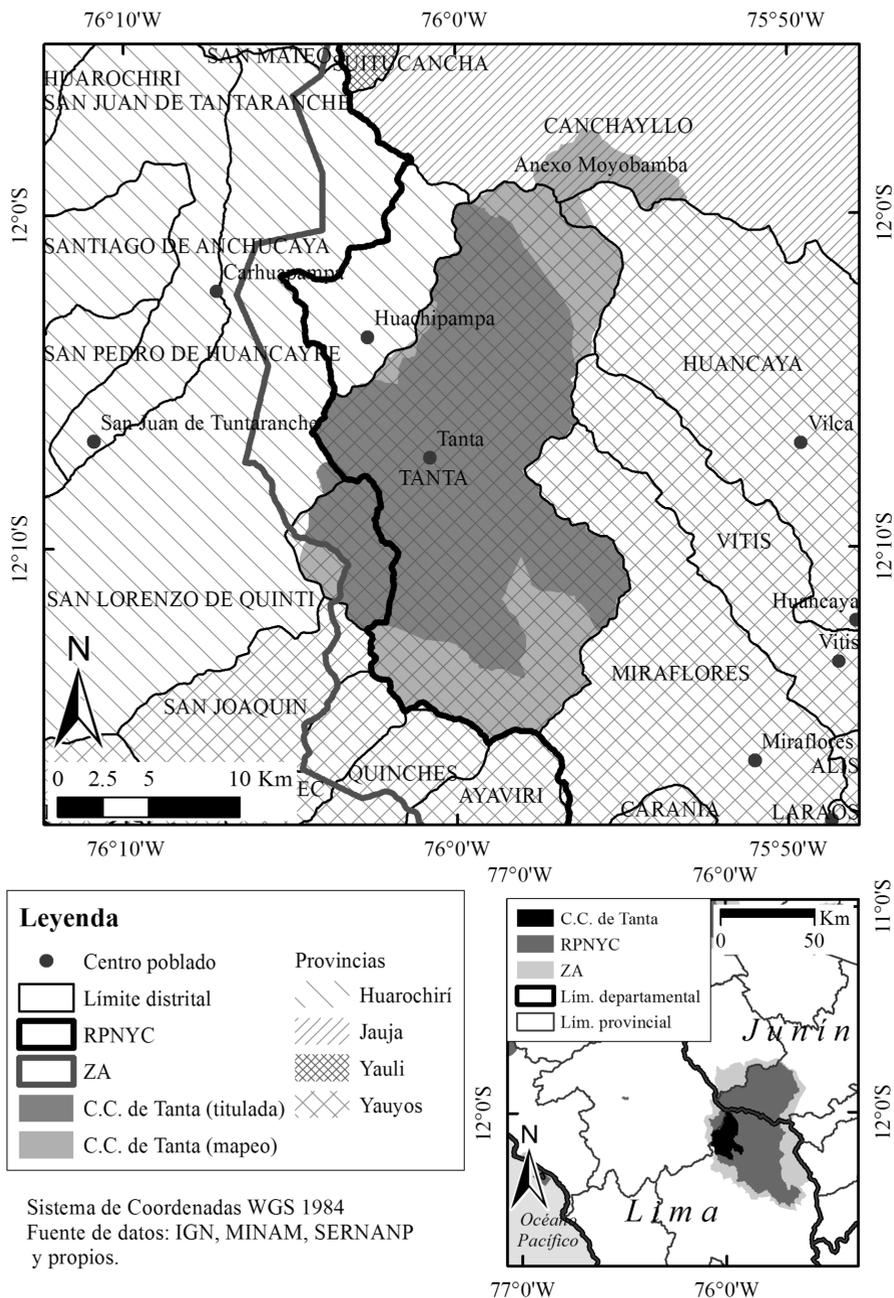


Figura 1. Localización del área de estudio. La comunidad campesina de Tanta (C.C. de Tanta) está titulada en registros públicos (polígono gris oscuro). Sin embargo, se tomó un ámbito de estudio mayor (polígono gris claro) según el mapeo participativo y la inclusión del anexo de Moyobamba a la C.C. de Tanta en 2013. Elaborado por S. Korswagen, 2015.



Figura 2. Paisaje altoandino. Se observa el relieve de colinas y montañas al fondo, laderas sin vegetación y pastizales tipo césped de puna rodeando un espejo de agua al centro.
Autora: S. Korswagen, 2014.



Figura 3. Bofedal. Son comunes especies vegetales de las familias Asteraceae, Rosaceae y Juncaceae. Los bofedales son aprovechados como sitios de alimentación y bebederos por el ganado doméstico y las vicuñas a lo largo de todo el año. Autora: S. Korswagen, 2014.

La totalidad de pastizales es empleada para el pastoreo por la comunidad, ya que el territorio no es apto para la agricultura. Se distinguen las granjas de administración comunal de las parcelas individuales. Sin embargo, la mayoría de pastizales muestra una fuerte degradación debido al mal manejo y al sobrepastoreo (Flores *et al.*, 2014; Flores, 2015a).

El hábitat de la vicuña

El hábitat natural de la vicuña se conforma por el paisaje altoandino descrito líneas arriba (Figura 5). La vicuña es conocida como un animal gregario y territorial (Lichtenstein *et al.*, 2002; Arzamendia *et al.*, 2012). Un individuo requiere entre 3 y 5 ha al año con un mínimo de 30% de pastos de buena calidad (Lichtenstein *et al.*, 2002; Sernanp, 2008; Muñiz y Tito, 2012). La especie, si bien es generalista, es selectiva con la calidad de pastos que ingiere (Muñiz y Tito, 2012).



Figura 4. Vicuñas en Moyobamba. Se observa la vegetación típica de pajonal, compuesta generalmente por los géneros *Calamagrostis* y *Festuca*, entre otras de la familia Poaceae.
Autora: S. Korswagen, 2014.



Figura 5. Grupo de vicuñas en Moyobamba. El paisaje muestra el hábitat de la vicuña, que incluye un relieve variado, fuentes de agua permanentes y césped de puna a una altitud aproximada 4600 msnm (vegetación de los géneros *Calamagrostis*, *Nassella* y *Festuca*).
Autora: S. Korswagen, 2014.

La vicuña se alimenta generalmente en pajonales y césped de puna, según estudios en la RPNYC (Figuras 4 y 5). Los pastos de los cuales se alimentan pertenecen a los géneros Calamagrostis, Poa, Bromus y Stipa (familia Poaceae); Hypochoeris, Werneria y Senecio (familia Asteraceae); así como algunas especies de las familias Rosaceae, Caprifoliaceae, Cyperaceae, Geranicaceae, Fabaceae, Juncaceae y Plantaginaceae (Sernanp, 2008; Flores, 2015b). Las preferencias por especies y ambientes de alimentación varían en los Andes, observándose preferencias por bofedales en ambientes más áridos en Argentina (Benitez *et al.*, 2006; Borgnia *et al.*, 2008; Rojo *et al.*, 2012).

La vicuña coexiste con camélidos andinos, la vizcacha y el venado por ejemplo; tiene como depredadores al zorro y al puma (Portuguéz *et al.*, 2011; Muñiz y Tito, 2012). Se ha observado que la sarna (*Sarcoptes scabiei*) es una de las principales causas de mortandad, habiéndosele atribuido hasta el 64% de las muertes de vicuñas en Tanta el año 2014 (Flores, 2015b).

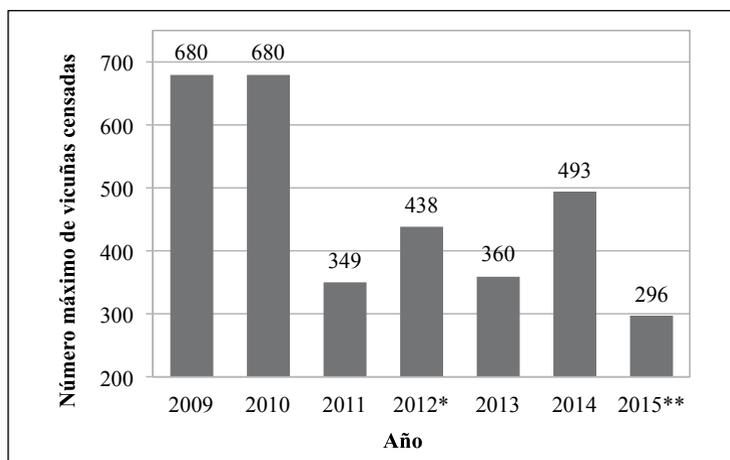


Figura 6. Vicuñas censadas en el anexo de Moyobamba, al norte de Tanta. Fuente: Sernanp, comunicación personal en febrero de 2014 y julio 2015; Flores, 2015b. Elaboración propia.

* Censo Nacional del Servicio Forestal. **Dato hasta junio de 2015.

La zona norte de Tanta alberga vicuñas silvestres. Esta zona se denomina Moyobamba y ha sido designada por la comunidad de Tanta exclusivamente para la crianza y protección de vicuñas, prohibiendo el ingreso de otro tipo de ganado. Estas disposiciones, sin embargo, no se han cumplido en su totalidad (Flores, 2015b). En la figura 6 se muestra el número máximo de vicuñas censadas en Moyobamba a cargo del Sernanp. La fuerte variabilidad se debe a la movilidad de las vicuñas entre las comunidades de la RPNYC. El ingreso de ganado doméstico es uno de los factores que motiva la huida

de vicuñas, como también la caza furtiva¹. Al cercarse Moyobamba a fines de 2013, se observa el incremento del número de vicuñas avistadas en 2014.

Existen dos posturas sobre la competencia entre vicuñas y ganado doméstico. Por un lado, se afirma que las vicuñas, en tanto adaptadas naturalmente a la puna, son capaces de aprovechar pastos no palatables para el ganado y terrenos marginales, permitiendo un aprovechamiento mixto de pastizales (Hofmann, 1983; Villalba, 2000; Lichtenstein *et al.*, 2002). Sin embargo, esto denotaría el desplazamiento de las vicuñas por el ganado y una segregación espacial (Rojo *et al.*, 2012). Por el otro lado, el ganado doméstico impulsa una competencia por los recursos, deteriora pastizales, suelos y fuentes de agua, así como puede transmitir enfermedades (Benitez *et al.*, 2006). La figura 6 apoya el argumento de la segregación espacial entre vicuñas y ganado doméstico.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La investigación se realizó en cinco etapas. La primera comprendió la definición de la investigación y del problema. La segunda consistió en la caracterización del área de estudio y los elementos de la investigación. Ambas etapas se apoyaron en la búsqueda bibliográfica y consulta a expertos, así como en la revisión de documentos y cartografía base. Una primera salida de campo complementó la segunda etapa, permitió verificar la problemática a estudiar y contactar agentes locales.

La tercera etapa comprendió el taller de mapeo participativo y el procesamiento de los datos correspondientes. Se realizó una breve salida de campo para coordinar el taller y este se realizó días después con un grupo de actores locales. Los datos de los mapas fueron digitalizados en sistemas de información geográfica (SIG).

La cuarta etapa consistió del procesamiento de imágenes satelitales y datos SIG para el modelamiento con Maxent. Primero se obtuvieron y transformaron las variables ambientales necesarias para modelar el hábitat potencial de la vicuña. Luego se procesaron los registros de la especie y se realizó un filtro de calidad para los mismos para ingresarlos al *software*. Se corrieron varios modelamientos del hábitat potencial de la vicuña con Maxent hasta seleccionar las variables ambientales más relevantes para la especie y el ámbito de estudio. Los modelos se evaluaron comparando los resultados, indicadores sobre su performance, la literatura y el conocimiento de campo sobre la vicuña y su hábitat.

El cruce e interpretación de resultados, así como la elaboración de mapas y productos finales corresponden a la quinta etapa. Esta se basó en el análisis SIG de los diversos resultados y su discusión. Se analizaron las relaciones espaciales entre las actividades de la comunidad y el hábitat actual y potencial de la vicuña.

¹ Comunicación personal del Sernanp, febrero de 2014.

Mapeo participativo

La cartografía o mapeo participativo es una herramienta que suele aplicarse para empoderar a los agentes locales, fortalecer procesos de gestión de recursos y ordenamiento territorial, entre otros (McCall, 2006; Corbett *et al.*, 2009). Participan comunidades, instituciones públicas y agentes vinculados al desarrollo. El mapeo suele consistir de un taller participativo, en el cual se dibuja sobre papel, mapas base o similares; o también de un recorrido en campo en el cual se georreferencian elementos de interés. Los productos del mapeo pueden integrarse a SIG.

Para la presente investigación se condujo un taller de mapeo con la finalidad de determinar qué actividades de la comunidad de Tanta pueden impactar sobre la vicuña y su hábitat. Luego de una breve presentación ante la asamblea comunal en Tanta, el taller se realizó con algunos representantes de la comunidad, del comité de vicuñas y guardaparques del Sernanp. Se realizó un listado de actividades y tres mapeos sobre cartografía base con ayuda de dos facilitadores y una leyenda establecida.

Se trazaron los límites de la comunidad y toponimia, elementos del paisaje (manantiales, roquedales, bofedales, vías), actividades (pastoreo y granjas comunales), zonas de presencia de vicuñas y variaciones ambientales (incremento de arbustales y de la densidad del ganado, manantiales secos y retroceso de nevados). Estas variables fueron digitalizadas en ArcGis 10.1 y QuantumGis 2.0, comparando los diferentes mapeos para integrar la información y haciendo uso de imágenes de satélite y la información de campo para mejorar y corregir la precisión espacial de la información a ingresar.

Modelamiento con Maxent

Los modelos de distribución de especies (MDE) son herramientas empleadas para estudiar patrones espaciales en ecología y apoyar procesos de conservación y planificación (Franklin, 2010; Mateo *et al.*, 2011). Los MDE describen el nicho o la idoneidad de un hábitat para una especie. Para ello, se fundamentan en la relación de una especie con su medio ambiente: emplean capas de información ambiental y registros georreferenciados de presencia y ausencia de la especie (Hernández, 2007; Mateo *et al.*, 2011).

Para el modelamiento del hábitat potencial de la vicuña se empleó el *software* Maxent (Philips, Dudik y Schapire, 2010). Maxent es un método predictivo que se basa en el principio de máxima entropía para realizar predicciones usando información incompleta. Aquí, máxima entropía indica que la mejor predicción de una distribución desconocida es la más uniforme según limitaciones conocidas (Franklin, 2010). Dichas limitaciones son estimadas a partir de los registros de presencia de la especie en relación con la información ambiental.

Maxent, a diferencia de otros MDE, solo requiere registros de presencia e información ambiental relevante para la especie; además, arroja estimaciones sobre la

performance del modelo y sobre la relevancia de cada variable empleada. La presencia de una especie en un lugar puede interpretarse como el uso, ocupancia o idoneidad del hábitat. El modelo resultante representa la probabilidad de distribución de la especie. Se ha señalado que Maxent es uno de los modelos de mejor desempeño y precisión, aún con pocos datos, por lo que cada vez es más empleado (Hernández, 2007; Franklin, 2010).

Entre las variables ambientales empleadas en los MDE se hallan variables climáticas, topográficas, edáficas, de vegetación y biodiversidad, patrones de uso del suelo y distribución de otras especies y recursos. Sin embargo, la selección depende de la especie, el ámbito de estudio y los objetivos del modelo. Para el presente estudio se condujeron modelamientos en Maxent con diferentes grupos de variables para seleccionar el modelo más representativo. Para ello se compararon los indicadores de *performance*, la literatura sobre las variables y el conocimiento previo del hábitat de la vicuña y el área de estudio.

Para las variables ambientales se obtuvieron tres imágenes Landsat 8 del United States Geological Survey (USGS) con baja nubosidad y representativas de la variabilidad estacional a lo largo del año 2013². También se obtuvo un modelo digital de elevación (ASTER 2008³) y 19 variables bioclimáticas (*World Climate Data - WorldClim*⁴). Las variables fueron trabajadas para homogeneizar la proyección, extensión del raster y tamaño del píxel (coordenadas angulares, datum WGS 1984, 30x30m). A partir del modelo de elevación se derivaron pendiente y orientación en SIG. Las variables bioclimáticas fueron seleccionadas según su relevancia para la especie. Luego se derivaron cuatro índices de vegetación de las imágenes Landsat empleando las bandas rojo e infrarrojo cercano: *simple ratio* (SR), *simple ratio square root* (SRSR), *normalized difference vegetation index* (NDVI) y *vegetation index* (VI)⁵. Finalmente se verificaron y corrigieron la precisión espacial y las propiedades de los archivos y se transformaron a formato ASCII según requerimientos de Maxent.

Por otra parte, se obtuvieron y corrigieron los registros de *V. vicugna* de Global Biodiversity Information Facility (GBIF⁶). Debido a que GBIF no incluye registros

² Se emplearon las imágenes LC8007068119, LC8007068231 y LC8007068327, con resolución de 30x30 m. Fuente: <http://earthexplorer.usgs.gov>

³ Modelo digital de elevación GDEM ASTER del año 2008 con resolución original de 100x100 m. Fuente: http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

⁴ Las variables bioclimáticas fueron previamente procesadas por Ing. Adolfo A. Mejía Ríos, experto en modelamiento para la gestión de la biodiversidad, transformadas a una resolución de 100x100 m para las condiciones climáticas de 2010 según los modelos de WorldClim (<http://www.worldclim.org>). Comunicación personal, 2014.

⁵ Índices de vegetación: $SR = (NIR/R)$; $SRSR = \sqrt{(NIR/R)}$; $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$; $VI = (NIR-R)$. NIR = banda del espectro infrarrojo cercano; R = banda del espectro rojo.

⁶ <http://www.gbif.org>

dentro del ámbito de Tanta y estos son necesarios para un modelamiento adecuado, se generaron registros a partir de los datos del taller de mapeo participativo. Estos se integraron a los registros de GBIF en SIG y se verificó rigurosamente su calidad, tanto mediante Excel como SIG. Finalmente se transformaron a CSV para ingresarlos a Maxent.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan la distribución actual de la vicuña según el trabajo de campo y el hábitat potencial de la misma según el modelamiento con Maxent. Se analizan las relaciones de estas distribuciones con la presencia y actividades de la población local, así como los efectos que estas pueden generar sobre el hábitat de la vicuña y la especie.

Distribución actual de la vicuña

La distribución actual de la vicuña se determinó mediante el taller de mapeo participativo y observaciones en campo entre febrero y marzo de 2014. La figura 7 presenta el mapa de distribución de las zonas de presencia de vicuñas en la comunidad de Tanta junto con la cobertura vegetal.

Los avistamientos se distribuyen a lo largo de la comunidad. Además, la presencia de vicuñas se extiende sobre espacios mayores que el territorio comunal, abarcando una amplia extensión en el distrito de Canchayllo al norte del anexo Moyobamba. Según conversaciones con los comuneros y guardaparques locales, se pueden distinguir zonas de presencia permanente u ocasional. La presencia permanente de numerosos grupos de vicuñas se da en la zona norte, mientras que los avistamientos ocasionales y presencia momentánea de vicuñas se hallan dispersos al centro y sur de la comunidad. Estas sirven como zonas de pastoreo eventuales y como zonas de paso hacia otras comunidades de la RPNYC al este o hacia Huarochirí al oeste.

La distribución de vicuñas abarca distintos tipos de ambientes. Estos consisten de i) tierras altas sin vegetación, como roquedales y laderas, a lo largo de la comunidad y en especial hacia el sur de Tanta; ii) pastizales de tundra (generalmente césped de puna y áreas mixtas con bofedales o pajonales); y iii) pajonales y césped de puna al norte de la comunidad. Las tierras altas forman zonas protegidas por roquedales o cerca de cimas, además de hallarse más alejadas del tránsito de personas y ganado. En contraste, Moyobamba consiste de una cuenca amplia y abierta. Todas las zonas de avistamientos cuentan con la presencia de alguna fuente de agua permanente, como nacientes de quebradas, riachuelos, manantiales o lagunas (Korswagen, 2015).

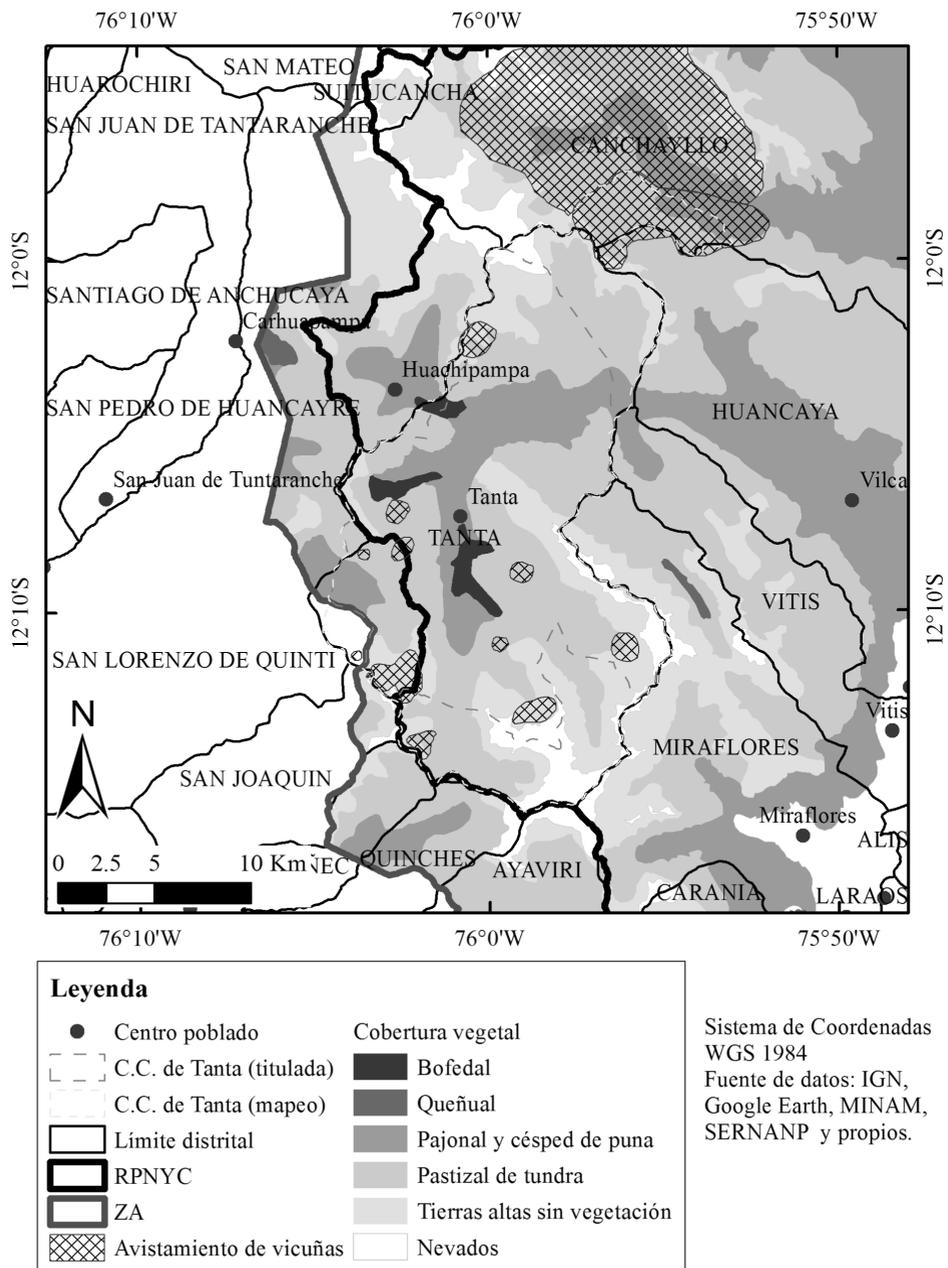


Figura 7. Mapa de distribución actual de la vicuña en Tanta. Las zonas de avistamiento de vicuñas corresponden a las observaciones en campo y a la información brindada en el taller de mapeo. El mapa muestra la cobertura vegetal según clasificaciones del Sernanp para el ámbito de la RPNYC (no se muestra la vegetación no relevante para la vicuña al sudeste). Elaborado por S. Korswagen, 2015.

Hábitat potencial de la vicuña

Se condujeron varios modelamientos con diferentes combinaciones de variables ambientales para estimar el hábitat potencial de la vicuña en la C.C. de Tanta. Los resultados presentados a continuación corresponden al mejor modelo para el área de estudio⁷. Si bien el modelo se corrió para un ámbito mayor a la RPNYC, los registros de vicuñas solo se distribuyeron en Tanta y alrededores. Debido al sesgo del modelo, el resultado que se presenta a continuación es representativo solo para el ámbito de modelamiento de la C.C. de Tanta. Otras combinaciones de variables mostraron mejores resultados a nivel de la RPNYC.

La figura 8 presenta el mapa de hábitat potencial de la vicuña como probabilidad de presencia de la especie, junto con las zonas de avistamientos y puntos de registro generados a partir de estas. Las áreas negras señalan valores sin datos para el modelo, las cuales representan espejos de agua y nevados. Las tonalidades grises señalan probabilidades de presencia de vicuñas superiores a 40%. Estas se distribuyen hacia el centro y sur de Tanta de acuerdo al relieve: las zonas adecuadas para la vicuña se presentan a lo largo de valles y quebradas a una altitud cercana a los 4500 msnm. Esta distribución revela la importancia de los pastos de buena calidad y las fuentes de agua para la especie. Zonas con probabilidades de presencia altas (60%) se hallan dispersas y fragmentadas.

En general, predominan zonas con probabilidades de presencia menores al umbral de 40%. El modelo indica que zonas de menor elevación (aprox. bajo 4000 msnm), como fondos de valle hacia el centro de Tanta y el distrito de Huancaya, no son hábitats adecuados. Tampoco son adecuadas las tierras altas al pie de nevados y laderas sin vegetación o muy frías, principalmente al norte y sur de Tanta.

Las zonas de avistamientos contienen zonas modeladas como adecuadas para la especie, aunque en menor medida de lo esperado. Por otra parte, se observa que los avistamientos de vicuñas abarcan zonas modeladas como hábitats no aptos en las partes altas. Esto puede señalar el desplazamiento de las vicuñas a ámbitos marginales y menos productivos a causa del ganado de la comunidad.

⁷ El modelo se consideró como el más representativo para el ámbito de la C.C. de Tanta debido a que i) muestra un promedio entre los diferentes modelamientos; ii) empleó la selección de variables más relevantes según indicadores arrojados por Maxent y según la literatura sobre las variables y la vicuña; y iii) tiene el indicador de performance AUC (*Area Under the Curve*) más alto de todos los modelamientos realizados (0,984). El AUC es una medida estadística de los errores de omisión y comisión del modelo; un AUC de 0,5 indica que la distribución modelada equivale a una distribución aleatoria, mientras que un valor cercano a 1 señala una buena predicción.

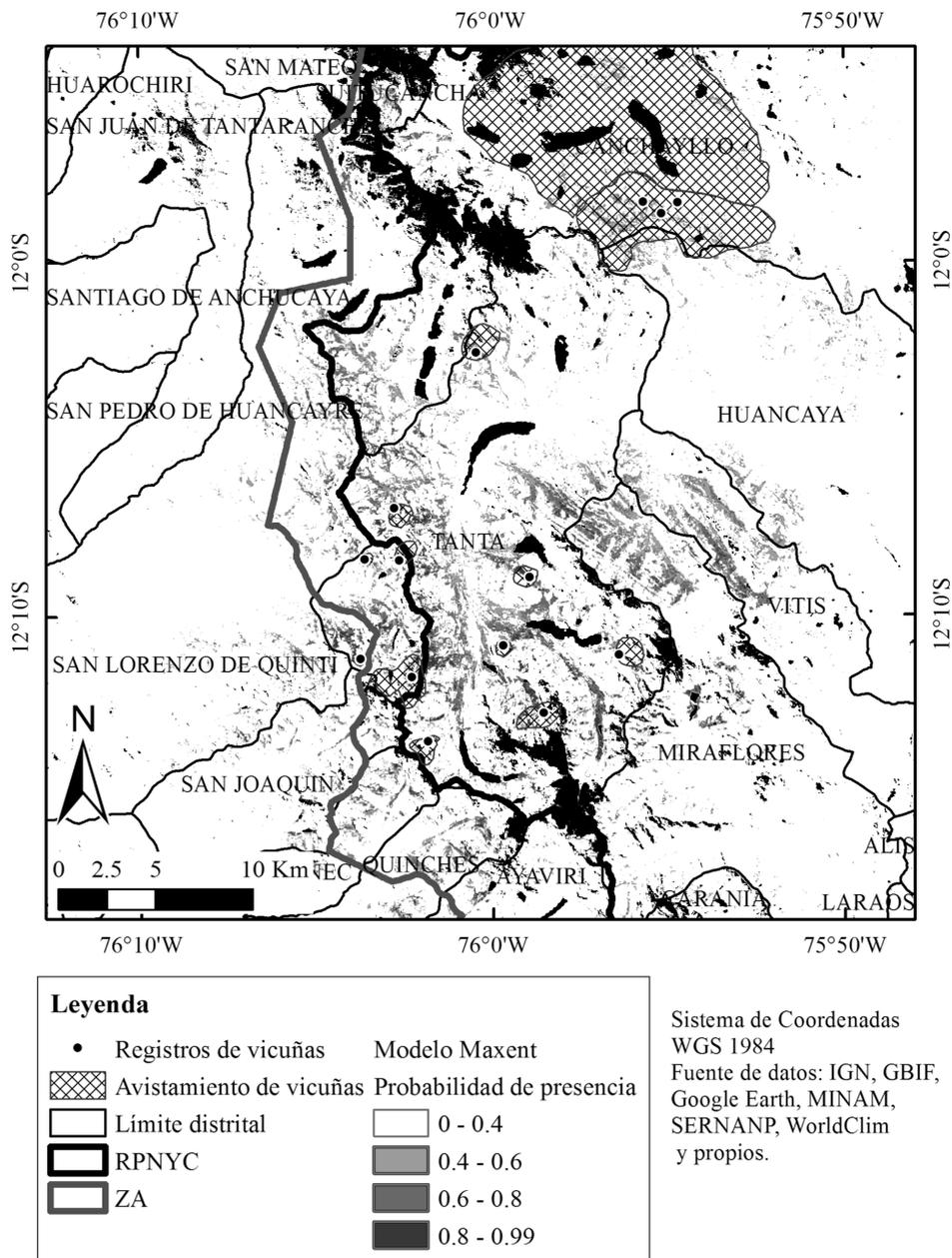


Figura 8. Mapa del hábitat potencial de la vicuña en Tanta según modelo Maxent. El modelo arroja los resultados como probabilidad de presencia de la especie. El mapa muestra las probabilidades de presencia mayores a 40%, junto con los registros generados a partir de las zonas de avistamiento de vicuñas. Las áreas negras son valores sin datos para el modelo y representan espejos de agua y nevados. Elaborado por S. Korswagen, 2015.

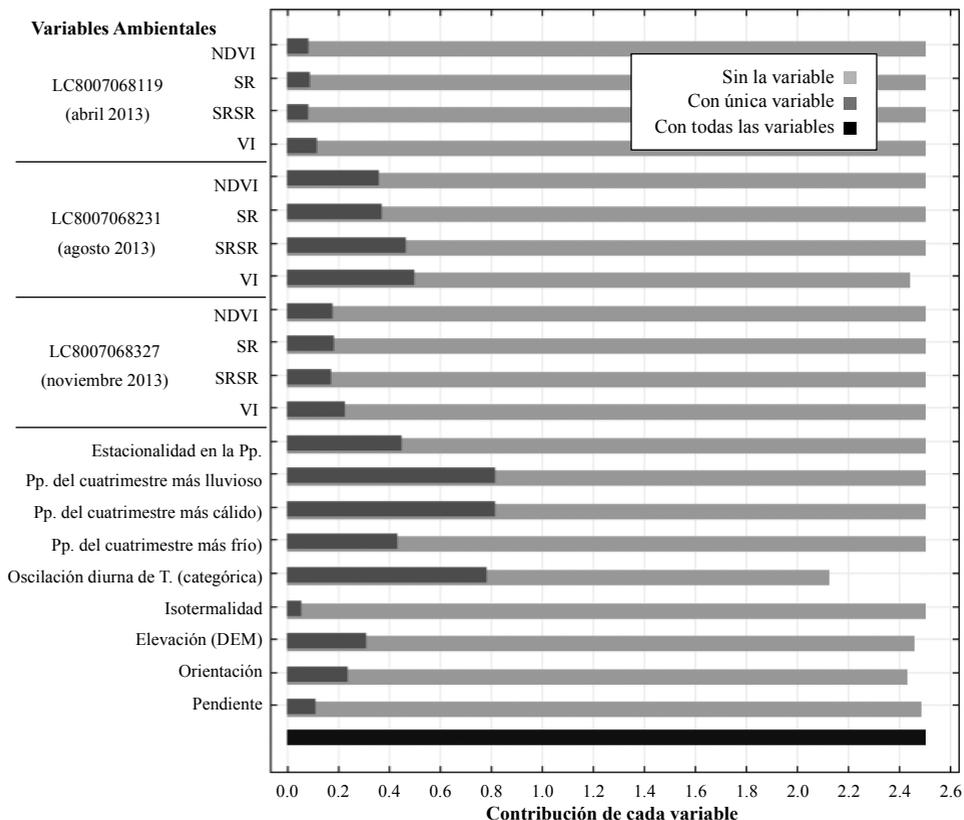


Figura 9. Test de *Jacknife* de sitios de entrenamiento para *V. vicugna*. Las barras indican la importancia de las variables en la determinación de la distribución de probabilidades de presencia de la especie. Elaboración propia en base a resultados de Maxent.

El modelo empleó tres grupos de variables: bioclimáticas (6), topográficas (3) e índices de vegetación (12). La selección de las mismas corresponde a una adaptación de la selección de Hernández (2007) para áreas de montañas en los Andes tropicales, a la cual se le agregaron los doce índices de vegetación y la precipitación del cuatrimestre más cálido.

Las variables empleadas y su relevancia se muestran en la figura 9. Maxent arroja el test de *Jacknife* como un análisis de la contribución de cada variable en la determinación del hábitat modelado. Se revela que el hábitat potencial de la vicuña está determinado principalmente por características ambientales relacionadas a variabilidad estacional. Entre las variables empleadas, las más determinantes son i) oscilación diurna de la temperatura, precipitación de los meses más lluviosos y precipitación de los meses más cálidos (verano); ii) índices de vegetación VI y SRSR luego de la estación seca (agosto),

así como la estacionalidad en la precipitación y la precipitación en los meses más fríos; y iii) otros índices de vegetación para agosto y el modelo digital de elevación.

La tabla 1 compara la extensión de las zonas de avistamientos según el mapeo participativo con la extensión del hábitat potencial según Maxent. La diferencia entre los ámbitos de análisis se debe a que el segundo ámbito incluye la zona de Moyobamba. Al ser esta la zona principal de presencia actual de vicuñas se genera la fuerte diferencia en la columna central. Se identifica asimismo que tanto para la C.C. de Tanta titulada como mapeada, el área modelada en Maxent es mayor a la zona de avistamiento de vicuñas. El 15,21% de territorio comunal según el mapeo puede considerarse como hábitat potencial para la vicuña, pero solo el 10,04% conforma la zona de avistamientos actuales. Esta diferencia entre el hábitat potencial y la zona de distribución actual indica la no ocupación del hábitat debido a la presencia de actividades y ganado doméstico asociados a la comunidad de Tanta.

Ámbito	Área	Distribución actual según zona de vicuñas	Modelo Maxent del hábitat potencial
C.C. de Tanta (titulada)	Ha %	1419,00 5,72	4274,03 17,23
C.C. de Tanta (mapeo)	Ha %	3666,00 10,04	5557,60 15,21

Tabla 1. Comparación del hábitat de la vicuña según el mapeo participativo y el modelo Maxent. La segunda columna indica el área mapeada (según taller) o modelada (con probabilidad de presencia >0,4) para el hábitat de la vicuña y el porcentaje correspondiente respecto de la C.C. de Tanta. Fuente de datos: Sernanp y propios. Elaboración propia.

Relaciones e impactos

Pueden distinguirse impactos indirectos de las actividades de la comunidad sobre el ecosistema de pastizales —los cuales afectan el hábitat de la vicuña— de otros impactos directos sobre la especie misma. En la figura 10 se muestra un mapa con algunos impactos relacionados a las actividades de la C.C. de Tanta y el hábitat de la vicuña.

Se identifica la superposición de las granjas comunales con áreas modeladas como hábitat potencial, además de otras granjas aledañas a zonas de avistamiento de vicuñas. Estas superposiciones se dan sobre todo en la zona sudoeste y sur de Tanta. Sin embargo, cabe recordar que todos los pastos naturales son aprovechados para el pastoreo extensivo en la comunidad. El sobrepastoreo afecta las granjas comunales cercanas a zonas de avistamiento de vicuñas, así como zonas modeladas como hábitat potencial (Korswagen, 2015).

El sobrepastoreo se produce en la mayor parte de las granjas comunales y del territorio comunal. Se ha confirmado un impacto negativo sobre la calidad de los pastizales, por ejemplo en términos de especies palatables, calidad ecológica y suelos, a causa del pastoreo con ovinos, alpacas y vacunos (Flores, 2015a, 2015b). Pese a las prácticas de rotación de campos y tiempos de pastoreo, la tendencia de los pastizales es negativa (Flores, 2015a). Además, si bien Moyobamba está designada para la crianza de vicuñas y el ingreso de ganado está prohibido, aún ingresan animales domésticos por un periodo de cuatro meses, «compitiendo con las vicuñas por espacio, cobertura y forraje» (Flores, 2015b, p. 35).

El aumento del número y densidad de ganado en la comunidad desde hace algunas décadas trae como consecuencia una mayor presión sobre los pastizales y las fuentes de agua. Una de las consecuencias es la sustitución de los pastos naturales por arbustales. Esto se observa al sudoeste del área de estudio y es perjudicial para el hábitat de la vicuña, ya que solo los consumen en caso de extrema necesidad. Por otro lado, la disminución de arbustales se debe a la extracción para consumo doméstico por la población. Sin embargo, no se ha identificado una reducción importante en la extensión de los pastizales. Los participantes en el taller de mapeo manifestaron estar preocupados por la disminución en la calidad de los pastos, mas no por su extensión. Es más, modelamientos de la cobertura vegetal bajo escenarios de cambio climático revelan que podrían incrementarse en un futuro debido al aumento de la temperatura atmosférica y la reducción de cobertura nival (Gil Ramón *et al.*, 2013).

Por otra parte, la comunidad identificó que varios manantiales se han secado, en especial al oeste y sudoeste. Esto puede deberse a la presión del ganado, pero también a un menor aporte hídrico. También se ha reducido la cobertura nival en Tanta y la RPNYC. Entre 1940 y 1999 desapareció el 95% de la cobertura glaciar en la RPNYC (Portuguéz *et al.*, 2011) y, según los comuneros, cuatro nevados han desaparecido en Tanta. Esta disminución impacta en una menor disponibilidad de fuentes de agua, lo cual es perjudicial tanto para la calidad de pastizales y bofedales como para la fauna dependiente. Las zonas donde han disminuido manantiales se relacionan además con los aumentos de arbustales y mayor presión del ganado.

Las cruces en la figura 10 señalan amenazas para las vicuñas y su hábitat. Se han considerado como tales el sobrepastoreo, la presencia de ganado doméstico y las señales de caza furtiva. La presencia del ganado doméstico en zonas de vicuñas no solo representa el sobrepastoreo, sino la transmisión de enfermedades y la perturbación de las vicuñas. Se ha afirmado que el ganado comunal transmite la sarna a las vicuñas y que muestra continuamente esta enfermedad (Flores, 2015b, 2015c). La sarna es la principal causa de muertes y por ende la principal amenaza para las vicuñas.

La presencia de ganado afecta la conducta de los grupos de vicuñas o condiciona su movilidad. Varios autores han identificado que la vicuña evita asociarse con otras

especies y que la presencia de personas, ganado y perros disturban a las vicuñas (Villalba, 2000; Benitez *et al.*, 2006; Borgnia *et al.*, 2008; Arzamendia *et al.*, 2012; Rojo *et al.*, 2012). Sobre la base de observaciones en campo, Flores (2015b) y Gil Ramón *et al.* (2013) han afirmado también que la interacción con ganado y personas define la distribución de vicuñas en Tanta. De este modo, las superposiciones entre vicuñas y ganado en Tanta no son simultáneas o solo se avistan juntas momentáneamente (Korswagen, 2015). La presencia de ganado ocasiona el desplazamiento las vicuñas a ambientes menos productivos o a las comunidades aledañas.

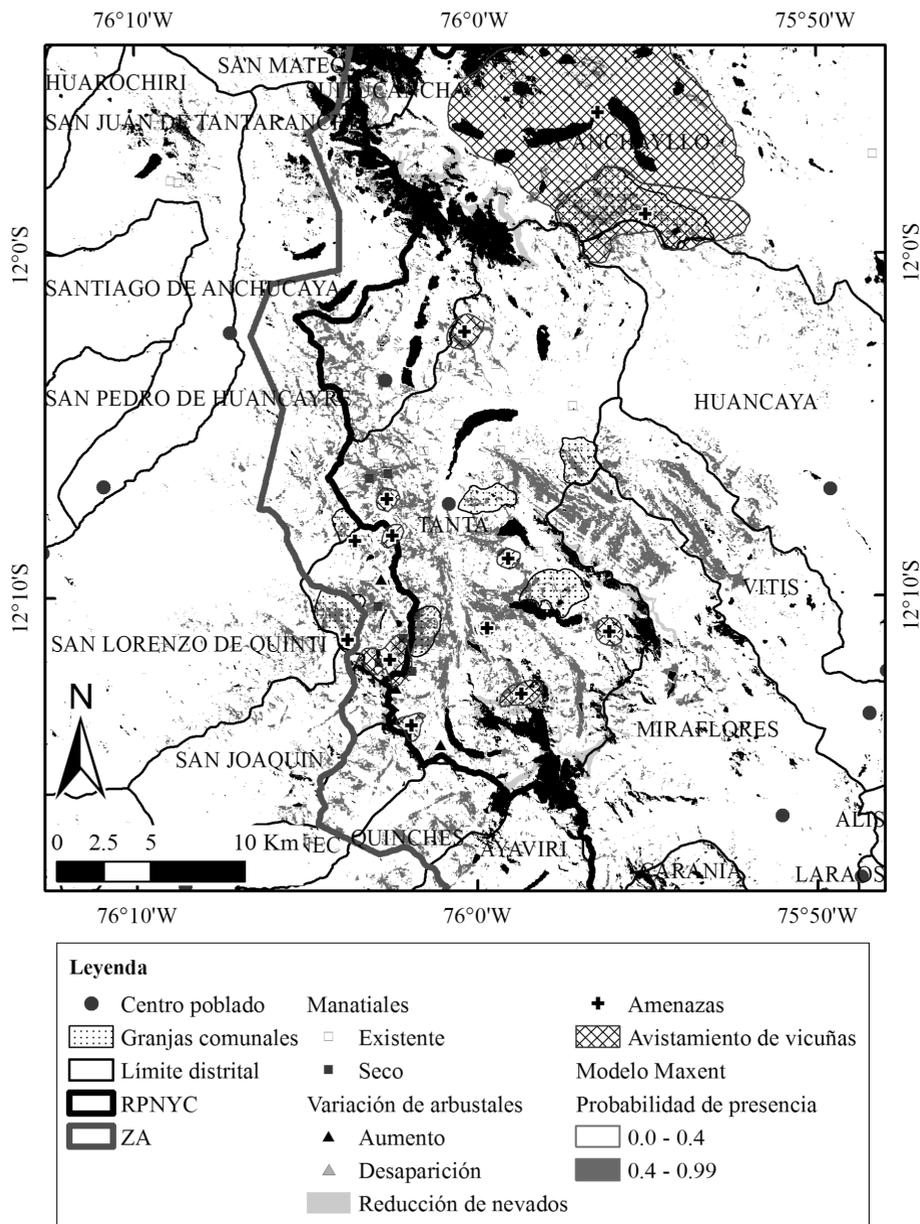
Otra amenaza para la población de vicuñas en Tanta consiste de los zorros silvestres (Flores, 2015b). Además, la comunidad y el Sernanp han avistado cazadores furtivos ajenos a la comunidad o señales de su presencia en distintos puntos de la comunidad (Korswagen, 2015). La caza furtiva es, sin embargo, muy rara actualmente. Por otro lado, luego del taller de mapeo resultó llamativo que la comunidad no mencionó la presencia de concesiones y actividades mineras en la ZA cerca de Tanta, como tampoco del embalse de la empresa hidroeléctrica Celepsa. Puede que ello se deba a que no los consideran parte de las actividades en la comunidad. Sin embargo, las actividades mineras podrían influir en la migración de vicuñas o en la calidad de su hábitat.

Finalmente, hay actividades de la C.C. de Tanta que no representan riesgos o impactos para el hábitat de la vicuña. Las vías que cruzan Moyobamba, por ejemplo, no representan un riesgo debido a la topografía y al bajo tránsito de vehículos, personas y ganado. El turismo también es de bajo impacto, mientras que actividades como la manufactura se realizan en el poblado principal o viviendas distribuidas en la comunidad.

5. DISCUSIÓN

Uno de los principales logros de la investigación consistió en articular dos métodos de análisis espacial correspondientes a ramas diferentes de las ciencias geográficas. Integrar el mapeo participativo con el modelamiento de especies en Maxent, además, no solo implica un uso complementario de herramientas en campo y gabinete, sino también la integración de conocimientos locales con tecnologías SIG. Este aporte metodológico es innovador para el área de estudio.

Además, existieron retroalimentaciones entre los estudios del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP – UNALM) (Flores *et al.*, 2014), el proyecto EbA Montaña (Gil Ramón *et al.*, 2013) y la presente investigación en Tanta (Korswagen, 2015). Si bien la coordinación pudo ser más estrecha, los resultados finales se complementan y coinciden en aspectos relacionados con el manejo de los recursos.



Sistema de Coordenadas WGS 1984

Fuente de datos: IGN, GBIF, Google Earth, MINAM, SERNANP, WorldClim y propios.

Figura 10. Mapa de impactos sobre el hábitat de la vicuña en Tanta. Se muestran las variaciones ambientales percibidas por la comunidad. Las cruces indican amenazas para las vicuñas y su hábitat, como el sobrepastoreo, la presencia de ganado doméstico y caza furtiva. Elaborado por S. Korswagen, 2015.

El mapeo participativo consistió del taller en campo y la digitalización en SIG. En campo se hallaron dificultades iniciales, como la convocatoria de participantes y el tiempo requerido para familiarizarse con los mapas base. Estos se solucionaron con el apoyo de los guardaparques locales y los facilitadores, junto con un adecuado manejo del tiempo. Por otro lado, a lo largo del taller se evidenció un constante intercambio de ideas, problemas y soluciones entre todos los presentes. Los actores locales mostraron interés por la cartografía y por los mapas como herramientas de análisis. Investigaciones anteriores en el área de estudio no plantearon compartir la perspectiva de análisis espacial con la comunidad.

Los mapas participativos, sin embargo, tienen una fuerte carga subjetiva e imprecisión espacial. Por ello, la digitalización en SIG enfrentó el reto de articular los datos de dos grupos de mapeo en un archivo vectorial para cada elemento dibujado. Para verificar y corregir la localización de los elementos dibujados, se contrastaron los mapas dibujados, cartografía base, imágenes satelitales de Google Earth, archivos vectoriales del Sernanp, entre otras fuentes, junto con las anotaciones al pie de los mapas y registros del taller.

El modelamiento con Maxent comprendió el proceso de modelamiento y la evaluación de los resultados. Las dificultades halladas inicialmente consistieron de la familiarización con el *software*, la disponibilidad de *hardware* y el peso de los archivos. Asimismo, se debieron seleccionar adecuadamente las variables relevantes para emplear en el modelamiento. Para ello se realizaron numerosos modelamientos de prueba con diferentes grupos de variables y escalas de análisis. Cabe recordar que se trata de modelos, por tanto referencias espaciales, y que están limitados por la información disponible y los conocimientos sobre el medio y la vicuña.

La relevancia de variables ambientales para hábitat potencial de la vicuña varía según la escala de análisis. A escala regional o superior, por ejemplo el Perú con resolución espacial de 1x1 km, son más explicativas elevación, variables de temperatura y que representen la variabilidad climática anual. En cambio, a nivel de paisaje, como la RPNYC a 30x30 m de resolución, tienen mayor significancia precipitación, variabilidad térmica anual, índices de vegetación y elevación.

La evaluación de los modelos comprendió una comparación entre los resultados, los indicadores estadísticos sobre su performance y la relevancia de las variables, así como con la literatura y el conocimiento de campo sobre el hábitat de la vicuña y su distribución. El mejor modelo para el área de estudio empleó una adaptación de la selección de variables para montañas andinas de Hernández (2007).

El modelo difiere de los resultados esperados. En base a las características del área de estudio se esperó mayor relevancia de las variables topográficas, mayor extensión del hábitat potencial y con valores de probabilidad de presencia más elevados. La elevación se presenta como factor limitante del hábitat potencial por el rango inferior, así como

las zonas de mayor altitud o muy frías, laderas sin vegetación y glaciares. Por otra parte, el modelo indica que el hábitat ideal para la vicuña presenta variaciones estacionales. La significancia de los índices de vegetación luego de la estación seca pueden señalar sitios clave para la especie, por ejemplo bofedales, los cuáles brindan buen alimento en época seca (Benitez *et al.*, 2006).

Una comparación entre los avistamientos de vicuñas y las granjas comunales de Tanta permite identificar una segregación espacial. Las zonas modeladas como hábitat adecuado para la vicuña, además, son en su mayoría empleados para el pastoreo de ovinos, alpacas y vacunos de los tanteños. La presencia humana y sus actividades impulsan el desplazamiento de las vicuñas y restringen la ocupación del hábitat potencial por las mismas.

6. RECOMENDACIONES

A partir del proceso de investigación es posible realizar algunas recomendaciones en relación al manejo de vicuñas en Tanta y la investigación en la zona de estudio.

Existen buenas perspectivas para el manejo de vicuñas en Tanta (Gil Ramón *et al.*, 2013; Flores, 2015b). Sin embargo, es necesario formular y actualizar los planes de manejo de vicuñas, de comercialización de la fibra y de uso turístico. El manejo de vicuñas puede complementarse y fortalecerse con una adecuada estrategia turística articulando visitantes, comunidad e identidad local. Puede evaluarse también la opción de asociarse entre comunidades de la RPNYC, ya que la asociatividad mejora las oportunidades y capacidades de las comunidades en la obtención de recursos, capacitación y acceso a mejores mercados. Asimismo, en ciertas comunidades se han asignado derechos sobre las vicuñas, de modo que se pone en valor el recurso a ojos de la comunidad, mejorando la protección y manejo de la especie⁸. Las vicuñas representan oportunidades para reconocer y valorar la oferta natural y las potencialidades socioculturales locales.

Todo manejo debe ser integral para ser sustentable (Lichtenstein *et al.*, 2002). Para el buen manejo de la especie y, en general, de los recursos naturales de Tanta, es necesario emplear un enfoque de ecosistemas. El enfoque ecosistémico es holístico y apunta a la gestión del paisaje, sus recursos y actores como un todo (Shepherd, 2006). También es importante concientizar sobre los servicios de los ecosistemas.

⁸ La vicuña está considerada como especie amenazada y, como especie silvestre y protegida, es propiedad del Estado peruano en su territorio. La propiedad sobre las vicuñas está prohibida en el país. Sin embargo, en la comunidad de Lucanas, Ayacucho, se negoció «en préstamo» un grupo de vicuñas para su manejo, proyecto que ha tenido un gran éxito.

La vicuña constituye un recurso para la C.C. de Tanta. No solo se trata de su valor económico, que puede reflejarse en la venta futura de fibras, ingresos por turismo e incluso en el aumento en el capital humano por capacitación. Sus adaptaciones naturales evitan la degradación del paisaje altoandino y mantienen el flujo de servicios ecosistémicos. De esta manera, la vicuña constituye un recurso para mantener los servicios ecosistémicos, de los cuales depende el desarrollo de las poblaciones humanas. Además, puede tomarse a la especie como medio para la conservación del ecosistema altoandino en sí.

Adicionalmente, en Tanta deben tomarse estrategias contra la saturación de pastos. Puede mejorarse la productividad de los pastos mediante el riego o abonamiento; reducirse el número de ganado, en particular ovino y vacuno; y fortalecer otras actividades y productos con identidad local, como textiles y quesos con certificación de origen. Además, es necesario mejorar los índices de educación en la RPNYC para fortalecer el capital humano y social.

Por otra parte, se recomienda investigar las zonas de paso de vicuñas en la RPNYC y hacia otras provincias, con el objetivo de identificar corredores para la protección de la especie y fauna silvestre asociada, por ejemplo en relación a las actividades mineras fuera de la RPNYC. Futuras investigaciones deben promover la articulación e incorporación de métodos espaciales, así como técnicas participativas. La devolución de resultados y transmisión de conocimientos debe ser un componente imprescindible de las investigaciones.

7. CONCLUSIONES

La investigación analizó las relaciones espaciales entre las actividades de la C.C. de Tanta y el hábitat de la vicuña en la comunidad. Se determinaron la distribución actual y el hábitat potencial de la especie, luego se identificaron los impactos que las actividades de la población han generado en el hábitat de la vicuña.

La distribución de la vicuña en Tanta es resultado de un balance de factores. El hábitat potencial está determinado la precipitación, el rango térmico diario, las condiciones de la vegetación en la estación seca, la estacionalidad en la precipitación y la elevación. La distribución actual, en cambio, está determinada por la presencia humana y el ganado doméstico. El ganado comunal impacta en el hábitat de la vicuña a través de la degradación de los pastizales por sobrepastoreo, así como transmite la sarna a la vicuña. Debido a características conductuales, la vicuña evita asociarse con especies domésticas y se desplaza a ambientes más alejados o marginales.

Finalmente, se destacan los siguientes aspectos de relevancia producto la investigación. Primero, se generó información de interés actual y a futuro para la C.C. de Tanta y las organizaciones con presencia local. Segundo, el taller de mapeo se convirtió

en un espacio de discusión activa e impulsó una motivación por la cartografía como herramienta de gestión. También permitió el intercambio de perspectivas entre actores diversos e ideas para el buen manejo de Tanta. Tercero, la presente investigación representa la integración exitosa de métodos y procedimientos de análisis en geografía física y humana. Por todo ello, constituye un aporte a la investigación científica para la zona altoandina en el Perú.

Agradecimiento

La investigación ha sido posible gracias a la orientación y el apoyo logístico del proyecto Adaptación basada en Ecosistemas de Montaña (EbA Montaña. PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)), en especial M.Sc. Pablo Dourojeanni e Ing. Woodro Andia. La autora agradece también el apoyo de PhD. Enrique Flores del LEUP (Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)), a los miembros del Sernanp de la RPNYC–Tanta, a los compañeros de campo Abel Cisneros y Bach. Christian Gonzáles y a los participantes en el taller de mapeo participativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzamendia, Y., J. Baldo y B. Vilá (2012). *Lineamientos para un Plan de Conservación y Uso Sustentable de Vicuñas en Jujuy, Argentina*. Jujuy: VICAM, EDIUNJU.
- Benitez, V., M. Borgnia y M. Cassini (2006). Ecología nutricional de la vicuña (*Vicugna vicugna*): un caso de estudio en la Reserva Laguna Blanca, Catamarca. En B. Vilá (ed.), *Proyecto MACS, Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Capítulo 5. Luján.
- Borgnia, M., B. Vilá y M. Cassini (2008). Interactions between wild camelids and livestock in an Andean semi-desert. *Journal of Arid Environments*, 72, 2150-2058. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.012>
- Corbett, J., S. Devos, S. Di Gessa, K. Fara, I. Firmian, H. Liversage, M. Mangiafico, A. Mauro, Mwanundu, S., R. Mutandi, R. Omar, G. Rambaldi, R. Samii y L. Sarr (2009). *Buenas prácticas en cartografía participativa*. Análisis preparado para el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Roma.
- Flores, E. (2015a). *Diagnóstico (Línea de Base) de la Situación Actual del Ganado en los Sectores de la Granja Comunal de Tanta*. Informe Interno. LEUP–UNALM, Lima.
- Flores, E. (2015b). *Diagnóstico Situacional y Línea de Base para el Manejo de Vicuñas en el sector Moyobamba - Granja Comunal de Tanta*. Informe Técnico Interno. LEUP–UNALM, Lima.
- Flores, E., Ñaupari, J., Tácuna, R. y B. Yalli (2014). *Informe de Reconocimiento de los Pastizales de la Granja Comunal de Tanta*. Informe Interno. LEUP–UNALM. Lima.

- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions. Spatial Inference and Prediction*. Nueva York: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511810602>
- Gil Ramón, V. et al. (2013). *Evaluación del impacto y la vulnerabilidad del cambio climático de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas y áreas de amortiguamiento (VIA RPNYC). Informe final*. CDC–UNALM, FEP–UNALM, IRI–Columbia y EICES–Columbia.
- Hernández, P. (2007). Métodos para crear los modelos de distribución. En B.E. Young (ed.), *Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia* (pp. 13-17). Arlington, Virginia: NatureServe.
- Hofmann, Rudolf (1983). *El manejo de la vicuña silvestre*. Vol 1. Texas: GTZ.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2007). *XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007*.
- Inrena, Intendencia para Áreas Naturales Protegidas (2006). *Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas. Plan Maestro 2006-2011*. Lima: Inrena.
- Korswagen, S. (2015). *Análisis espacial del hábitat de la vicuña (Vicugna vicugna) en relación a las actividades de la comunidad campesina de Tanta, Yauyos, Lima*. Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Lichtenstein, G., F. Oribe, M. Grieg-Gran y S. Mazzuchelli (2002). *Manejo comunitario de vicuñas en Perú. Estudio de caso del manejo comunitario de vida silvestre*. Buenos Aires: Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo-América Latina (IIED).
- Mateo, R., A. Felicísimo y J. Muñoz (2011). Modelos de distribución de especies. Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- McCall, M. (2006). ¿Precisión para quién? Ambigüedad y certeza del mapeo en SIG (Participativos). *Aprendizaje y acción participativos*, 54, 136-142.
- Muñiz, F. y M. Tito (2012). Perfil entero parasitoscópico de la vicuña. Centro de Investigaciones en Camélidos Sudamericanos CICAS La Raya–UNSAAC. *El Antoniano*, 22(120), 127-136.
- Philips, S., M. Dudik, y R. Schapire (2010). *Maxent Software, version 3.3.3e*. <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>
- Portuguéz Yactayo, H., A. Aucasime Orihuela, D. Matos Delgado et al. (Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural) (2011). *Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas*. Lima: Minam.
- Rojo, V., Y. Arzamendia y B. Vilá (2012). Uso del hábitat por vicuñas (*Vicugna vicugna*) en un Sistema Agropastoril en Suripujio, Jujuy. *Mastozoología Neotropical*, 19(1), 127-138. Mendoza.
- Sernanp (2008). *Módulo de uso sustentable (MUS) y repoblamiento de vicuñas en el Santuario Histórico de Machu Picchu. Región Cusco, Provincia de Urubamba, Distrito de Machupicchu*.

- Shepherd, G. (2006). *El enfoque ecosistémico. Cinco pasos para su implementación*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.
- Villalba, L. (2000). Uso de hábitat e interacciones entre la vicuña y alpaca en la Reserva Nacional de Fauna Ulla Ulla. La Paz–Bolivia. En B. González, F. Bas, C. Tala y A. Iriarte (eds.), *Seminario. Manejo Sustentable de la Vicuña y el Guanaco* (pp. 67-84). Santiago de Chile: Servicio Agrícola y Ganadero, Pontificia Universidad Católica de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.