



sepia



# SEPIA XII

**Perú : El problema agrario en debate**

**Tarapoto, 13 al 16 de agosto 2007**

**Tema II**

**“Ganadería y sociedades pastoriles”**

**“Distribución potencial del guanaco  
y la vicuña en el Perú”**

**Claudia Véliz<sup>1</sup> y Domingo Hocés<sup>2</sup>**

---

<sup>1</sup> Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina  
cveliz@lamolina.edu.pe

<sup>2</sup> Coordinadora de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos. CONOPA.  
domingoh2647@yahoo.com

## Resumen

Se presentan los resultados de la distribución potencial a nivel nacional para el guanaco (*Lama guanicoe cacsilensis*) y la vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*). La distribución se ha modelizado con el programa Maxent el cual usa datos georreferenciados provenientes de los conteos nacionales, y los combina con datos medioambientales para cada punto. Los resultados corroboran en gran parte la distribución latitudinal y altitudinal de la vicuña, pero pone en evidencia la falta de información para el guanaco pues no predice correctamente su distribución altitudinal. La distribución potencial puede ser utilizada para evaluar el efecto de los posibles procesos de expansión de ganadería no autóctona, así como para determinar la capacidad de carga de los pastos en distintos ambientes ecológicos. La metodología puede ser aplicada para evaluar la distribución potencial de otras especies silvestres de interés económico, así como para maximizar la eficiencia al momento de decidir los lugares de muestreo para evaluar la presencia de una especie.

**Palabras clave:** Guanaco, método inductivo, método deductivo, modelización, vicuña.

## Introducción

Saber cómo está distribuida una especie es una incógnita que al menos en las últimas dos décadas ha cobrado importancia. Para el caso de la vicuña y el guanaco en el Perú, se tienen mapas de ubicación como el de Grimwood (1968) donde solo se señalan localizaciones para ambas especies, hasta mapas un poco más precisos como el realizado por INRENA y citado por Hoces (S/f) para la vicuña o el desarrollado por Laker (2004). Sin embargo, estos intentos corresponden a lo que se denomina un desarrollo deductivo del mapeo de la distribución de una especie, es decir llevar al mapa las ubicaciones o áreas conocidas sin poder luego hacer una generalización para otras áreas con similares características. En este trabajo se presenta un desarrollo inductivo para obtener la distribución potencial del guanaco y la vicuña relacionando los puntos de ocurrencia con las variables ambientales,

generando así un mapa de probabilidad de su distribución en lugares cuyas características ambientales son similares a los lugares donde han sido observados los individuos de cada especie.

La necesidad de obtener la distribución potencial para ambas especies es crucial, en el caso de la vicuña por el contexto futuro de implementación de planes para su aprovechamiento a mayor escala; y en el caso del guanaco por ser una especie para la cual la cantidad de información disponible sobre su distribución es hasta el momento muy pobre. Pero ¿y por qué sólo estas dos especies y no para todos los camélidos?. Modelar la distribución de una especie analizando la interacción de su presencia en determinado lugar con el conjunto de variables ambientales ahí presentes, tiene mayor validez para especies en estado silvestre, ya que evaluar la misma relación en especies domesticadas encerraría los efectos provenientes del proceso de adaptación a distintas condiciones ambientales. Por otro lado, conocer la distribución potencial será importante en el futuro, para evaluar como menciona Laker (2004), hasta que punto los límites en la distribución son ecológicos o sociales, es decir, si efectivamente podría ser el ganado un factor limitante para la expansión de ambas especies. En este contexto conocer la distribución potencial de ambas especies constituye una herramienta útil para evaluar la expansión o relocalización de la ganadería no autóctona y planificar así el uso y manejo adecuado de los pastos.

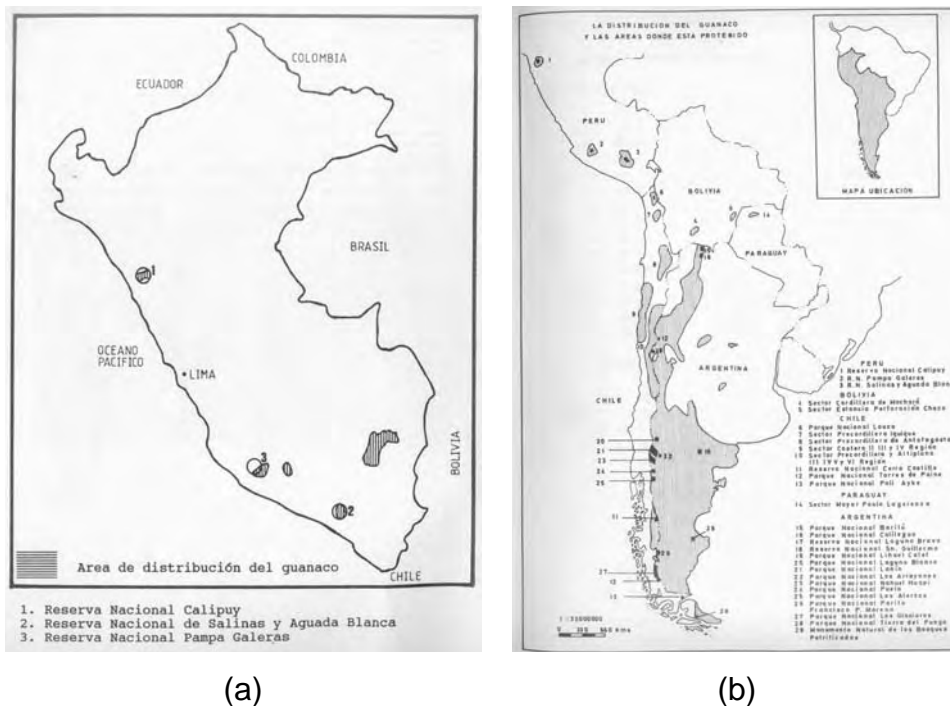
### **Antecedentes**

La vicuña es el más pequeño de los camélidos sudamericanos. Según CONACS (S/f) su distribución altitudinal va desde los 3800 hasta los 5000 m.s.n.m. pero existen avistamientos de individuos a menor altitud. Se sabe que existen dos subespecies *V.v. vicugna* y *V.v. mensalis* cuyo límite de distribución está fijado alrededor de los 28° LS. Marín *et al* (2007), confirman mediante análisis genéticos que esta diferencia efectivamente existe y está relacionada a la presencia de un “cinturón diagonal seco” que va de NO a SE desde los 22 hasta los 29 ° LS. Esta zona casi no recibe precipitación, e incluso en las montañas más altas no se forman glaciares. Al interior de este cinturón se habrían adaptado los individuos de la subespecie *vicugna* mostrando

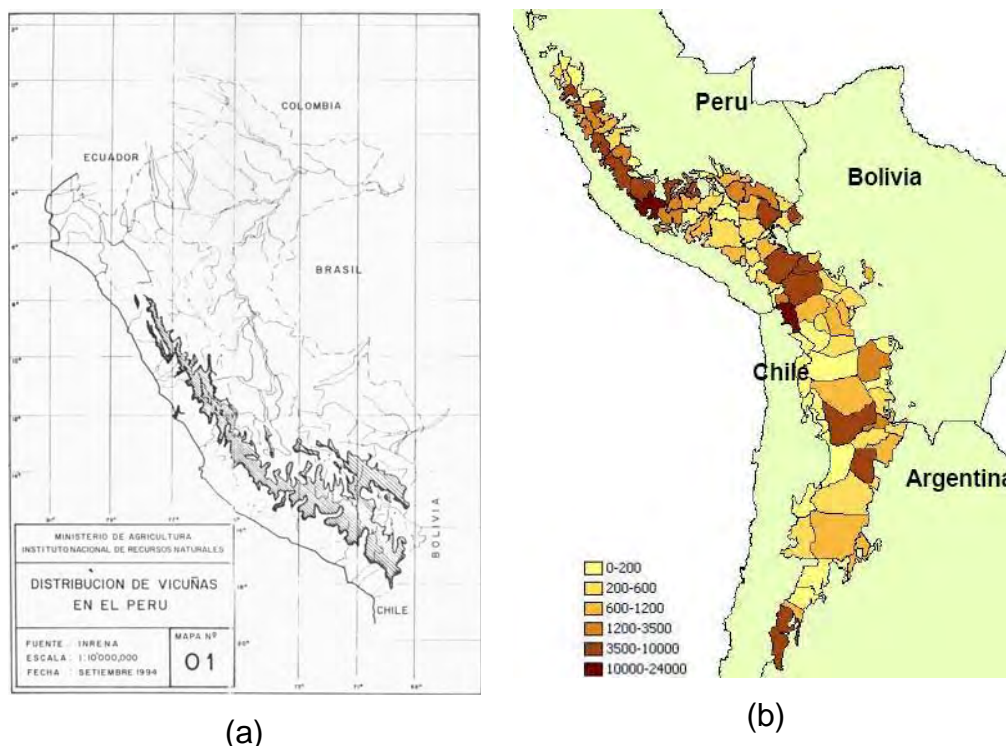
diferencias a nivel genético como resultado de este aislamiento (Marín *et al*, 2007).

Por otro lado, el guanaco es el más grande de los camélidos sudamericanos. Existen denominadas hasta el momento cuatro subespecies: *L.g. cacsilensis* en el altiplano peruano, boliviano y del noreste chileno, *L.g. huanacus*, que existe solo en Chile, *L.g. voglii* limitado a las pendientes de los Andes entre los 21°S y 32°S en Argentina y finalmente *L.g. guanicoe*, en Argentina y en Chile al sur de los 38°S (FAO, 1997). CONACS (S.f.) refiere que se distribuye desde el nivel del mar hasta los 4600 m.s.n.m. y Castillo (2006) entre 4800 y 5000 m.s.n.m.

Los trabajos realizados para mapear la distribución de ambas especies han sido variados, los más recientes se pueden observar en la Figura 1 y la Figura 2. Actualmente el CONACS se encuentra ordenando la información de vicuñas a nivel distrital para generar un mapa que estaría reflejando los lugares donde se ha censado vicuñas y por lo tanto con presencia de poblaciones. (Hoces, com. pers.)



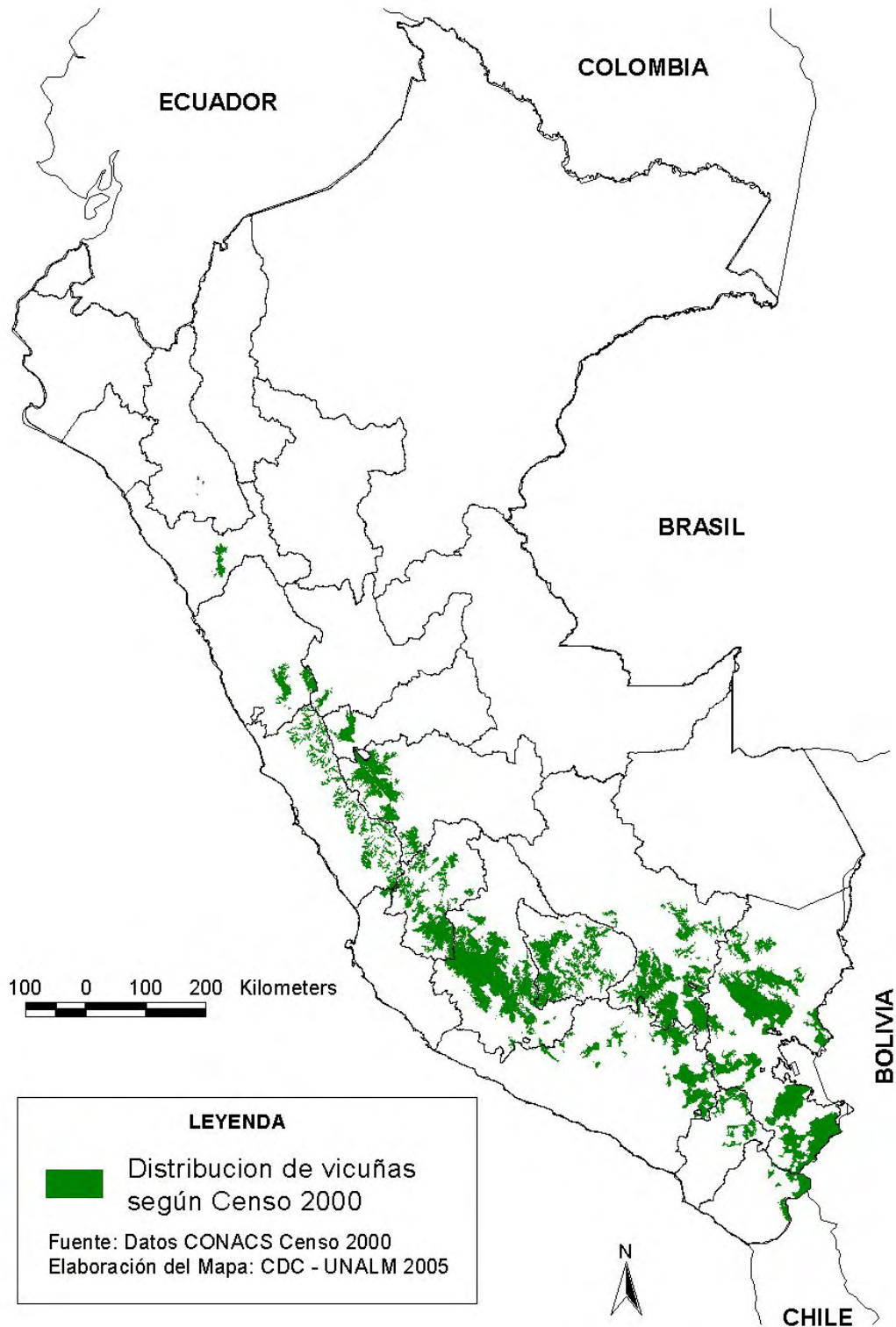
**Figura 1** Distribución de guanacos (a) En el Perú según Torres (1985)  
(b) En Sudamérica según FAO/PNUMA (1992)



**Figura 2 Distribución de vicuñas (a) En el Perú según INRENA (1994) citado por Hoces (S/f) (b) En Sudamérica según Laker (2004), los colores se refieren a cantidades de individuos según la leyenda**

Por otro lado, con el objetivo de ubicar áreas muy generales que alberguen las 4 subpoblaciones de vicuña identificadas por Wheeler *et. al.* (2001) para incorporarlas en el Análisis de Recubrimiento Ecológico del SINANPE, el Centro de Datos para la Conservación (CDC – UNALM, 2006) realizó un mapeo de la distribución de las poblaciones de esta especie basado en los datos a nivel distrital del censo nacional del año 2000 (293 distritos de 67 provincias en 16 departamentos). Se obtuvo un mapa similar al de Laker (2004) al cual se le eliminaron las altitudes por debajo de los 3800 m.s.n.m. y por encima de los 4500 m.s.n.m. con ayuda del Modelo de Elevación Digital (STRM, 2004). Esto constituye un modelo deductivo y se puede observar en la Figura 3.

En otros países como en Argentina o Chile la distribución de las dos especies también se ha mapeado llevando al papel los registros de los conteos realizados. En Argentina por ejemplo se ha mapeado la distribución de guanacos para la zona del Chubut en la Patagonia (Baldi, 1997) y en Tierra del Fuego (Montes *et al* 2000).



**Figura 3 Modelo deductivo: Distribución de vicuñas según datos a nivel distrital censo nacional 2000. (CDC – UNALM, 2006)**

## Métodos

Para obtener la distribución potencial de ambas especies se utilizó el software Maxent, el cual requiere de dos tipos de insumos: Registros georreferenciados para ambas especies, y capas de píxeles (grillas) para diferentes variables climáticas y fisiográficas. Para el caso de vicuñas los puntos georreferenciados (72 puntos) se obtuvieron del Ministerio de Agricultura (1977), del documento de Hoces (1983) y del muestreo realizado por Wheeler *et. al.* (2001). Para el guanaco los datos fueron obtenidos del muestreo realizado por el Proyecto Guanaco 1 de CONOPA en el año 2004 en diversas localidades del país.

Las variables climáticas se obtuvieron del WORLDCLIM (ver dirección web en referencias bibliográficas). Se utilizó un set de 19 variables:

BIO1 = Temperatura Media Anual

BIO2 = Promedio del Rango Diurno (promedio mensual (t máx - t min))

BIO3 = Isotermalidad

BIO4 = Estacionalidad de la Temperatura

BIO5 = Temperatura máxima de Mes más Caluroso

BIO6 = Temperatura mínima de Mes más Frío

BIO7 = Rango Anual de Temperatura

BIO8 = Temperatura Media de trimestre más húmedo

BIO9 = Temperatura Media de trimestre más seco

BIO10 = Temperatura Media de trimestre más Caluroso

BIO11 = Temperatura Media de trimestre más Frío

BIO12 = Precipitación Anual

BIO13 = Precipitación de Mes más húmedo

BIO14 = Precipitación de Mes más Seco

BIO15 = Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de Variación)

BIO16 = Precipitación de trimestre más húmedo

BIO17 = Precipitación de trimestre más Seco

BIO18 = Precipitación de trimestre más Caluroso

BIO19 = Precipitación de trimestre más Frío

Las variables fisiográficas utilizadas fueron:

## Modelo de Elevación Digital (DEM) (para altitud)

### Pendientes (generadas a partir del DEM y sólo para vicuñas)

Los valores de estas variables se encuentran en píxeles de 1 km de lado, es decir para un cuadrado con 1 km<sup>2</sup> se tiene un valor de altitud, pendiente, temperatura media anual, etc. Si al interior de ese cuadrado cae un registro de vicuña o guanaco, el programa analiza la relación existente de esa presencia con las variables ambientales. Si caen dos registros el programa solo selecciona uno de ellos.

Pero ¿cómo funciona el Maxent?. Para Maxent la totalidad de píxeles del área de estudio constituye el espacio en donde se define una distribución de probabilidades (la probabilidad de que la especie este presente y va de 0 a 100%). Los píxeles que albergan un registro georeferenciado constituyen puntos de muestra, y las variables asociadas a ese punto (climáticas, fisiográficas, etc.) son las características que explican la ocurrencia de ese punto. Una de las principales restricciones para el resto de celdas que no contienen un registro georeferenciado, es que el valor esperado de cada variable debería coincidir con el promedio empírico que se obtiene de los puntos de muestra (Phillips, en prensa).

Esta distribución de probabilidades que se obtiene con Maxent, no es cualquier distribución sino aquella de "máxima entropía" que equivale a decir que se "maximiza la ignorancia sobre los datos". Explicando esto con los conceptos de Jaynes (1957, citado por Phillips, en prensa) esto significa que lo mejor es asegurarse que nuestra aproximación esta de acuerdo con todas las prohibiciones o restricciones que conocemos; si el modelo se ajusta a estas restricciones se alcanza la máxima entropía. En otras palabras el modelo esta de acuerdo con todo aquello que es conocido pero evita cuidadosamente asumir cualquier aspecto que es desconocido (Jaynes, 1990 citado por Phillips, en prensa).

Una vez que se obtiene el mapa de distribución de probabilidades (que va de 0 a 100%) hay que decidir el valor de probabilidad mínima que se va a considerar como aceptable para el mapa de distribución potencial: ¿consideramos las



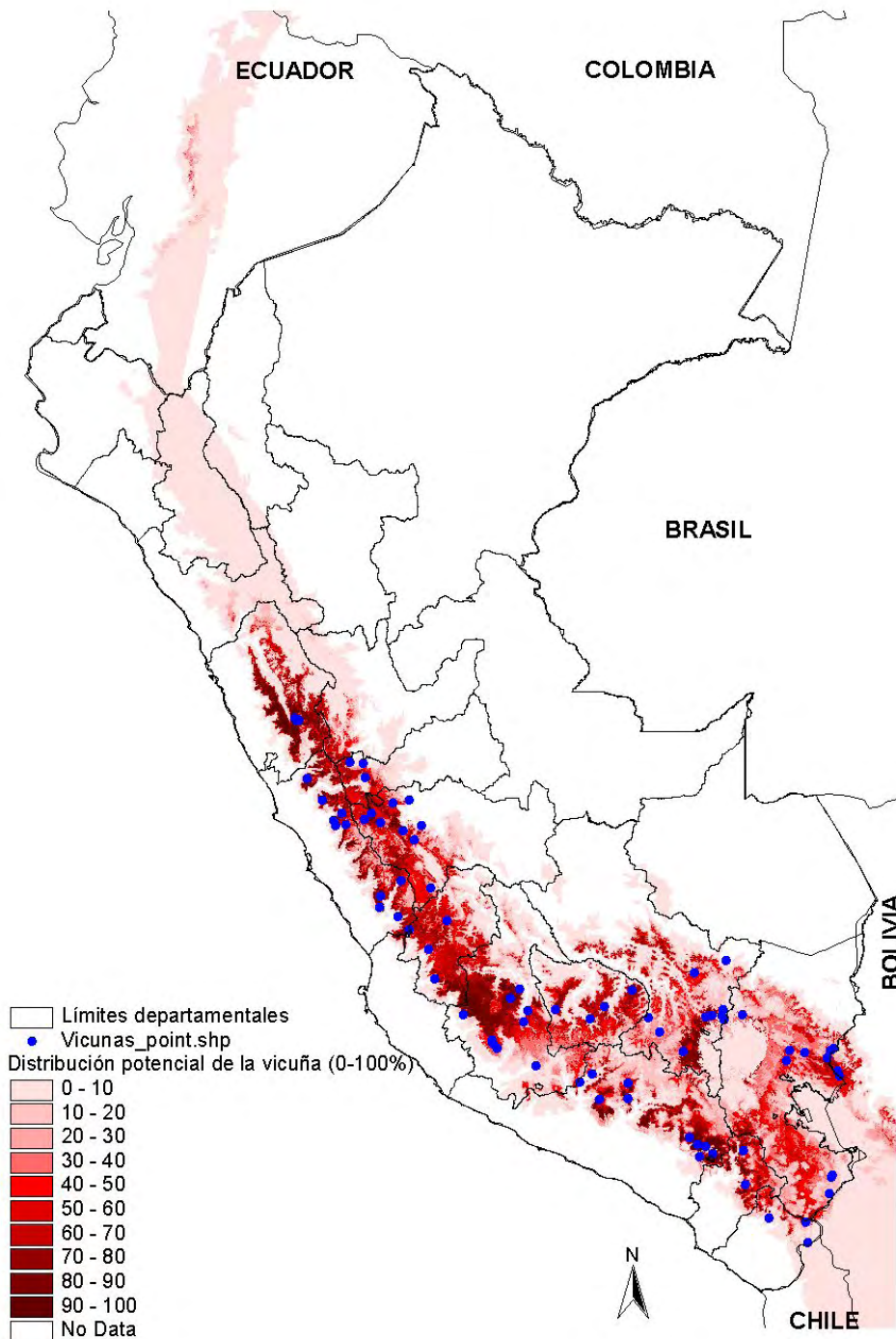
probabilidades por encima de 10, 20, 50%?. Para esto el programa construye una curva (llamada curva ROC) en donde se compara la proporción de puntos que han sido considerados dentro del modelo (sensibilidad) versus la proporción de puntos de ausencia que han sido considerados fuera del modelo (especificidad). El punto donde se alcanza el máximo valor para ambos se considera el umbral de corte.

Para definir el área sobre la cual el programa Maxent decidirá si es probable o no encontrar las especies se tomó en cuenta, para el caso de la vicuña, todos los píxeles a partir de los 2500 m.s.n.m. en la vertiente occidental y hacia la vertiente oriental hasta los 3000 m.s.n.m. El propósito de tomar en cuenta un rango mas amplio que la distribución conocida, es darle al programa la libertad de decidir por si mismo cual sería la altitud mínima y máxima para ambos lados de la vertiente. De manera similar, para el guanaco se consideró desde el nivel del mar en la vertiente occidental hasta 3000 m.s.m.m. en la vertiente oriental. El área de estudio se delimitó por el norte hasta los 4° de LN, para de esta manera incluir en el análisis la zona ecuatoriana con presencia de vicuñas introducidas. Hacia el sur el área de estudio se extendió hasta los 28° LS en donde termina aproximadamente la zona del “cinturón seco” y que incluye además el límite de distribución sur de la subespecie *L.g. cacsilensis*.

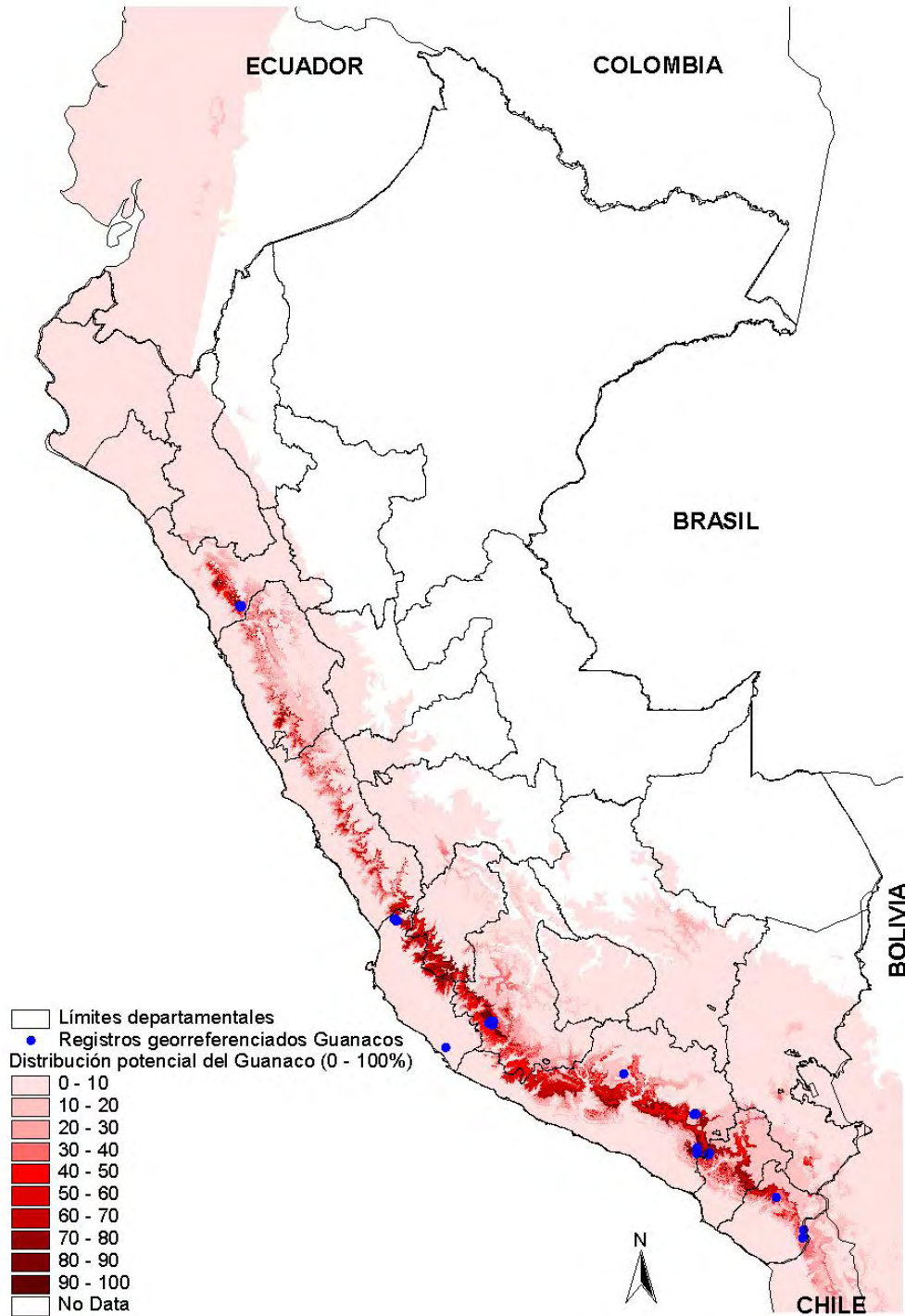
Se realizó también un análisis de correlación entre las variables, ya que la inclusión, en el modelo, de variables altamente correlacionadas entre sí puede afectar el resultado final.

## Resultados

En la Figura 4 y la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos para la distribución de probabilidad sin establecer el umbral de corte.



**Figura 4 Modelo inductivo: Distribución de la probabilidad de encontrar individuos de Vicuña (0: no es probable 100: altamente probable). Avistamientos georreferenciados en azul.**



**Figura 5 Modelo inductivo: Distribución de la probabilidad de encontrar individuos de Guanaco (0: no es probable 100: altamente probable)**

La curva ROC estableció un umbral del 22% para vicuña, es decir que las probabilidades entre 0 y 22 % no se considerarán como parte del modelo final. Por otro lado, el umbral para el guanaco se estableció en 26% (Ver Figura 6 y Figura 7)

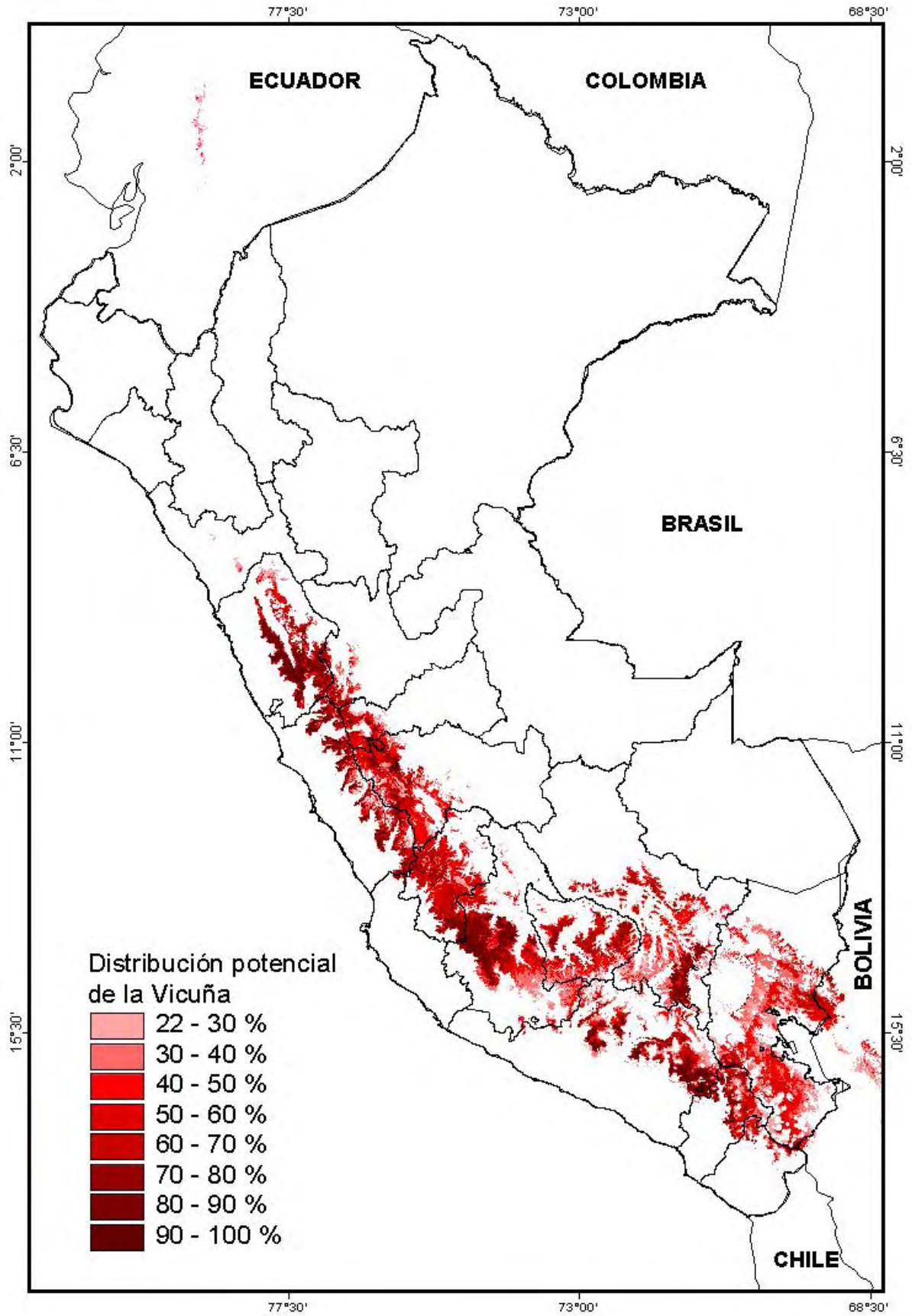


Figura 6 Modelo de distribución potencial para la Vicuña (umbral: 22%)



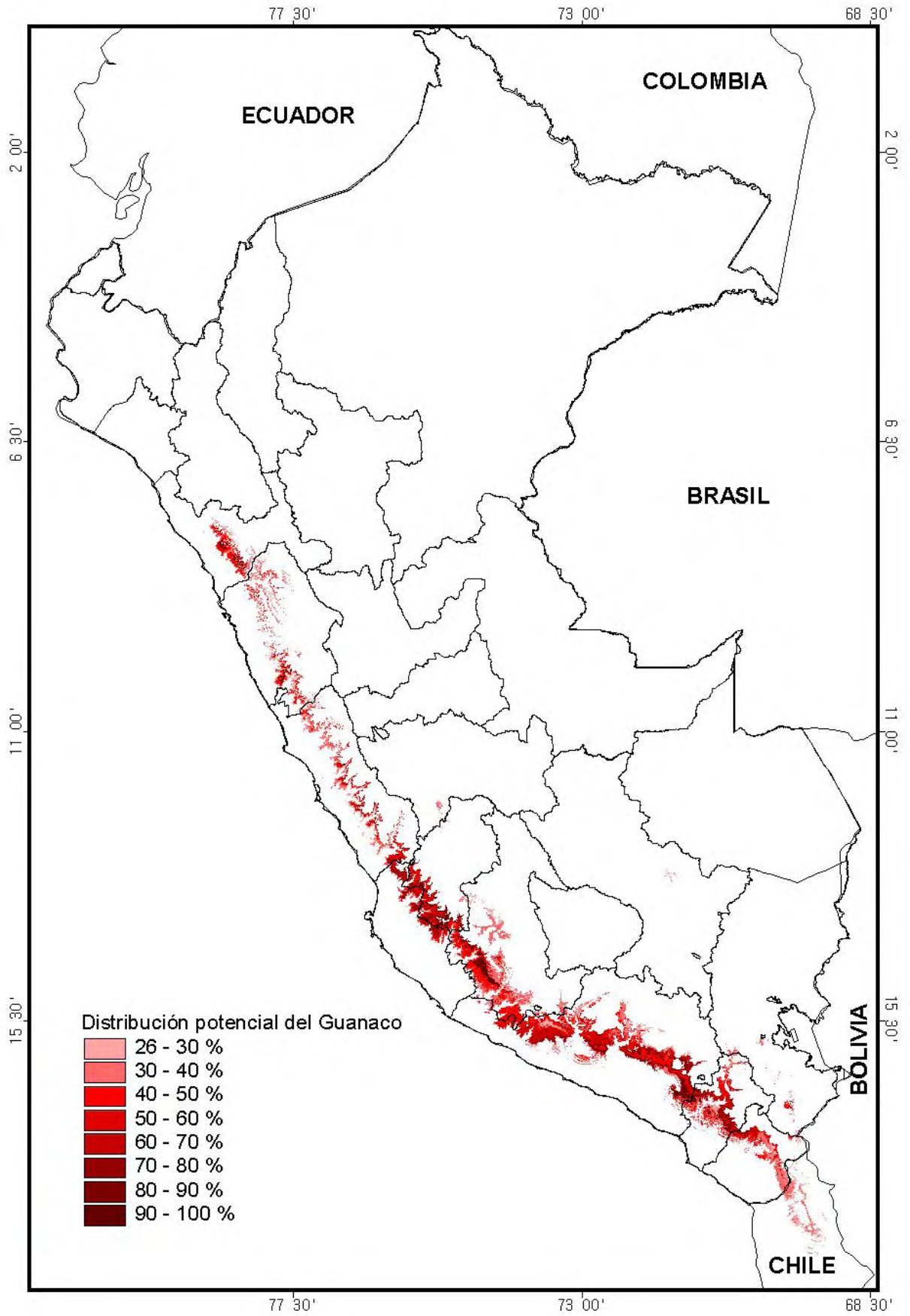
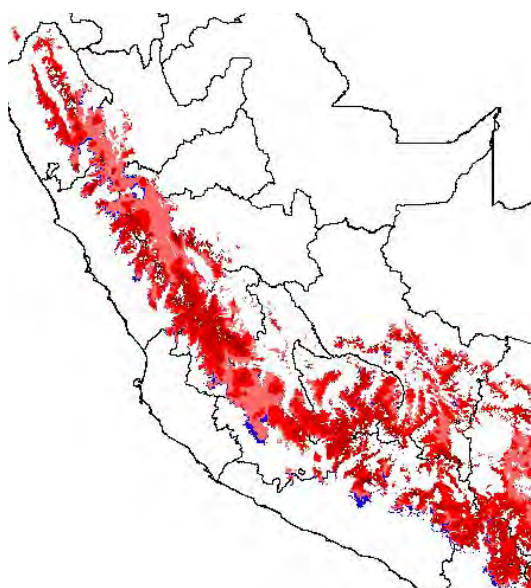


Figura 7 Modelo de distribución potencial para el Guanaco (umbral: 26%)

## Discusión

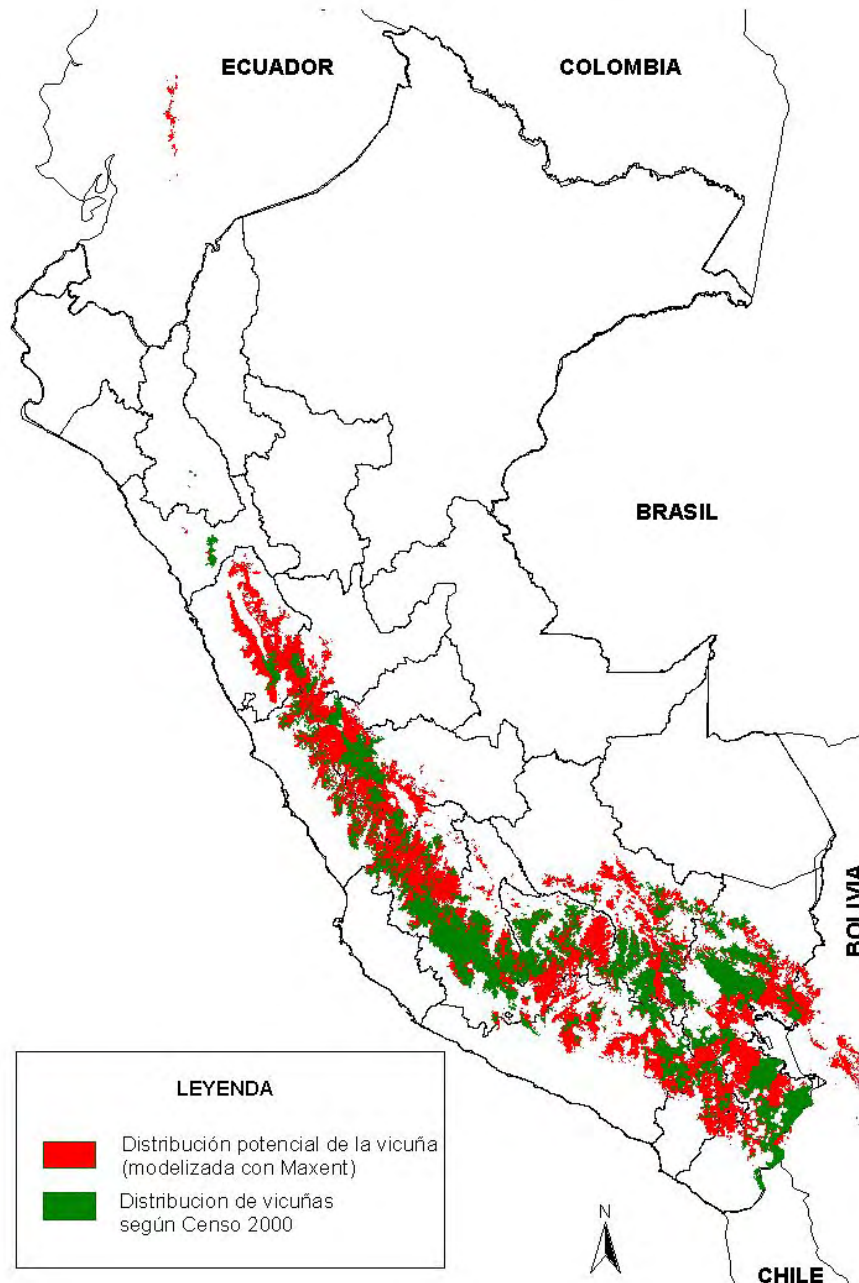
La distribución potencial para la vicuña estaría cubriendo un área de 179 702 km<sup>2</sup>. Aunque en algunos píxeles la altura máxima sobrepasa los 6000, en la mayoría de los casos es poco probable encontrar individuos a alturas mayores a 5000 m.s.n.m. Hacia la vertiente oriental la distribución potencial alcanza aproximadamente los 4000 m.s.n.m. Para la vertiente occidental, el límite inferior llega por debajo de los 3800 m.s.n.m. alcanzando en algunos lugares hasta los 3500 m.s.n.m. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el modelo no está incorporando la vegetación presente en la zona como una variable, y es muy probable que entre los 3500 y los 3800 m.s.n.m. existan áreas agrícolas o con vegetación alterada. Si fueran áreas agrícolas que desean ser dedicadas al manejo de pasto, sería importante evaluar el costo – beneficio entre mantenerlas como tales o cambiar su vocación. Es importante tener en cuenta que debido a los rangos de movilidad de la vicuña, de nada serviría contar con una superficie discontinua dedicada a manejo de pastos naturales. En la siguiente figura se aprecia en azul las zonas predichas por el modelo ubicadas por debajo de los 3800 m.s.n.m. y con probabilidad de que existan condiciones para la distribución de la vicuña. Llamamos la atención dos unidades, una de ellas se encuentra rodeando Pampas Galeras y la otra al sur de la Reserva Paisajística del Cotahuasi.



**Figura 8 Probabilidad de distribución de la vicuña por debajo de los 3800 m.s.n.m.**

Llama la atención una pequeña área en el Ecuador que, aunque presenta valores bajos a medios de probabilidad (22 – 45%) parece presentar algunas de las condiciones que hacen probable la presencia de la vicuña en este lugar. Existen algunas antiguas crónicas ecuatorianas que citan la presencia de esta especie en el Ecuador (Cardozo, 1974) pero lamentablemente no se citan localidades para mayor referencia.

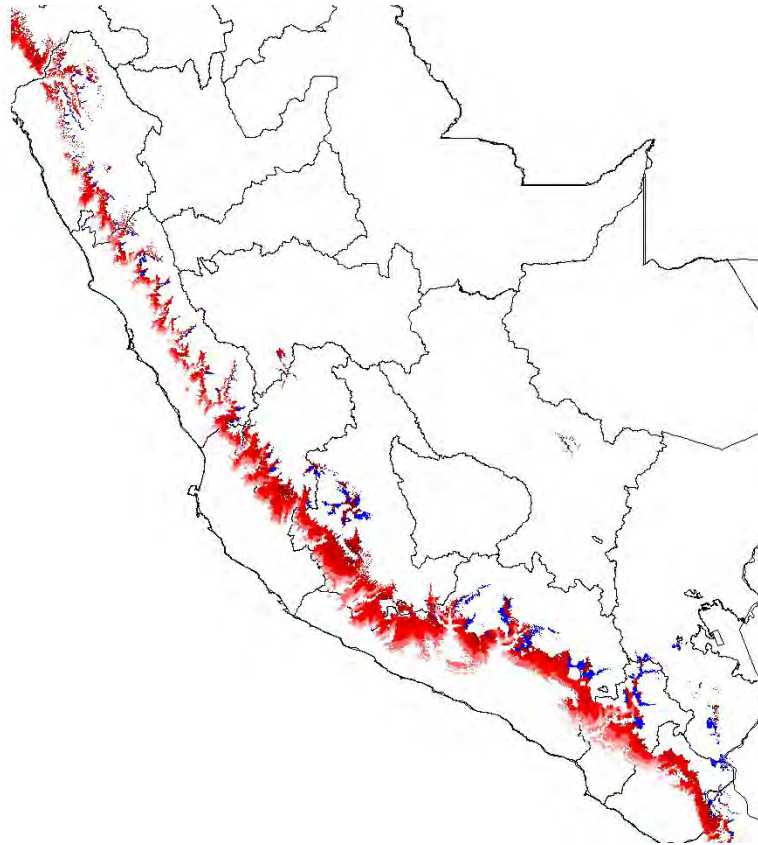
Es importante destacar que si se superpone el mapa generado por el CDC (2006) sobre el modelo inductivo obtenido con Maxent, se observa que el primero se encuentra incluido en el modelo Maxent. Con esto se puede ilustrar la utilidad y las diferencias entre un modelo deductivo y uno inductivo. El primero mapea únicamente lo que sabemos que existe, los lugares en donde se ha visto la especie, pero no permite hacer inferencias o generalizaciones sobre los espacios donde nunca se ha muestreado. Este tipo de mapeo es descriptivo y es útil para tener una vista de lo que se ha registrado hasta el momento. El modelo inductivo (Maxent) sí nos permite inferir donde es mas o menos probable encontrar la especie (Ver figura 9).



**Figura 9 Comparación mapeo método deductivo vs. modelización método inductivo**

Para el guanaco, el área de distribución potencial es de 60 869 km<sup>2</sup>. La distribución potencial se encuentra sólo en la vertiente occidental y alcanza entre los 3200 y 3500 m.s.n.m. como límite superior. La especie potencialmente podría alcanzar mas de 4000 metros pero según el modelo esto sería probable sólo en algunas pequeñas zonas como se puede apreciar en la siguiente figura (áreas en azul).





**Figura 10 Zonas de distribución probable para el Guanaco a mas de 4000 m.s.n.m.**

La distribución potencial para el guanaco predice un limite inferior entre 1500 y 2000 m.s.n.m. Sin embargo no incluye las áreas costeras como Lomas de San Fernando. Esto se debe a que no existe un conjunto representativo de puntos georreferenciados en la costa, y para que el programa este “seguro” de que en esa zona exista la probabilidad de encontrar guanacos necesitaría de un mayor número de puntos. Como esto no ocurre, debido a que el único punto con coordenadas se encuentra en las Lomas de San Fernando, el programa se abstiene de hacer una afirmación de la que no esta completamente seguro. Esto ilustra la importancia de georreferenciar los avistamientos. Ahora bien, en especies gregarias como son el guanaco y la vicuña, y a la escala a la que se está trabajando (nivel nacional), no es necesario georreferenciar cada individuo sino al menos obtener una coordenada para cada microcuenca donde se cuentan individuos, ya que como hemos mencionado el programa sólo considera un punto por cada píxel de 1 km<sup>2</sup>

## **Conclusiones**

La distribución potencial de la vicuña incluye un total de 179 702 km<sup>2</sup>. El modelo inductivo coincide bastante bien con los rangos latitudinales conocidos: desde los 8 ° hasta los 17° 45' de LS. y entre los 3500 y los 5000 m.s.n.m. aproximadamente.

La distribución potencial del guanaco incluye un total de 60 869 km<sup>2</sup> desde los 8 ° hasta los 19 ° de LS. El modelo solo predice una distribución para la vertiente occidental hasta los 4000 m.s.n.m. Sin embargo no predice la distribución en la franja costera por debajo de 1500 m.s.n.m.

Existen diferencias sustanciales entre un mapa de distribución desarrollado mediante el método deductivo y otro desarrollado con un método inductivo. La decisión de utilizar uno u otro depende de la pregunta que se quiere responder. Para saber donde ha sido vista la especie hasta el momento bastará con un mapa desarrollado con el método deductivo, mientras que para inferir la distribución potencial será necesario del método inductivo.

## **Recomendaciones**

Se recomienda incluir datos de vegetación para ajustar mejor los límites de la distribución probable en ambas especies.

Una mayor cantidad de información sobre avistamientos georreferenciados para guanaco en la costa, mejoraría la predicción del modelo para esta especie.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Carolina Tovar del CDC, por su apoyo y sugerencias durante el proceso de realización del presente trabajo.

## Bibliografía

Baldi R, C Campagna y S Saba. 1997. Abundancia y Distribución del guanaco (*Lama guanicoe*), en el NE del Chubut, Patagonia Argentina. *Mastozoología Neotropical*; 4(1): 5-15.

Cardozo, A. 1974. Los llamingos en el Ecuador. Notas preliminares sobre la presencia de los camélidos en Ecuador.

Castillo H. 2006. Contribución al estudio del parasitismo gastrointestinal en guanacos (*Lama guanicoe cacsilensis*) silvestres del Perú. Tesis Medico Veterinario; Facultad Medicina Veterinaria, Univ. Nac. Mayor de San Marcos.

CDC – UNALM. 2006. Análisis del recubrimiento ecológico del sistema nacional de áreas naturales protegidas por el Estado. CDC-UNALM/TNC. Lima, Perú. 148 pp + anexos.

CONACS (S/f). Website Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos. Camélidos Sudamericanos: En: [www.conacs.gob.pe/cs.htm](http://www.conacs.gob.pe/cs.htm) Ultima visita: 28 Abril 2007.

FAO. 1997. Lista Mundial de Vigilancia para la Diversidad de los Animales Domésticos. PARTE 3: Los parientes salvajes del ganado doméstico y algunas sugerencias sobre nuevos candidatos a la domesticación. (2a EDICIÓN). En: [www.fao.org/docrep/V8300S/v8300s18.htm#3.5.%20cam%E9lidos](http://www.fao.org/docrep/V8300S/v8300s18.htm#3.5.%20cam%E9lidos) Ultima visita: 30 Abril 2007.

FAO/PNUMA. 1992. Estrategias para el Manejo y Aprovechamiento Racional del Guanaco (*Lama guanicoe*). Documento técnico N° 9. Santiago – Chile.

Fielding, A. y J. BELL 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24 (1): 38 – 49.

Grimwood, I. 1969. Notes on the distribution and status of some peruvian mammals. Special Publication No. 21. American committee for international wildlife protection. New York Zoological Society.

Hoces, D. S/f. Estado actual de conocimiento y manejo de la especie *Vicugna vicugna* en el Perú. Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos, CONACS, Lima – Perú, Documento interno..

Hoces, D. 1983. Plan de Manejo Vicuña 1983. Proyecto Especial Utilización Racional de la Vicuña. Lima. S/P. Documento interno.

Laker, J. 2004. The interactions between environmental, agro-ecological and sociopolitical factors in determining vicuña distribution and appropriate management systems. School of Geography, University of Leeds, U.K..

Marín JC, CS Casey, M Kadwell, K Yaya, D Hoces, J Olazabal, R Rosadio, J Rodriguez, A Spotorno, MW Bruford and JC Wheeler. 2007. Mitochondrial phylogeography and demographic history of the Vicuña: implications for conservation. *Heredity* Vol 1 pags 1 – 11.

Montes C, D A De Lamo y J Zavatti. 2000. Distribución de abundancias de guanacos (*Lama guanicoe*) en los distintos ambientes de Tierra del Fuego, Argentina. *Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal.*; 7(1):23-31.

Ministerio de Agricultura del Perú. 1977. Poblaciones registradas de vicuñas en el Perú. Subdirección de Flora y Fauna Silvestre, DGFF. S/P.

Phillips S , R Anderson y R Schapired (en prensa) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*.

SRTM, (Shuttle Radar Topography Mission). 2004. Modelo de elevación digital. ([www2.jpl.nasa.gov/srtm/](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/)).

Torres H. 1985. Distribución y Conservación del Guanaco. UICN/CSE Grupo Especialista en Camélidos Silvestres Sudamericanos. Informe Especial N° 2. Cambridge – Gran Bretaña.

Wheeler JC, M Fernández, R Rosadio, D Hoces, M Kadwell & MW Bruford (2001) Diversidad genética y manejo de poblaciones de vicuñas en el Perú. *Revista Virtual Visión Veterinaria (Perú)* 1: 170-183.

WORLDCLIM. Capas de variables climáticas formato raster. En: [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)