

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“MODELAMIENTO DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA DISTRIBUCIÓN DEL CÓNDOR ANDINO *Vultur gryphus*
EN AYACUCHO, PERÚ”**

Presentada por:

VALERIA LUCÍA SUÁREZ GUILLÉN

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGA

Lima – Perú

2023

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

tesis final final valeria suarez

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	es.readkong.com Internet Source	<1 %
2	repository.udistrital.edu.co Internet Source	<1 %
3	es.unionpedia.org Internet Source	<1 %
4	cdkn.org Internet Source	<1 %
5	repositorio.unc.edu.pe Internet Source	<1 %
6	scielo.cl Internet Source	<1 %
7	"Análisis y modelación de patrones y procesos de cambio", Universidad Nacional Autónoma de México, 2017 Publication	<1 %
8	geoservidor.minam.gob.pe Internet Source	<1 %

repositorio.una.edu.ni

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“MODELAMIENTO DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA DISTRIBUCIÓN DEL CÓNDOR ANDINO *Vultur gryphus*
EN AYACUCHO, PERÚ”**

Presentada por:

VALERIA LUCÍA SUÁREZ GUILLÉN

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ph.D. Diana Zulema Quinteros Carlos
PRESIDENTE

Mg. Sc. Luis Antonio Tovar Narváez
MIEMBRO

Mg. Sc. Liz Zaida Castañeda Córdova
MIEMBRO

Dra. Marta Williams León de Castro
ASESORA

Mg. Miguel Ángel Laurente Cajacuri
CO-ASESOR

AGRADECIMIENTOS

A los encargados y guardaparques de la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D' Achille, por su invaluable ayuda en la fase de campo.

A Miguel Laurente, cuya orientación y asesoría en la metodología del modelamiento fueron esenciales para el éxito de este estudio.

A Jackeline Mendoza, por su compromiso y colaboración durante el trabajo de campo.

A la profesora Liz Castañeda, por su apoyo, palabras de aliento y positividad.

A la profesora Marta Williams, por su dedicación y revisión exhaustiva de la presente tesis.

A cada uno de los miembros del jurado, por dedicar su tiempo y esfuerzo en la minuciosa revisión y evaluación de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivos Específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Marco Teórico	6
2.2.1. Cóndor Andino.....	6
2.2.2. Distribución de especies	9
2.2.3. Modelo de distribución de especies	11
2.2.4. Modelo de nicho ecológico	11
2.2.5. Técnicas de modelado	12
2.2.6. Modelo de máxima entropía	15
2.2.7. Evaluación de los modelos.....	16
2.2.8. Importancia de las variables.....	17
2.2.9. Selección de un umbral o punto de corte	18
2.2.10. Diagrama BAM.....	18
2.2.11. Cambio Climático	19
III. METODOLOGIA	26
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	26
3.1.1. Lugar de ejecución	26
3.1.2. Área de estudio	26
3.2. Materiales	28
3.2.1. Material digital.....	28
3.2.2. Equipos y materiales complementarios.....	30
3.3. Metodología	30

3.3.1. Diseño de investigación y tipo de estudio.....	30
3.3.2. Población y muestra	30
3.3.3. Instrumentos de recolección de datos	31
3.3.4. Procedimiento	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Distribución potencial	36
4.2. Evaluación del modelo.....	37
4.3. Variables de mayor importancia en el modelo.....	38
4.3.1. Suelo	39
4.3.2. Estacionalidad de la precipitación.....	40
4.3.3. Temperatura media anual.....	42
4.4. Efectos del cambio climático en la distribución	43
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. BIBLIOGRAFÍA	53
VIII. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del <i>Vultur gryphus</i>	6
Tabla 2: Clasificación AUC	17
Tabla 3: Variables topográficas	28
Tabla 4: Variables ambientales.....	29
Tabla 5: Variables seleccionadas.....	33
Tabla 6: Área potencial del <i>Vultur gryphus</i>	37
Tabla 7: Efecto de cambio climático en el horizonte de tiempo 2050	46
Tabla 8: Efecto de cambio climático en el horizonte de tiempo 2070	49
Tabla 9: Cuadro comparativo de los RCP para el año 2050 y 2070.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hipervolumen del nicho ecológico	10
Figura 2. Relación entre MNE Y MDE.....	12
Figura 3. Curva operada por el receptor (ROC)	16
Figura 4. Gráfico de Jackknife	18
Figura 5. Diagrama BAM.....	19
Figura 6. Estimación de FR en 2011 respecto al 1750	20
Figura 7. Cambios estimados en las temperaturas medias globales para los distintos escenarios de emisión RCP	24
Figura 8. Puntos de presencia.....	32
Figura 9. Cluster	33
Figura 10. Esquema de flujo de trabajo para modelar distribución de especies.....	35
Figura 11. Modelo de distribución potencial de <i>Vultur gryphus</i>	36
Figura 12. Curva ROC y área bajo la curva AUC	38
Figura 13. Jackknife del modelo.....	38
Figura 14. Respuesta del modelo frente a la variable suelo	39
Figura 15. Respuesta del modelo frente a la variable bio15.....	41
Figura 16. Respuesta del modelo frente a la variable bio1	42
Figura 17. Efectos del cambio climático RCP 2,6 del año 2050	44
Figura 18. Efectos del cambio climático RCP 8,5 del año 2050	45
Figura 19. Efectos del cambio climático RCP 2,6 del año 2070	47
Figura 20. Efectos del cambio climático RCP 8,5 del año 2070	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Verificación.....	67
Anexo 2: Autorización para el desarrollo de la investigación científica por parte de SERFOR.....	68
Anexo 3: Autorización para el desarrollo de la investigación científica por parte de SERNANP	73
Anexo 4: Fotos del trabajo de campo	76

RESUMEN

El cambio climático amenaza la supervivencia del cóndor andino, símbolo cultural latinoamericano crucial en la ecología, ya que al alimentarse de carroña previene la propagación de enfermedades. En ese sentido, el presente estudio tiene como objetivo modelar los efectos del cambio climático en la distribución del *Vultur gryphus* en el departamento de Ayacucho, Perú. Se utilizó el software MaxEnt para modelar la distribución potencial y la distribución en el marco de las rutas representativas de concentración RCP 2.6 y RCP 8.5, correspondientes al quinto informe del grupo intergubernamental sobre el cambio climático para los horizontes de tiempo de 2050 y 2070. Los datos de presencia se obtuvieron del muestreo en campo en la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille y en Valle del Sondondo; y de los individuos de la especie reportados en la base de datos en línea Global Biodiversity Information Facility. La información bioclimática, topográfica y del suelo se obtuvieron utilizando la base de datos Worldclim, Aster GDEM y del Ministerio de Agricultura y Riego, respectivamente. Los resultados de la distribución potencial se evaluaron utilizando la prueba del área bajo la curva AUC, obteniendo un valor de 0,915, catalogado como bueno. La distribución potencial comprende las 11 provincias de Ayacucho con una superficie de 3 974 129 has. Conforme a los efectos del cambio climático para el escenario RCP2.6, en el año 2050 se tendrá un efecto severo del 1.93% y para el 2070, de 1.86%, las cuales no contarán con condiciones favorables para la especie. Para el escenario RCP8.5, en el 2050 el efecto severo será de 2.93% y en el 2070 de 2.36%, sin contemplarse planes de mitigación en este escenario. Así, se llegó a la conclusión de que el impacto del cambio climático en la distribución futura de la especie sería mínimo en Ayacucho.

Palabras clave: *Vultur gryphus*, modelación, MaxEnt, distribución de especies, cambio climático

ABSTRACT

Climate change is threatening the survival of the Andean condor, a crucial Latin American cultural symbol in ecology, as it prevents the spread of diseases by feeding on carrion. In this regard, the present study aims to model the effects of climate change on the distribution of the *Vultur gryphus* in the Ayacucho department in Peru. The MaxEnt software was used to model potential distribution and distribution within the RCP 2.6 and RCP 8.5 representative concentration pathways, corresponding to the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change for the 2050 and 2070 time horizons. Presence data were obtained from field sampling at the Pampa Galeras Barbara D'Achille National Reserve and in Valle del Sondondo; as well as from individuals of the species in the online database Global Biodiversity Information Facility. Bioclimatic, topographic and soil information was obtained using the Worldclim, Aster GDEM and Ministry of Agriculture and Irrigation databases, respectively. The results of the potential distribution were evaluated using the area under the curve (AUC) test, obtaining a value of 0.915, categorized as good. The potential distribution covers all 11 provinces of Ayacucho with an area of 3,974,129 hectares. According to the effects of climate change for the RCP 2.6 scenario, there will be a severe impact of 1.93% in 2050 and 1.86% by 2070, resulting in unfavorable conditions for the species. For the RCP 8.5 scenario, in 2050 the severe effect will be 2.93%, and in 2070, 2.36%, without mitigation plans in this scenario. Thus, it was concluded that the impact of climate change on the future distribution of the species in Ayacucho would be minimal.

Keywords: *Vultur gryphus*, modeling, MaxEnt, species distribution, climate change

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) desde el año 1950 se distinguen fluctuaciones nunca vistas en la periodicidad y gravedad de acontecimientos meteorológicos y climáticos como alzas en la temperatura, la reducción de nieve, el ascenso del nivel del mar, la elevación en la cantidad de precipitaciones intensas en diversos lugares; varios de estos relacionados con la incidencia humana, siendo una demostración de que el paulatino calentamiento de nuestro sistema climático global es innegable.

El cambio climático es consecuencia de desbalances de energía del planeta. El forzamiento radiativo (FR) mide la alteración de esta energía ocasionada por elementos y procesos naturales y antropógenos. Los valores superiores a cero provocan un incremento en el calentamiento cerca de la superficie; mientras que, los inferiores, producen enfriamiento (IPCC, 2014). Con respecto a los años 1850-1900, en 2006-2015 el calentamiento llegó a $0,87^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,12^{\circ}\text{C}$) por el incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera global originado por la actividad humana. Este obtuvo 1°C con referencia a los niveles preindustriales en el 2017 y, si sostiene ese ritmo, se aproximaría a $1,5^{\circ}\text{C}$ en el 2040 (IPCC, 2018).

El cambio climático y los gases de efecto invernadero conducen a un desequilibrio significativo en nuestros ecosistemas y originan que los acontecimientos climáticos sean impredecibles. Esto promueve la disminución de la biodiversidad mundial (Forética, 2016). Respecto a las especies, dos impactos importantes son las variaciones en la distribución y el incremento de las tasas de extinción, entre otras (Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB], 2007). Estas consecuencias se darían en todas las especies, pero la intensidad habría de ser diferentes entre ellas. Esta intensidad se basa en la exposición, la sensibilidad y adaptación para lidiar con un clima cambiante (Bestion y Cote, 2018).

El cóndor andino es una especie importante ya que desempeña un papel fundamental en distintos ámbitos, muy utilizado en rituales, mitos y artes típicas. Siendo parte de la identidad política y cultural relacionado a las poblaciones de la cordillera de los Andes (Ibarra et al.,

2012). Además, esta ave ayuda en la descomposición de cadáveres con la capacidad de almacenar y reproducir enfermedades (Peisley et al., 2017). La distribución del cóndor está en el oeste de Sudamérica (Lambertucci, 2007) contando con poblaciones a través de la Cordillera de los Andes, bajando hasta el nivel de la superficie del mar en algunos lugares (Ferguson-Lees y Christie, 2010). En Perú, por medio del Decreto Supremo N°004-2014-MINAGRI (2014) se declaró en peligro (EN) la especie y según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2015) nuestra población en el país posee una tendencia decreciente.

El cóndor andino posee una “maduración sexual tardía, tasa reproductiva baja y un cuidado parental largo”, provocando una ausencia de respuestas rápidas ante los disturbios, obstaculizando así la estabilidad poblacional (Lambertucci y Mastrantuoni, 2008). Normalmente a este carroñero se le encuentra reunido en grandes cantidades para alimentarse y pasar la noche, convirtiéndola en una especie susceptible a perturbaciones. Su vulnerabilidad estaría relacionada más que nada al desconocimiento que se tiene sobre ella, darle muerte por apreciarla como un animal cazador y la inevitable expansión de las actividades del hombre en el hábitat de este (Lambertucci, 2007).

Para las especies en peligro, el cambio climático puede conformar un considerable riesgo. Los métodos más utilizados para examinar la vulnerabilidad de este grupo frente a este acontecimiento se basan en los modelos de distribución de especies que localizan los sitios que podrían ser relevantes en su conservación futura (Arribas et al., 2012). Estos modelos son claves para muchas aplicaciones en ecología y conservación (Phillips y Dudik, 2008), debido a que hoy en día es viable proyectar la distribución para diferentes ventanas de tiempo y diferentes escenarios de cambio climático (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011). Un programa usualmente empleado por los expertos con el fin de predecir la distribución de una especie a partir de un grupo de registros y predictores ambientales es MaxEnt (Fourcade et al., 2014).

Bajo este contexto, el presente trabajo de investigación plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida los efectos del cambio climático influyen en la distribución del cóndor andino *Vultur gryphus* en el departamento de Ayacucho, Perú?

En consecuencia, los objetivos son:

1.1. Objetivo General

Modelar el efecto del cambio climático en la distribución de *Vultur gryphus* en el departamento de Ayacucho.

1.2. Objetivos Específicos

- Modelar la distribución potencial de la especie usando el algoritmo MaxEnt.
- Evaluar las variables ambientales principales que inciden en la distribución potencial.
- Modelar la distribución del cóndor andino bajo dos escenarios climáticos (2.6 W/m² y 8.5 W/m²).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La extensa variedad geográfica y las características climáticas hacen al Perú posicionarse dentro de los diez países a nivel global con mayor diversidad mundial, constituyendo circunstancias de vulnerabilidad como la existencia de ecosistemas frágiles: “bahías, montañas, humedales, desiertos y bosques de neblina” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016). Es por esta razón que el país también está considerado como uno de los diez países más afectados por el cambio climático a nivel mundial (MINAM, 2010), siendo su evidencia más contundente y completa los impactos de los sistemas naturales, como las variables precipitaciones o el deshielo de nieve que alteran los sistemas hidrobiológicos, que afectan los recursos hídricos (IPCC, 2014).

Los sistemas altoandinos compuestos por las cordilleras glaciares y las lagunas manifiestan el cambio climático en la disminución glacial y la conformación de otras lagunas en concavidades causadas por la masa de hielo (Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM], 2019). Este evento se comprueba en las cordilleras de Chonta, Ampato y Huanzo, situadas en el departamento de Ayacucho, en las cuales se distingue una reducción en el área glacial en 54 años (1962- 2016) (INAIGEM, 2018). Por otro lado, durante el 2009 y el 2019, se observa un aumento en temperaturas mínima y máxima promedio en el departamento. Igualmente, se reconoció una significativa disminución de la lluvia y precipitación con cortos periodos de lluvia más intensos. Las formas climáticas han variado, la temperatura está incrementando y los recursos hídricos se reducen persistente y progresivamente (Fonseca, 2019).

Una de las subpoblaciones más relevantes del cóndor andino se encuentra en el departamento de Ayacucho (SERFOR, 2015). Esta especie se halla categorizada en Perú como En Peligro (EN) de acuerdo con el D.S. N°004-2014-MINAGRI (2014). Igualmente, está sujeto a las disposiciones de la Ley N° 30203 (2014), “Ley que Declara de Interés Nacional y Necesidad Pública la Protección y Conservación del Cóndor Andino, que encarga a los gobiernos regionales y entidades relacionadas a realizar las acciones necesarias para su conservación”.

Lambertucci (2007) expresa que, pese a que en las últimas dos décadas se han efectuado investigaciones del cóndor andino, todavía son pocos conocidos los ámbitos biológicos y ecológicos, y cómo el cambio climático podría influir en su área de distribución.

Hace unos años, la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, ahora SERFOR, impulsó y propuso la creación del Plan Nacional de Conservación del Cóndor Andino, con la colaboración de distintas instituciones científicas, ONG's y zoológicos, entre otros organismos. Este documento se ocupa de proteger las poblaciones de la especie con actividades relacionadas a la conservación y del eficaz manejo sostenible, en beneficio del progreso socioeconómico de las comunidades locales. En este Plan se calcula una población de 2,500 individuos y su descenso sería del 20% en dos generaciones por lo que se espera conservar los individuos silvestres, apreciándolos en coexistencia armoniosa con la población local (SERFOR, 2015).

En el Perú, Piana y Angulo (2015) presentaron una lista inicial de 14 áreas de vital valor para la preservación del Cóndor andino en el país. Nueve forman parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), una es un Área de Conservación Regional y las otras cuatro se encuentra fuera de las ANP. Adicionalmente, recopilieron tres lugares que precisan un seguimiento periódico para evaluar y estimar si la presencia de esta especie, o un porcentaje de ella es permanente en el tiempo. En el 2018, Piana y Vargas elaboraron detallados modelos de distribución de hábitat (Modelos Binomiales Lineales Generalizados) de sitios de descanso y áreas de alimentación de dos machos adultos rehabilitados. Identificaron que la mayor parte de hábitats potenciales para *Vultur gryphus* en el país se encuentran al oeste de los Andes, específicamente desde la línea limítrofe con Ecuador hacia el sur, abarcando los territorios de Chile y Bolivia.

En Ecuador, Dávalos (2014) basándose en un modelo predictivo de ocurrencia, estimó la distribución potencial del cóndor andino en sitios de anidación y dormideros. Determinó que la cordillera oriental de los Andes tiene la mayor concentración de zonas ideales para establecer nidos y dormideros. Por otro lado, Astudillo et al. (2016) elaboró un modelo de distribución potencial de la especie para los Andes sur. Concluyó que las áreas de mayor altitud son las más adecuadas para la especie. Sin embargo, también es importante tener en cuenta los lugares con una mediana altitud (alrededor de 2000 m.s.n.m) y que tienen estacionalidad climática.

Estudios realizados sobre los distintos efectos y consecuencias del cambio climático en la distribución del cóndor andino, refieren que podría ser afectado negativamente por este evento. En Ecuador, Llanes (2020), evaluó la distribución geográfica potencial ante diferentes trayectorias representativas de concentración (RCP), considerando el escenario RCP 8,5 para el año 2070 como el más desfavorable o crítico. Determinó que con el incremento de los gases provenientes del efecto invernadero y el aumento de la temperatura, su distribución potencial disminuye. Sáenz-Jiménez et al. (2020) analizaron los posibles efectos que los futuros escenarios de cambio climático tienen sobre la distribución de la especie, por medio del modelado de nichos ecológicos y predijeron que la distribución potencial actual se reducirá para el 2050 y más aún para el 2070.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Cóndor Andino

a. Taxonomía

El nombre científico del Cóndor Andino es *Vultur gryphus*. Descrito por Linnaeus (1758) en la décima edición de su libro “Systema Naturae”, tomo I, página 86.

Tabla 1: Taxonomía del *Vultur gryphus*

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Aves
Orden	Cathartiformes
Familia	Cathartidae

FUENTE: BirdLife Internacional (2020)

b. Estado de conservación

Tal como lo señala la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, el cóndor tiene una población mundial moderadamente reducida y se cree que está decreciendo, clasificándose como “Vulnerable” (BirdLife International, 2020). En la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres se encuentra dentro del Apéndice I, en el cual están las especies en peligro “prohibiéndose la caza, captura, tenencia, comercio, transporte o exportación con fines mercantiles, productos y/o subproducto.”

c. Descripción

Es un ave que posee una longitud entre 100 a 122 cm de altura y una envergadura desde 274 hasta 310 cm. En la madurez, el abdomen es completamente negro y en el cuello cuenta con un collarín blanco, la sección posterior de las cubiertas alares y la zona interior de las remeras también son blancos. Solamente el Cóndor macho posee una cresta arriba del pico y de la frente, la hembra presenta el color de la piel de la cabeza más oscura y grisáceo que el macho, menos rosada. En la etapa juvenil es básicamente marrón cenizo, cuenta con cubiertas alares más claras, destacándose la parte de arriba (Schulenberg et al., 2010). La cabeza se encuentra descubierta de plumas, los ojos son marrones grisáceos a rojizo en machos adultos y rojos en las hembras. Las patas son oscuras, pese a que normalmente se les ven blancas por las excretas (Ferguson- Lees y Christie, 2010).

d. Distribución y Hábitat

El Cóndor reside principalmente en la región occidental de América del Sur (Lambertucci, 2007). Cuenta con una distribución Neotropical, entre los paralelos 11°N y 55°S, a lo largo de la extensa Cordillera de los Andes que abarca desde el norte de Colombia y el oeste de Venezuela, pasando por Ecuador, Perú y Bolivia, hasta llegar a Tierra del Fuego en Argentina y Chile (Ferguson-Lees y Christie, 2010).

En el Perú, el área de distribución se halla limitada a sectores distantes. Se le puede encontrar desde la costa hasta los sitios más elevados de los Andes, más frecuentemente en el lado oeste; y de igual manera en los sitios más altos de la vertiente oriental, más húmeda. Al parecer presenta una población muy reducida o inexistente al este de los Andes en el centro del país (Schulenberg et al., 2010). Habitualmente está presente en lugares extensos y abiertos, cerca de precipicios altos, rocosos y laderas empinadas (Ferguson- Lees Y Christie, 2010).

e. Biología y ecología

No se cuenta con conocimiento de longevidad de cóndores andinos silvestres, pero se calcula que es menor que los individuos en cautiverio que alcanzan a vivir entre 50 y 80 años. Por otro lado, esta especie no posee la facultad de demografía rápida ya que cuenta con una de las más bajas tasas reproductivas y uno de los mayores índices de supervivencia entre las aves (Lambertucci, 2007). Comúnmente se le ve en solitario o en reducidas agrupaciones, planeando a considerables alturas o a veces volando bajo, próximo de la superficie o en las playas (Schulenberg et al., 2010).

El comportamiento reproductivo tiene dos fases. Inicialmente, ocurre en las áreas comunales de percha, donde se realizan la elección de pareja, además del cortejo y la cópula. En la fase posterior, la nidificación se lleva a cabo en áreas remotas, generalmente fuera de las instalaciones de alojamiento comunal. Esta rapaz es una de las de mayor estancia en el sector del nido. Los dos padres empollan y en el momento que eclosiona el huevo, adoptan turnos de cuidado (Lambertucci y Mastrantuoni, 2008). En la región sur de los Andes, que abarca Chile y Argentina, los períodos de incubación comienzan en la primera mitad del año; por el contrario, en la región norte, que incluye los países de Colombia, Ecuador y Perú, comienzan en la segunda mitad del año (Sáenz- Jiménez et al., 2016).

Su alimentación consiste en carroña, normalmente bien descompuesta pudiendo ser de mamíferos como el guanaco y el ganado doméstico, o huevos de aves marinas como en la costa. Existen observaciones que sugieren que es posible que sean presas incluso mamíferos recién nacidos. Esta especie se alimenta de modo aleatorio, volando en transectos por arriba de laderas y diferentes campos abiertos, registrando directamente su fuente de alimento (Ferguson-Lees y Christie, 2010).

En la especie se aprecia que los machos someten a las hembras de igual edad. Existe una correlación positiva entre la dominancia interespecífica y la masa corporal evidenciándose esta jerarquía social en sus interacciones, durante la alimentación o al usar los lugares de descanso en los dormideros comunales (Wallace y Temple, 1987).

f. Amenazas

Esta especie se enfrenta a diversas amenazas, que incluyen la contaminación por pesticidas (Ferguson- Lees Y Christie, 2010), el ingerir cebos venenosos y proyectiles de plomo, el chocar con tendidos eléctricos y la caza ilegal. Sin embargo, la amenaza principal radica en la información errónea que todavía se tiene sobre esta ave, principalmente en lo que respecta a su biología única, y con la expansión de las actividades humanas hacia los sitios que esta utiliza (Lambertucci, 2007).

g. Importancia

Biológicamente, al ser un ave carroñera logra proporcionar servicios ecosistémicos ayudando a la descomposición de los restos de animales, consiguiendo frenar esparcir enfermedades. Ayuda a disminuir la expansión de padecimientos como el ataque de mosca y la leptospirosis (Peisley et al., 2017). También la dispersión de afecciones como el ántrax y el botulismo, ya que los cóndores son inmunes a los efectos de bacterias dañinas

(Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios [ACOPAZOA], 2013). Además, conservan los flujos de energía más elevados en las redes tróficas y desempeñan un papel ecológico fundamental en el movimiento de energía y la limpieza ambiental (DeVault et al., 2003).

Culturalmente, se reconoce al cóndor como una «especie clave» del panorama sudamericano en el que realiza una labor significativa en diversos ámbitos culturales de “numerosos pueblos, como el lenguaje, mito, arte, ritual, política, identidad” (Ibarra et al., 2012).

2.2.2. Distribución de especies

El fin central de la biogeografía es la explicación y la investigación de las causas de la distribución de los seres vivos. Este debe analizarse como el segmento del espacio geográfico en el cual dicha especie reside y está ampliamente relacionado con el ecosistema (Zunino y Zullini, 2003). Se apoya en la información reunida durante largos periodos de estudio de la historia natural, que pretende comprender y exponer de qué manera y por cual razón los seres vivos se encuentran distribuidos en el tiempo y el espacio, conformando un instrumento esencial para el conocimiento, gestión y preservación de la biodiversidad (Timaná de la Flor y Cuentas, 2015).

Según Soberón y Peterson (2005) hay cuatro tipos de factores que establecen los espacios en los que se ubica una especie, interaccionan dinámicamente y con diversas fuerzas a múltiples escalas: (1) carácter abióticas, fijan límites fisiológicos para permanecer en una zona, (2) componentes bióticos, la relación con distintas especies que afectan la facultad de la especie en estudio para preservar las poblaciones, (3) área asequible a la dispersión de la especie, (4) aptitud evolutiva de las poblaciones de la especie para adecuarse a las circunstancias actuales.

Con respecto a los objetivos del presente estudio es relevante comprender las nociones de Hábitat y Nicho ecológico:

a. Hábitat

Al revisar varias definiciones, el hábitat se comprende como una región con recursos y características ambientales específicas de una especie que permiten la supervivencia y la reproducción de una población (Stadtman y Seddon, 2018). Potencia a una especie específicamente, valorando componentes bióticos y abióticos. La presencia mínima de las

cualidades logra garantizar la sobrevivencia de la especie, y la presencia y ausencia de alguna de las cualidades establece la oportunidad de su presencia (Delfín et al., 2011).

b. Nicho ecológico

Existen diferentes interpretaciones con respecto al concepto de nicho ecológico. Una de las principales es la planteada por Hutchinson (1957) que lo explica como “el espacio con n-dimensiones que comprende las condiciones bióticas y abióticas en las que la especie es apta de permanecer y conservar una población de tamaño constante, y en donde cada dimensión corresponde a una variable ambiental significativa para su supervivencia” (Figura 1).

Además, al interior del nicho se distinguen el nicho fundamental (nicho potencial), que se relaciona al grupo total de las características abióticas que posibilitan la supervivencia de la especie, y el nicho realizado que se compone por las propiedades ambientales que hay en la zona más las interacciones biológicas (Hutchinson, 1957). El realizado puede ser más pequeño que el fundamental debido a barreras geográficas o interacciones biológicas que han impedido la dispersión, además estos factores pueden impedir que la especie pueble condiciones que comprenden plenamente su potencial ecológico (Phillips et al., 2006).

El nicho se considera una cualidad de la especie, pero no del entorno. Las especies experimentan restricciones fisiológicas al entorno. Como resultado, el nicho de la especie está delimitado en el espacio ambiental y restringido a condiciones ambientales definidas (Hutchinson, 1957).

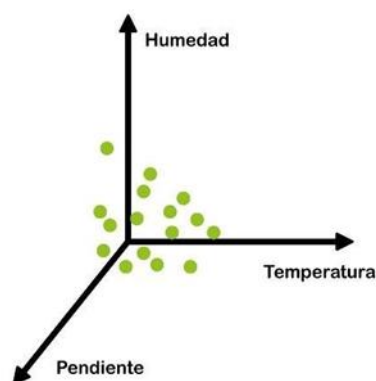


Figura 1. Hipervolumen del nicho ecológico
FUENTE: Adaptado de Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero (2006)

2.2.3. Modelo de distribución de especies

Un modelo es una representación simplificada de una parte de la realidad que muestra sus atributos y se utiliza para reducir la complejidad. Los mapas son modelos que representan las características de la superficie terrestre. Por consiguiente, los modelos de distribución de especies (MDE) son ejemplos de mapas en donde el atributo que está representado es la idoneidad de cada sitio con el fin de que una especie logre hallarse presente (Mateo et al., 2012).

El modelo de distribución de especies asocia datos de registros específicos de presencia/ausencia de una determinada especie con datos de distintas variables de tipo climáticas o ambientales y por medio de un algoritmo o criterio se define el área de distribución con sustento en los datos procedentes de los lugares conocidos. Sobre esto se logra pronosticar lugares que consiguen representar potencialmente la distribución de una especie (Maciel-Mata et al., 2015). Los MDE se usan con la finalidad de adquirir información ecológica y de predecir distribuciones de una especie, empleándose extensamente en los reinos terrestres, de agua dulce y marinos (Elith y Leathwick, 2009).

2.2.4. Modelo de nicho ecológico

Usualmente se contempla a “modelación de nichos ecológicos” y “modelación de áreas de distribución” como iguales. Sin embargo, no lo son y apreciarlos de esta manera conduce a problemas de interpretación de resultados. Se refieren a objetos que ocupan espacios distintos, con cualidades topológicas diferentes. A pesar de eso, hay un vínculo entre nichos y otras áreas de distribución, posibilitando modelar estas últimas por medio de los primeros (Figura 2) (Soberón et al., 2017).

Un modelo de nichos describe la idoneidad en el espacio ecológico y, al proyectarse al espacio geográfico, crea una región geográfica donde se espera que la especie esté presente. Las áreas que satisfacen las necesidades del nicho fundamental de una especie constituyen su distribución potencial, a la vez que las regiones geográficas en donde realmente se encuentra conforman su distribución realizada. Cuando el modelo refleja de manera precisa el nicho fundamental de la especie, su proyección en el espacio geográfico replicará la distribución potencial de la especie (Phillips et al., 2006).

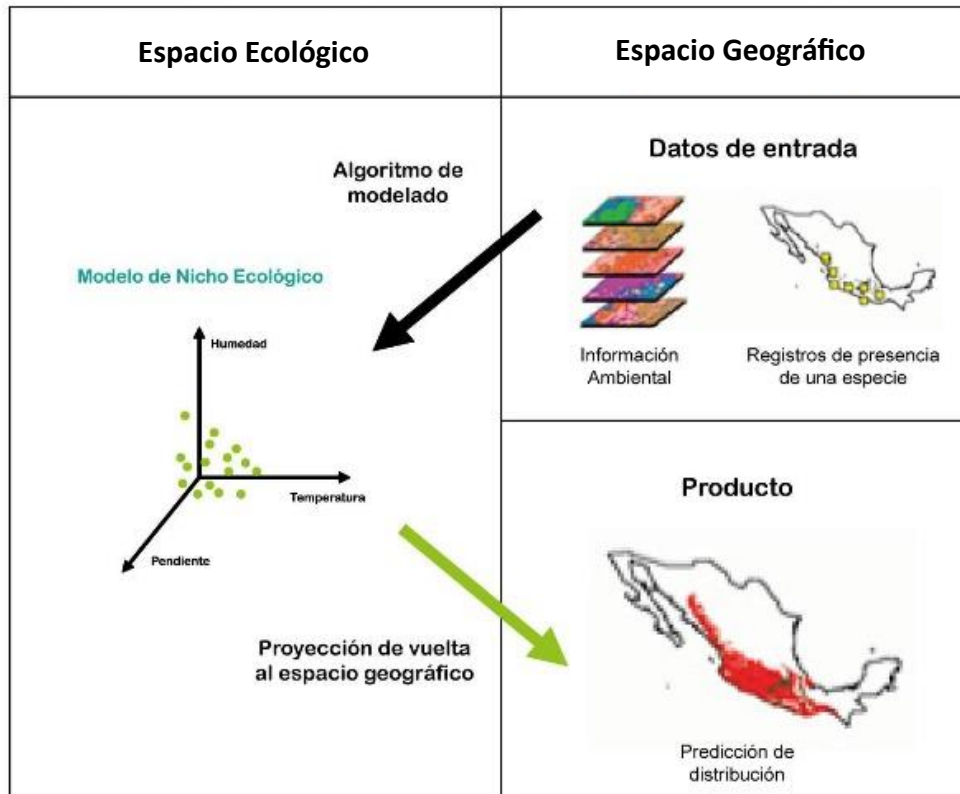


Figura 2. Relación entre MNE Y MDE
FUENTE: Adaptado de Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero (2006).

2.2.5. Técnicas de modelado

Para Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011), existen cuatro grupos de modelación de distribución de especies: (1) Modelos estadísticos de regresiones: detalla el vínculo entre las variables explicativas y la presencia de especie, (2) Métodos de clasificación: cada conjunto de variables predictivas que produce el modelo recibe una clase, (3) Métodos de “sobre”: las variables se combinan con rangos de valores mínimos y máximos entre sí, y se crea un "sobre" dentro del espacio n-dimensional de las variables utilizadas, donde se produce la combinación de valores deseada, (4) Los fundamentados en algoritmos específicos: sencillez y rapidez con que se consiguen los resultados, en particular MaxEnt. La técnica de modelación que se elija es la que determinará el vínculo entre los dos tipos de fuentes de información, la georreferenciación de la presencia/ausencia y el conjunto de valores de las variables en el que se sitúan estos puntos. Por lo general, esta concordancia se conoce como algoritmo, norma de clasificación o ajuste del modelo de la ecuación.

Se encuentran algunas restricciones al producir modelos: (1) Hipótesis de pseudoequilibrio: presume que la distribución es uniforme en el tiempo y el espacio, (2) Relaciones bióticas: se pasa por alto por la falta de conocimiento de su dinámica a nivel de especies individuales,

(3) Falta del factor espacial en el proceso: no se toma en consideración la información entre los puntos desde los que obtienen, debido a que las coordenadas se usan solamente con el propósito de obtener los valores de las distintas variables independientes sin contemplar que acontece en su propio entorno, (4) Carencia del elemento temporal: Los modelos son representaciones estáticas de un momento en el tiempo y no nos proporcionan información sobre el desarrollo histórico (Mateo et al., 2011).

a. Datos de presencia de especies

Los registros deben referirse a la especie de interés, incluir coordenadas geográficas que reflejen las condiciones ambientales que la especie necesita y que no se desvíen significativamente de la pregunta biológica (Anderson, 2015). El método más simple para obtener datos de presencia implica el uso de fuentes primarias de datos sobre las especies, como museos o herbarios, o adquiriendo la información en campo utilizando GPS (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

b. Variables ambientales

La distribución de las especies está influenciada directa o indirectamente por los factores ambientales. Uno de los factores detrás de la distribución espacial se debe a la interacción entre los organismos y el medio abiótico, lo que significa que la distribución se explica mediante factores climáticos a amplias escalas geográficas de varios kilómetros. La distribución puede verse afectada por factores como la disponibilidad de recursos y los cambios microtopográficos en escalas menores, como cientos de metros o menos. Por lo tanto, la selección de las variables independientes para la modelación está influenciada por la escala de la investigación y la extensión espacial (Ruiz, 2017).

Es necesario obtener datos sobre las variables ambientales requeridas para estimar la distribución, utilizando mapas característicos para cada variable. Por lo tanto, la disponibilidad de bases de datos cartográficas que recopilan y permiten acceder a una gran cantidad de información de forma gratuita es de gran importancia (Mateo et al., 2012). Elegir un conjunto adecuado de variables y asegurarse de que presenten los datos más importantes sobre el elemento natural estudiado es la etapa más importante del modelado. Esta decisión determina completamente el resultado final (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

Tres consideraciones relevantes respaldan la elección de las variables predictoras. Para comenzar, es esencial elegir variables escenopoyéticas cuyos valores no estén influenciados por la especie modelada. En segundo lugar, es importante eliminar los elementos únicamente

geográficos que no tienen un impacto en las demandas ambientales de la especie. Por último, siempre que sea posible, se deben utilizar las variables a las que responde la especie, también conocidas como variables causales (Anderson, 2015).

- **Variables climáticas**

Las variables climáticas son las más empleadas por lo sencillo de su obtención, debido a que se disponen de bases de datos globales a alta resolución (~1 km) de libre accesibilidad. Es costumbre utilizar un grupo de variables bioclimáticas predeterminadas (Mateo et al., 2012), especialmente las 19 variables bioclimáticas accesibles en la base de datos global de superficies climáticas Worldclim (Hijmans et al., 2005).

El tiempo atmosférico influye en las aves de numerosas formas, altera sus valores metabólicos e impacta directamente en su conducta. Situaciones meteorológicas extremas causan abundantes muertes, tanto en polluelos, jóvenes y adultos, o arribadas a lugares distantes de su territorio usual de distribución. Comúnmente, periodos de lluvias constantes ocasionan gran daño a los nidos y polluelos ya que son muy frágiles por encontrarse expuestos, principalmente los que se hallan encima de ramas de árboles y los que se localizan sobre superficie desnuda (Cano y Cano, 2018).

- **Variables topográficas y suelos**

La topografía cumple una función fundamental en la distribución de la flora, y al combinarse con la aridez, los hábitats se logran diferenciar y, en consecuencia, interviene en la distribución, tanto de las especies como de las comunidades vegetales. Un impacto adicional de la topografía es la alteración de la temperatura por las diferencias en el gradiente térmico (González, 2012).

Las conformaciones físicas del hábitat son tan esenciales al igual que la vegetación con el fin de identificar la abundancia y distribución de animales. Gran número de animales se han adaptado a emplear algunas conformaciones físicas hasta tal punto que no logran mantenerse vivos o reproducirse sin ellas. Los suelos proporcionan el sustrato para la flora y son el determinante más importante para la variedad y abundancia de la vegetación. No obstante, el suelo además suministra hábitat para un sinnúmero de animales fosoriales, anfibios y reptiles que disponen de hábitat con el propósito de alimentación, reproducción o anidamiento y cobertura (Delfin et al., 2011).

c. Colinealidad entre variables

La colinealidad explica la circunstancia donde dos o más variables predictoras en un modelo estadístico son dependientes, es decir están relacionadas entre sí. Gran número de prácticas estadísticas, principalmente las más empleadas en ecología, son susceptibles a la colinealidad: logrando ser un inconveniente para el cálculo de parámetros y llevar al reconocimiento equivocado de predictores importantes en un modelo estadístico (Dormann et al., 2012), reduce la eficiencia y aumenta la falta de precisión de los modelos de distribución de especies. La problemática de la colinealidad se maneja por medio de la elección de variables con colinealidad más baja, usando métodos diversos como Rspearman (De Marco y Nóbrega, 2018).

2.2.6. Modelo de máxima entropía

El Modelo de Máxima Entropía, conocido como MaxEnt, es un programa de acceso gratuito. Múltiples investigaciones han comprobado la primacía del software en el modelamiento espacial de especies, sobre todo en los casos en que se tiene una cantidad limitada de puntos de colecta (Timaná de la Flor y Cuentas, 2015). El desempeño predictivo de este programa es competitivo con las técnicas de más alto rendimiento (Elith et al., 2010).

MaxEnt determina la distribución de una especie al identificar “la distribución que presenta la entropía máxima”, esto es, la que se encuentre más próxima a estar geográficamente uniforme, sometida a limitaciones de las características de índole ambiental en los sitios de presencia registrados (Phillips, 2017). El resultado del modelo demuestra que el hábitat de la especie es adecuado en función de los factores ambientales. Cuando la función de distribución de una celda posee un valor alto, el ambiente en esa celda es particularmente favorable para la presencia del sujeto de investigación. MaxEnt puede usar las variables cualitativas, asignando un peso relativo a cada valor de la variable en función de los puntos de presencia global. Dicho software calcula la influencia de cada variable ambiental en la distribución de las especies y proporciona curvas de respuesta de la especie a una variedad de variables ambientales (Phillips et al., 2006).

Las siguientes son solo algunas de las muchas ventajas que ofrece MaxEnt: (1) solo necesita datos de presencia e información ambiental para toda la zona de investigación; (2) utiliza datos continuos y categóricos, lo que le permite incluir interacciones entre múltiples variables; (3) utiliza algoritmos deterministas para garantizar la convergencia a la mejor

distribución de óptima probabilidad (máxima entropía); y (4) Existe una formulación matemática exacta para la distribución de probabilidad MaxEnt (Phillips et al., 2006).

2.2.7. Evaluación de los modelos

Hay dos categorías de error: el primero, el error de comisión que indica una ausencia como presencia, sobre este no podemos estar seguros si no hay una verificación real en campo; mientras que el segundo, el error de omisión, indica una presencia como ausencia, este es el más condenable ya que es un error para el que existe una certeza absoluta. Después de todo, el modelamiento se utiliza para hacer predicciones en situaciones en las que no se sabe con certeza si un organismo está presente (Mateo et al., 2011).

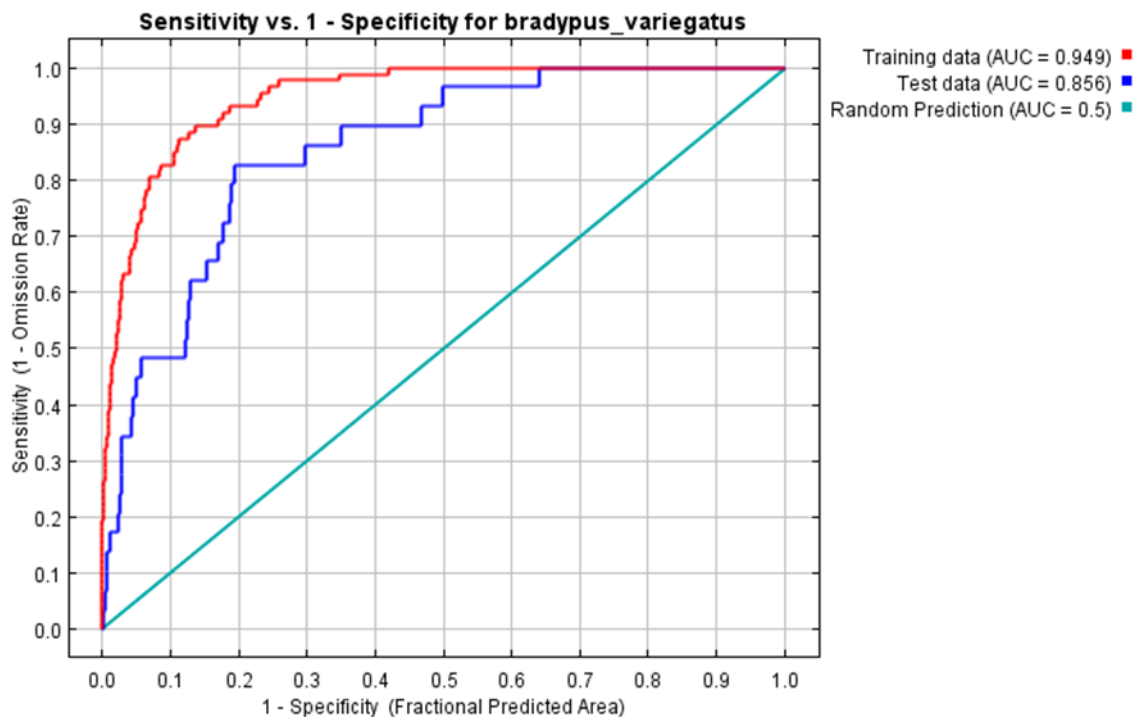


Figura 3. Curva operada por el receptor (ROC)

FUENTE: Phillips (2017)

El área bajo la curva ROC, también conocida como AUC, es el estadístico más utilizado para verificar el modelo. La capacidad del modelo para discriminar entre varios puntos de corte probables se muestra en esta representación gráfica bidimensional, que precisa los datos de presencia/ausencia. Un par de datos positivo verdadero/falso puede encontrarse en cada punto del espacio ROC. La curva ROC se crea al conocer las distribuciones de probabilidad desde la función de distribución acumulativa (Yang y Berdine, 2017). En la Figura 3, el error de omisión es representado por el eje vertical y se refiere a la sensibilidad o la clasificación correcta de los casos positivos, mientras que el error de comisión se relaciona con el eje

horizontal, que corresponde al complemento de la especificidad (1-especificidad) o los falsos positivos (Becerra-López et al., 2016).

En la Tabla 2, se presentan los valores del estadístico AUC que pueden estar entre 0,5 y 1. Si se da como resultado un valor de 0,5 esto dice que el modelo no posee valor discriminante, es decir, que es semejante a una clasificación al azar. Y un valor de 1 indica que el modelo ha logrado diferenciar entre la presencia y la ausencia de manera impecable, sin errores y de manera perfecta. La escala de interpretación de los AUC es la siguiente (Ruiz, 2017):

Tabla 2: Clasificación AUC

Clasificación	Rango
Excelente	0,95 < AUC
Bueno	0,85 < AUC < 0,95
Aceptable	0,75 < AUC < 0,85
Pobre	AUC < 0,75

FUENTE: Ruiz (2017)

El AUC tiene tres ventajas principales y estas son: (1) puede usarse para comparar cualquier técnica, independientemente del tipo de valores de salida, siempre y cuando las distribuciones de estos valores sean monótonas; (2) sus hallazgos no tienen relación con la prevalencia; y (3) es que es una métrica que no depende del punto de corte porque su valor se calcula considerando todos los puntos de corte posibles (Becerra-López et al., 2016).

2.2.8. Importancia de las variables

Con el objetivo de evaluar e identificar las variables más significativas en el modelo, se utiliza la técnica del Jackknife (Ruiz, 2017). En estos gráficos se puede analizar la ganancia del modelo cuando se excluye cada variable (representadas por las barras turquesas) y utilizando cada variable individualmente (indicadas por las barras azules), proporcionando una comprensión de la importancia de la variable en la determinación de la distribución de la especie bajo estudio. En la Figura 4 se puede ver que algunas de las barras turquesas son más largas que la barra roja, lo cual indicaría que el rendimiento para la predicción aumenta cuando no se utiliza esta variable. Al examinar estos gráficos posibilita desechar variables y elegir las que proporcionen más información (Phillips, 2017).

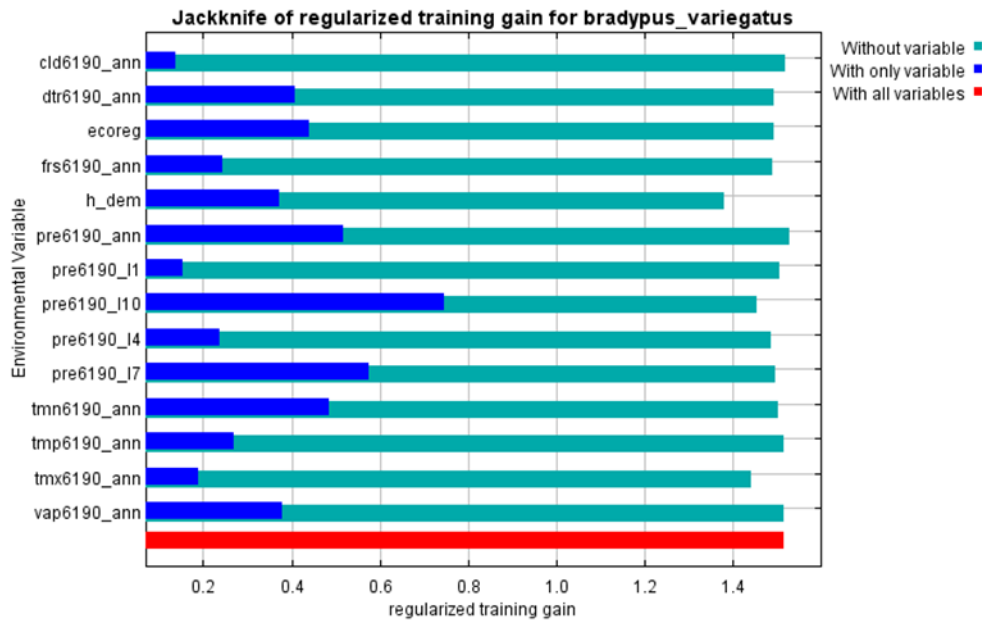


Figura 4. Gráfico de Jackknife
FUENTE:Phillips (2017)

2.2.9. Selección de un umbral o punto de corte

Los modelos presentan valores continuos en el intervalo de valores de 0 – 1. Un valor de cero significa incompatibilidad y un valor de uno, idoneidad. Para hacer comparaciones útiles es necesario reclasificarlos en dos categorías para lograr un modelo binario: adecuado o inadecuado. Con este fin, es fundamental elegir un punto de corte o umbral para que ejerza como límite entre las clases, en el cual los valores menores al umbral denoten ausencia y los iguales o superiores, presencia (Benito y Peñas, 2007).

Muchas veces, se selecciona el punto de corte arbitrariamente con valor de 0,5. Sin embargo, no es siempre lo ideal. Entre los principales criterios a fin de efectuar una decisión objetiva están seleccionar un umbral en el que: se equilibren los errores de falsos positivos y falsos negativos, y exista una proporción fija de mala clasificación de presencias (Felicísimo et al., 2012).

2.2.10. Diagrama BAM

Para Soberón et al. (2017) la distribución de una especie viene determinada por diversos factores. Entre ellos, tres son los de mayor importancia: "las tolerancias ambientales (nicho fundamental), la presencia o ausencia de especies (competidoras, depredadoras, etc.) y las posibilidades de dispersión en períodos de tiempo y desde áreas originales relevantes." Un modo más fácil de trabajar con ello es el "Diagrama BAM", que indica que una especie posee

una alta probabilidad de ser observada en un lugar si existe: condiciones bióticas favorables (B), condiciones abióticas necesarias (A), y hayan estado accesible a la dispersión (M) (Figura 5). La especie es observada en el “Área ocupada: G0”, que es la intersección de la idoneidad biótica (B), abiótica (A) y de accesibilidad histórica (M). Las variables ambientales en esta zona conformarían el nicho realizado (NR). Se denomina “Área invadible: G1” a aquella que reúne condiciones propicias, pero ha estado fuera del alcance de la capacidad de dispersión de la especie. La región A resulta ventajosa si se ignoran las interacciones y su entorno coincidiría con el nicho fundamental.

Los espacios y los nichos están conectados. Para construir un objeto en el espacio E, el algoritmo combina datos de presencia y distintas capas ambientales. Luego, mediante la dualidad de Hutchinson, se proyecta al espacio G. Sin embargo, las capas B y M rara vez se incorporan a los modelos correlativos, lo que significa que ni las interacciones ni los factores de dispersión se tienen en cuenta. En este contexto, se desarrollan modelos de los ambientes A y su proyección en G representa una distribución potencial (Soberón et al., 2017).

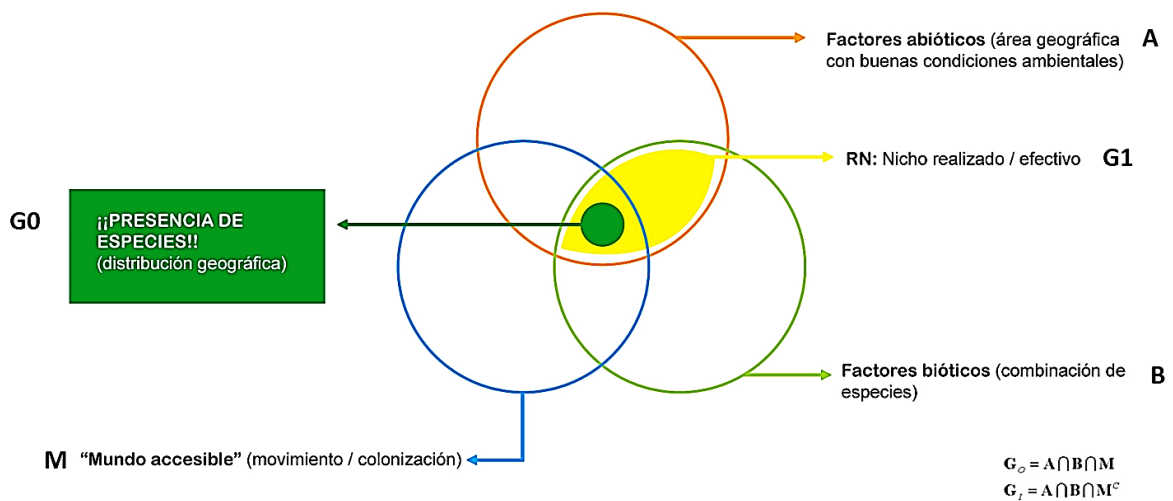


Figura 5. Diagrama BAM
FUENTE: Adaptado de OSINFOR (2013)

2.2.11. Cambio Climático

Según el IPCC (2014) el cambio climático es “Variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos (p. 129)”. Los niveles actuales de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son los más altos jamás registrados, y es innegable que los humanos tienen una influencia en el sistema climático. Estos GEI se han almacenado desde tiempos

preindustriales y han aumentado significativamente en las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en la atmósfera. Aunque se pusiera fin a todas las emisiones antropogénicas mañana, muchos aspectos del cambio climático global y de sus consecuencias en el mundo persistirán durante generaciones. Mientras la dimensión del cambio climático se incrementa, aumentará la probabilidad de que se produzcan perturbaciones complicadas o incluso imposibles de prevenir.

Para el IPCC (2013) el cambio climático es el producto del desbalance de la energía del planeta, originado por factores tanto naturales como de origen humano. El forzamiento radiativo (FR) mide la alteración en esta energía causados por modificaciones en la actividad de todos estos agentes. En la Figura 6 se explican los valores de FR respectivos a la era industrial (1750-2011), los valores de referencia mayores a cero dan lugar a un notable calentamiento y los inferiores a cero ocasionan enfriamiento.

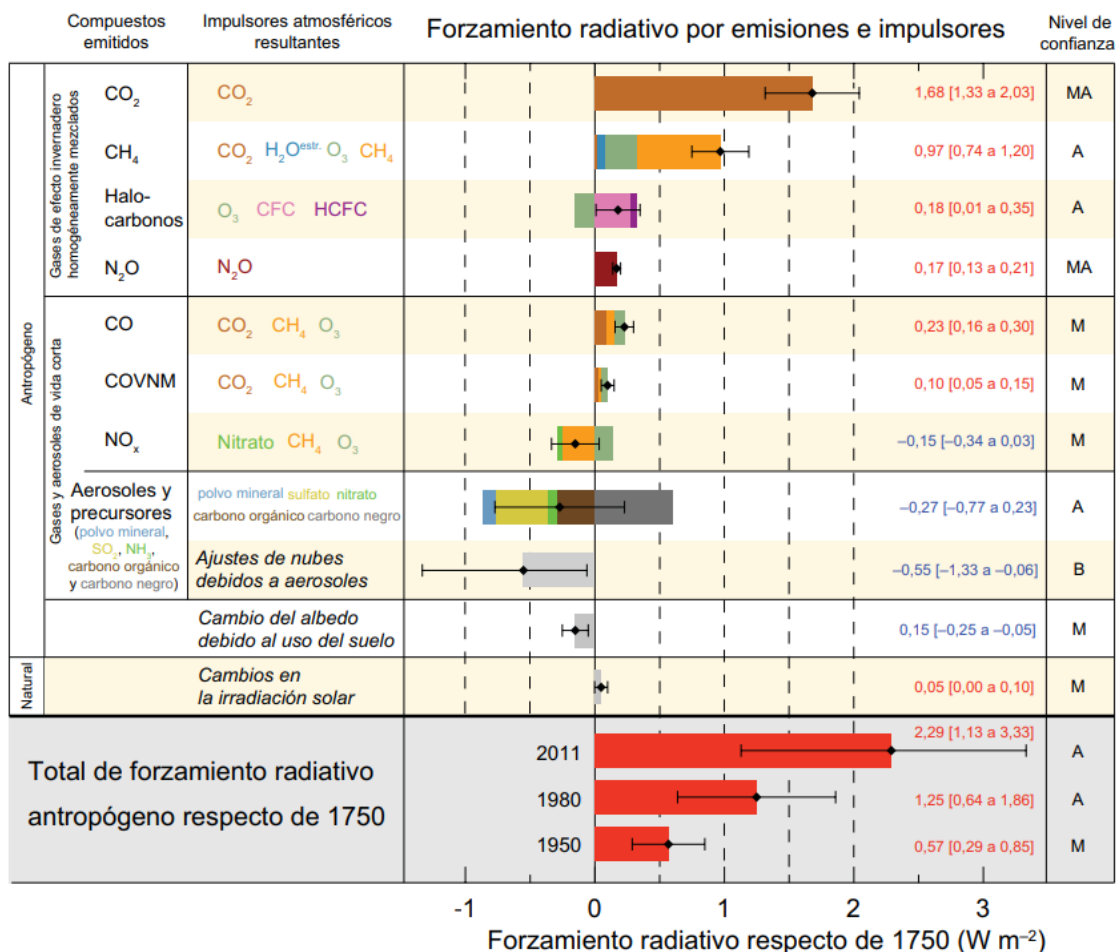


Figura 6. Estimación de FR en 2011 respecto al 1750
 Nota: IPCC (2013). Los rombos negros señalan el FR neto y sus respectivos intervalos de incertidumbre. A la derecha, los valores numéricos y al lado, el nivel de confianza (MA: muy alto, A: alto, M: medio, B: bajo, MB: muy bajo).

El FR procedente de los seres humanos es mayor de cero desde 1750 (2,3 W/m²) resultando en un aumento neto de energía. El FR resultante de las variaciones en las concentraciones de los gases de efecto invernadero mezclados (CO₂, CH₄, N₂O y Halocarbonados) desde aquel año es 2,83 W/m², siendo el CO₂ el que contribuye en mayor medida. Los forzamientos provocados a causa de la liberación de aerosoles y su relación con las nubes proporcionan una gran incertidumbre a las estimaciones en la alteración del balance de energía del planeta. A lo largo de la era industrial, la irradiancia solar total y la actividad de los volcanes colaboran únicamente en una reducida fracción del FR neto (IPCC, 2013).

La mayor prueba de los efectos del cambio climático pertenece a los sistemas naturales. Desde la segunda mitad del siglo XX existen modificaciones en un gran número de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Esto se manifiesta en cambios globales registrados en la regularidad y severidad de las temperaturas extremas a diario, así como en el incremento de los niveles máximos del océano. Es posible que se presenten más sitios en las que haya incrementado la cantidad de eventos de precipitaciones intensas que en las que hayan reducido, y las fluctuantes lluvias o el deshielo de nieve están teniendo un impacto en los sistemas hidrológicos. En los últimos años, las repercusiones de los sucesos extremos vinculados al clima destacan la fragilidad y exhibición de algunos ecosistemas (IPCC, 2014).

a. Escenarios de cambio climático

Un escenario climático es la representación del clima futuro, una agrupación de interacciones climatológicas determinadas para analizar los probables impactos del cambio climático antropógeno. Las proyecciones climáticas son la respuesta representada del sistema climático a distintos escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero. Se frecuente usar como punto de origen a fin de establecer escenarios climáticos; no obstante, estos requieren información, como las condiciones climáticas actuales. Un escenario de cambio climático representa la disparidad entre un escenario climático y el clima presente. Los escenarios nunca deben ser considerados como predicciones ni pronósticos; sin embargo, son valiosos puesto que brindan un panorama de los resultados de diversas circunstancias y medidas (IPCC, 2013).

Los escenarios utilizados en los últimos años no tenían en cuenta los impactos de las posibles políticas destinadas a reducir las emisiones, representando avances socioeconómicos potenciales sin restricciones en las emisiones (IPCC, 2013). Por el contrario, en el Quinto Informe de Evaluación introduce cuatro escenarios, denominados Trayectorias

Representativas de Concentración (RCP), que incorporan las consecuencias de estas políticas destinadas a contener el cambio climático global. Dichas trayectorias manifiestan el producto de los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, durante el presente hasta 2100, en el calentamiento global [Alianza, Clima y Desarrollo (CDKN, 2014)]. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causadas por el humano se basan fundamentalmente en el “tamaño de la población, la economía, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso del suelo, la tecnología y la política climática” (IPCC, 2014). En la totalidad de los escenarios, las previsiones indican que la temperatura terrestre seguirá incrementando en el transcurso del siglo actual. Estas contienen un escenario de mitigación riguroso (RCP2,6) que implica una disminución significativa y continua en las emisiones de gases de efecto invernadero, dos escenarios intermedios (RCP4,5 y RCP6,0) que consisten en una cierta estabilización de las emisiones, y un escenario con un valor mayor de emisiones (RCP8,5) que representa la persistencia de las tasas de emisiones elevadas. Las características más importantes de las RCP's se detallan seguidamente (IPCC, 2014):

- **RCP 2.6**

Esta vía de emisiones tiene como finalidad restringir el calentamiento global por debajo de los 2 °C a fin del año 2100. Esto se debería lograr limitando el forzamiento radiativo a valores menores a 3 W/m², por esto la meta de este RCP es de 2,6 W/m² a fin de siglo. Alcanzar esto requiere de reducciones netas en emisiones bastante drásticas, que algunos trabajos sugieren no son posibles de alcanzar. Los supuestos para lograrlo incluyen: Crecimiento de población mundial medio. Una mejoría importante de la eficiencia energética, esto se logra mediante el reemplazo del uso incontrolado de combustibles fósiles, un mayor uso de energía renovable, de la bioenergía, de la energía nuclear y también del “Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)”. Requiere de tecnologías de almacenamiento y captura de carbono (CCS). Las políticas climáticas conducen que algunas tierras se usen para actividades de reforestación ("sumideros"). Se requiere que las nuevas tecnologías se pueden implementar rápidamente con la participación de todos los países para llegar a la meta (Van Vuuren et al., 2011).

- **RCP 4.5**

Este escenario es uno de estabilización, llega a un forzamiento radiativo de 4,5 W/m² al año 2100 sin haberlo excedido antes. La población mundial llegará a 9 billones en 2065 y se reducirá a 8,7 billones en 2100. La necesidad energética mundial crece en 3 órdenes de

magnitud. Este escenario se caracteriza por las reducciones en el uso general de energía, así como en el uso de combustibles fósiles, mientras que se producen aumentos sustanciales en las formas de energía renovable y energía nuclear. Además de imponer precios al carbón, la tecnología de captura y almacenamiento de carbón (CCS) se desarrolla de manera que la industria eléctrica llega a ser un sumidero neto de carbón. Un aspecto importante que influye en la disponibilidad de materias primas bioenergéticas es la expansión de los bosques como parte de la estrategia de mitigación. En este escenario las emisiones de GEI llegan a su máximo alrededor del año 2040, de ahí comienzan a bajar hasta el año 2080, donde se estabilizan (Thomson et al., 2011).

- **RCP 6.0**

Para el año 2100, las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero, así como los cambios en el uso del suelo, provocarán un forzamiento radiativo de 6,0 W/m². Requerirá de disminuciones significativas a partir del año 2060, que se lograrán a través de la imposición de políticas climáticas, que limiten las emisiones vía precios y tecnología de CCS. Más allá de 2060, el crecimiento total del suministro de energía primaria se desacelera y la producción de carbón disminuye. Este es el resultado de un mayor uso de formas de energía no fósil y el despliegue de CCS. Las emisiones de carbono se mitigan al pasar del carbón al petróleo y al gas, expandiendo el uso de opciones de energía renovable y empleando CCS en la generación de energía térmica. La población mundial crecerá hasta 9,8 billones al año 2100 y junto al crecimiento económico impulsan la expansión en el área urbana o urbanizada y en las tierras de cultivo. La intensidad energética disminuirá 1,2 %/año antes del 2060 a 1,5 %/año del 2060 al 2100 (Masui et al., 2011).

- **RCP 8.5**

Este escenario representa una vía de emisiones y concentraciones altas, sus principales características son: alto crecimiento poblacional, un desarrollo intermedio en términos del PIB total, con tasas modestas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética. El escenario describe un mundo heterogéneo con una población global de 12 mil millones para el año 2100, que conducirían a grandes demandas energéticas y consecuentes emisiones de gases de efecto invernadero. Además, en este escenario no se implementarán políticas de mitigación del cambio climático. En cada aspecto, este escenario tiene valores mayores a los otros tres (Riahi et al., 2011).

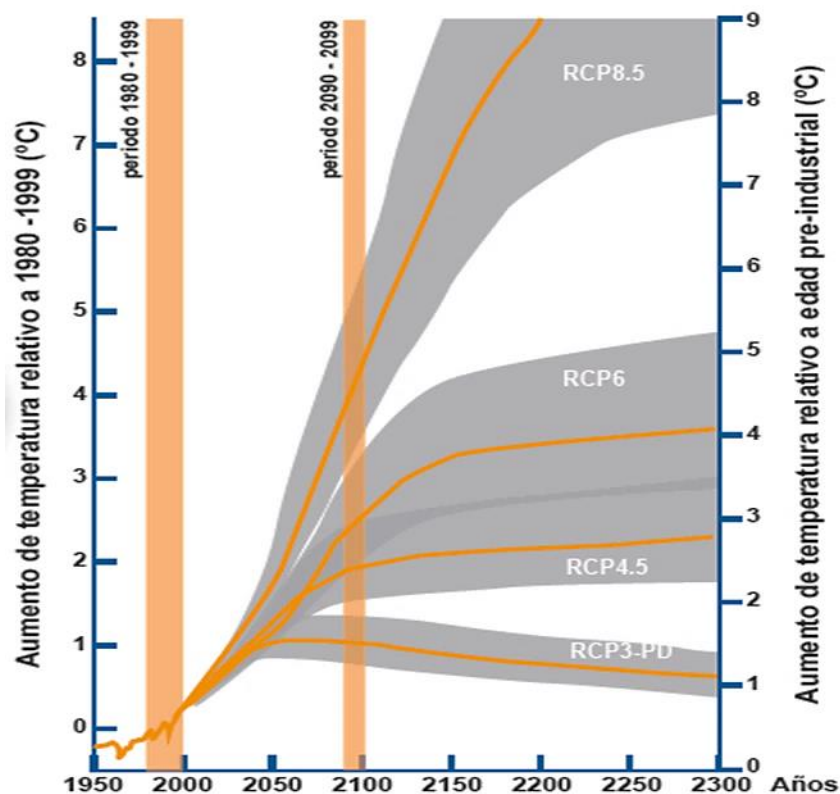


Figura 7. Cambios estimados en las temperaturas medias globales para los distintos escenarios de emisión RCP
 Nota: IPCC (2013).

b. Modelos climáticos de circulación general

Los modelos climatológicos son intrincados programas informáticos que compilan lo que sabemos sobre el sistema climático e imitan fielmente las complejas “interacciones entre la atmósfera, el océano, la superficie terrestre, la nieve y el hielo, el ecosistema global y una variedad de procesos químicos y biológicos (p. 157)”. Son instrumentos fundamentales cuando se trata de estudiar el resultado del sistema climático a diversos forzamientos y con el propósito de elaborar proyecciones de clima futuro a lo largo del próximo siglo (IPCC, 2013).

Los modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) brindan la representación más completa del sistema climático hoy en día aprovechable (IPCC, 2013). Su labor esencial es entender el dinamismo que existe entre los elementos físicos del sistema climático y efectuar proyecciones basadas en futuros gases de efecto invernadero (GEI) y forzamiento de aerosoles (Mechoso y Arakawa, 2015).

c. Efectos del cambio climático en los seres vivos

Según Uribe (2015) se presume que el cambio climático contará con impactos directos hacia “los organismos individuales, las poblaciones y los ecosistemas”.

El cambio climático global y, principalmente las emisiones permanentes y constantes de GEI, están ocasionando un trascendente desequilibrio en los ecosistemas y un aumento en la gravedad e incertidumbre de los acontecimientos climáticos. Está estimulando la pérdida de biodiversidad en el mundo, reduciéndola al ritmo más elevado de los últimos 65 millones de años (Forética, 2016). Los efectos desfavorables y con regularidad irreversibles en numerosos ecosistemas y en sus servicios, poseen impactos perjudiciales importantes de índole social, cultural y económico (Convenio sobre la diversidad biológica, 2009).

El cambio climático podría alterar la “distribución, tamaño, estructura y abundancia de las poblaciones de algunas especies” (Uribe,2015). “Adaptarse, moverse o morir” son reacciones probables. En tanto que el ámbito físico de las especies varía, los rangos se desplazarán con la finalidad de buscar las características apropiadas. La evolución y la extinción son otros posibles efectos. La última es viable principalmente cuando las condiciones variables disminuyan o acaben el hábitat idóneo de una especie (Hannah y Bird, 2018).

Los impactos con respecto a las especies son: un aumento en las tasas de extinción, cambios en los períodos de reproducción y alteraciones en la duración de la temporada de crecimiento de las plantas (CDB, 2007). Aun cuando se prevén consecuencias del cambio climático en la totalidad de los taxones, su naturaleza y fuerza cambiarían entre las especies. La fragilidad de esta se basa en “la exposición al cambio climático, la sensibilidad a las condiciones cambiantes y de la capacidad de adaptación para hacer frente a un clima cambiante” (Bestion y Cote, 2018). Aún existe duda acerca de la dimensión y la rapidez en la que sucederán las repercusiones (Forética, 2016).

III. METODOLOGIA

3.1. Ubicación de la zona de estudio

3.1.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en el departamento de Ayacucho. Éste colinda por el norte con Junín, por el noreste con Cusco, por el este con Apurímac, por el sur y sureste con Arequipa y por el suroeste con Huancavelica (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2004). Se sitúa en la región centro sur andina del país (Gobierno Regional de Ayacucho, 2010) en la zona sur de los Andes, en medio de los paralelos 12°10'04" y 15°37'51" latitud sur y los meridianos 72°50'08" y 75°08'23" longitud oeste. Este territorio está conformado por 11 provincias y 119 distritos. Cuenta con una extensión de 43 814,8 km² [Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2019], que equivale el 3,4 % de la superficie nacional y con altitudes entre los 500 y los 5000 m. s. n. m. (Ministerio de Agricultura, 2008).

3.1.2. Área de estudio

a. Características

El departamento se compone principalmente de montañas y altiplanicies. En la primera se encuentran plataformas estructurales con terrazas altas y bajas, y extensas zonas de cerros colinosos, conformada por afloramientos de rocas intrusivas y sedimentarias, así como una variedad de rocas volcánicas. Por otro lado, los sitios de planicie de la cordillera central presentan un paisaje estructural compuesto por montañas estimadas como residuos de una peniplanicie que se formó en el Terciario medio o superior a inicios del Cuaternario. Estas montañas están conformadas por planicies o llanuras y cerros aislados con elevaciones entre 3000 y 5000 m. s. n. m. (Gobierno Regional de Ayacucho, 2010).

Ayacucho goza de una elevada diversidad genética animal y vegetal nativa, sobre todo en la región norte que posee una pluralidad de cultivos andinos y tropicales beneficiados “por la fisiografía, microclimas, y las costumbres conservacionistas (p.39)”. El territorio sur de Ayacucho es más ganadero, prevaleciendo los camélidos con su distintiva variedad de

especies y además cuentan con amplias praderas de gran altitud. Las provincias de Vilcashuamán y Sucre se distinguen por los extensos terrenos con distintos forestales nativos como *Polylepis sp.*, *Escallonia sp* y *Puya raimondii* en peligro crítico, endémico y vulnerables respectivamente, esencial por su frenar erosiones y por acoger una amplia gama de especies de fauna silvestre (Gobierno Regional De Ayacucho, 2013).

El departamento posee una amplia variedad de tipos de plantas relacionadas a la variedad de ecosistemas. La familia botánica más famosa y, a su vez una de las más propagadas en Ayacucho, es la de las Poaceas, populares como gramíneas, una de las familias que conforman los pastos, siendo valiosos para la ganadería de las zonas andinas. Un segundo conjunto muy expandido es el de las Asteraceas, relevantes por sus cualidades curativas. También encontramos las Fabaceas, famosas como leguminosas, aprovechadas como alimento, cercos vivos o combustible por su madera (Torres, 2001).

Dentro de los mamíferos principales destacan el guanaco (*Lama guanicoe*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y la taruca (*Hippocamelus antisensis*), todas ellas especies incluidas en el convenio CITES. Además, el puma (*Puma concolor*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) también pueden ser localizadas normalmente en esta región, aunque la mayor diversidad prevista está constituida por quirópteros y roedores. La fauna doméstica de Ayacucho se encuentra conformada esencialmente por ganado criollo: ovinos, vacunos y cabras. En medio de la fauna doméstica nativa sobresale, como importante recurso, los camélidos sudamericanos (Torres, 2001).

b. Clima

Debido a que la Cordillera de los Andes atraviesa el departamento de sur a norte, este presenta una variedad de características climatológicas. Presenta precipitaciones anuales que llegan a 553,7 mm y pequeños bolsones pluviales en Huanta y La Mar. Las categorías de clima que existen en el departamento son: (1) Clima de desierto: zonas situadas al suroeste, en la que básicamente no llegan a apreciarse lluvias; (2) Clima de estepa: ubicada en una banda estrecha y serpenteante de esta región, en la cual las precipitaciones se manifiestan desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo; (3) Clima frío o boreal: abarca áreas accidentadas de la provincia de Parinacochas, y comprende el noroeste de Lucanas y fragmento de Víctor Fajardo, Cangallo, La Mar y Huanta; (4) Clima de sabana: territorio en el cual la precipitación anual excede los 750 mm y en ocasiones puede llegar entre 4 000 y 7 000 mm, con una temperatura media anual que se mantiene por encima de 18 °C; y (5)

clima de temperatura seca, alto montano: prevalece en la superficie departamental e incluye sitios entre los 3 000 y 4 000 m s. n. m. (IGN, 2019).

c. Suelo

El tipo habitual de suelo en Ayacucho es el del tipo Entisol caracterizado por el afloramiento de rocas, lo cual limita su capacidad para la agricultura. “Los suelos con alto potencial agrícola se encuentran distribuidos en las provincias de Huamanga, Huanca Sancos, Lucanas y Parinacochas, pero se encuentran mezcladas con el Entisol (p. 20)”. Del conjunto total de tierras del departamento, el 52% se contemplan adecuadas para el progreso de la actividad agrícola y ganadera, mientras que el 48% pertenecen a tierras de protección que no benefician esta labor y/o necesitan de un manejo apropiado y particular para su aprovechamiento (Gobierno Regional De Ayacucho, 2013).

3.2. Materiales

3.2.1. Material digital

a. Variables topográficas y suelos

Las variables topográficas son datos producto del relieve. La NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) elaboraron un mapa topográfico: ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model), construido sobre la base de 1,3 millones de imágenes estéreo. Se hallan en presentación GeoTIFF con formato de coordenadas geográficas lat/long, posee una resolución espacial de 90 metros y hace alusión al geoido WGS84/EGM96 (MINAM, 2020).

Tabla 3: Variables topográficas

Variable	Unidad
Altitud	Msnm
Pendiente	%

La variable suelo fue desarrollada a manera de una capa digital, shapefile, por la Dirección General Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego y optimizado por INRENA (1996) a una escala de 1:250000.

b. Variables bioclimáticas

Proceden de WorldClim, aprovechables de <http://www.worldclim.org>. Son un “conjunto de capas digitales del clima global promedio para periodo del 1950 al 2000, con una resolución espacial de 30 segundos de arcos, normalmente llamado resolución espacial de 1 km²” (Hijmans et al., 2005).

Tabla 4: Variables ambientales

Código	Variable
bio1	Temperatura media anual
bio2	Rango medio diario (Media de la (max temp - min temp) mensual)
bio3	Isotermicidad (BIO2/BIO7) (x 100)
bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar x 100)
bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
bio6	Temperatura mínima del mes más frío
bio7	Rango anual de temperaturas (BIO5-BIO6)
bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
bio9	Temperatura media del trimestre más seco
bio10	Temperatura media del trimestre más cálido
bio11	Temperatura media del trimestre más frío
bio12	Precipitación anual
bio13	Precipitación del mes más húmedo
bio14	Precipitación del mes más seco
bio15	Estacionalidad de la precipitación (como coeficiente de variación)
bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
bio17	Precipitación del trimestre más seco
bio18	Precipitación del trimestre más cálido
bio19	Precipitación del trimestre más frío

FUENTE: WorldClim (2019)

En relación con las variables climáticas futuras, para los horizontes de tiempo 2050 y 2070, se empleó el Modelo de Circulación General HadGEM2-ES diseñado por el Met Centro Hadley Oficina con el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, extraído de WorldClim.

Estas variables están elaboradas respecto al fundamento de los cuatro escenarios de “vías representativas de concentraciones” que son característicos del Quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático: RCP 2,6 W/m², RCP 4,5 W/m², RCP 6,0 W/m² y RCP 8,5 W/m² (IPCC, 2013). Para el actual estudio se utilizaron únicamente los escenarios de RCP 2,6 W/m² y RCP8,5 W/m².

c. Hardware y software

- Ordenador core i5
- Software vectorial: Quantum GIS 1.7.4.
- Software raster: GRASS 6.4.2.
- Software de Modelación: MAXENT 3.3.1.

3.2.2. Equipos y materiales complementarios

- GPS Garmin etrex30x.
- Cámara digital Nikon D3400
- Libreta de campo.
- Útiles de escritorio en general.
- Binoculares Nikon aculon 10x50

3.3. Metodología

3.3.1. Diseño de investigación y tipo de estudio

La presente investigación pertenece a un diseño de carácter transeccional o transversal, debido a que concentró en modelar la distribución del *Vultur gryphus* en el departamento de Ayacucho en determinado momento. Este análisis une las circunstancias metodológicas dirigidas a una investigación aplicada a causa de que se utilizó teorías generales de ecología, igualmente responde a una proyección predictiva, al prever condiciones futuras de la especie (Arispe et al., 2020).

3.3.2. Población y muestra

La población está constituida por los individuos de la especie *Vultur gryphus*, localizados en Perú. Se emplearon dos entradas de información para la muestra:

i. Trabajo de muestreo en la provincia de Lucanas, Ayacucho, en la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille y en Valle del Sondondo. Se hicieron avistamientos tras seguir rutas establecidas en donde ya ha sido observada la especie con la finalidad de registrar mediante avistamientos los puntos de presencia en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), tratando de que el recorrido abarque distintas regiones ambientales para reflejar con precisión la distribución de la especie (Ruiz, 2017). Se considera la totalidad de los puntos de avistamiento, los lugares de descanso y los que usan para desplazarse, debido a que los cóndores responden a las condiciones meteorológicas en todos los casos (De Martino et al., 2011).

ii. Los individuos de la especie reportados en la base de datos en línea Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org).

3.3.3. Instrumentos de recolección de datos

Para adquirir información de la especie, sobre todo acerca de la ubicación geográfica, se empleó a manera de herramienta la Ficha de Verificación que se expone en el Anexo 1

3.3.4. Procedimiento

a. Registro de presencia

Para la utilización de MaxEnt, se requiere que los puntos de registro de la especie (variable dependiente) (Figura 8) se encuentren en formato CSV. Esto se realiza en el programa Excel en donde la hoja de datos se convierte a ese formato utilizable. Estos puntos de registro, que son el sistema de coordenadas geográficas del avistamiento de la especie, la latitud y longitud se utilizan en grados decimales para así tener toda la información en la misma proyección geográfica (Ruiz, 2017). Posteriormente, estos datos se separaron en dos conjuntos, el primero llamado “conjunto de test”, compone el 30% de los registros, es seleccionado aleatoriamente y se usó en la prueba y evaluación de la calidad del ajuste del modelo. El segundo conjunto, el 70% restante, se utilizó para correr el modelo (Phillips, 2017).

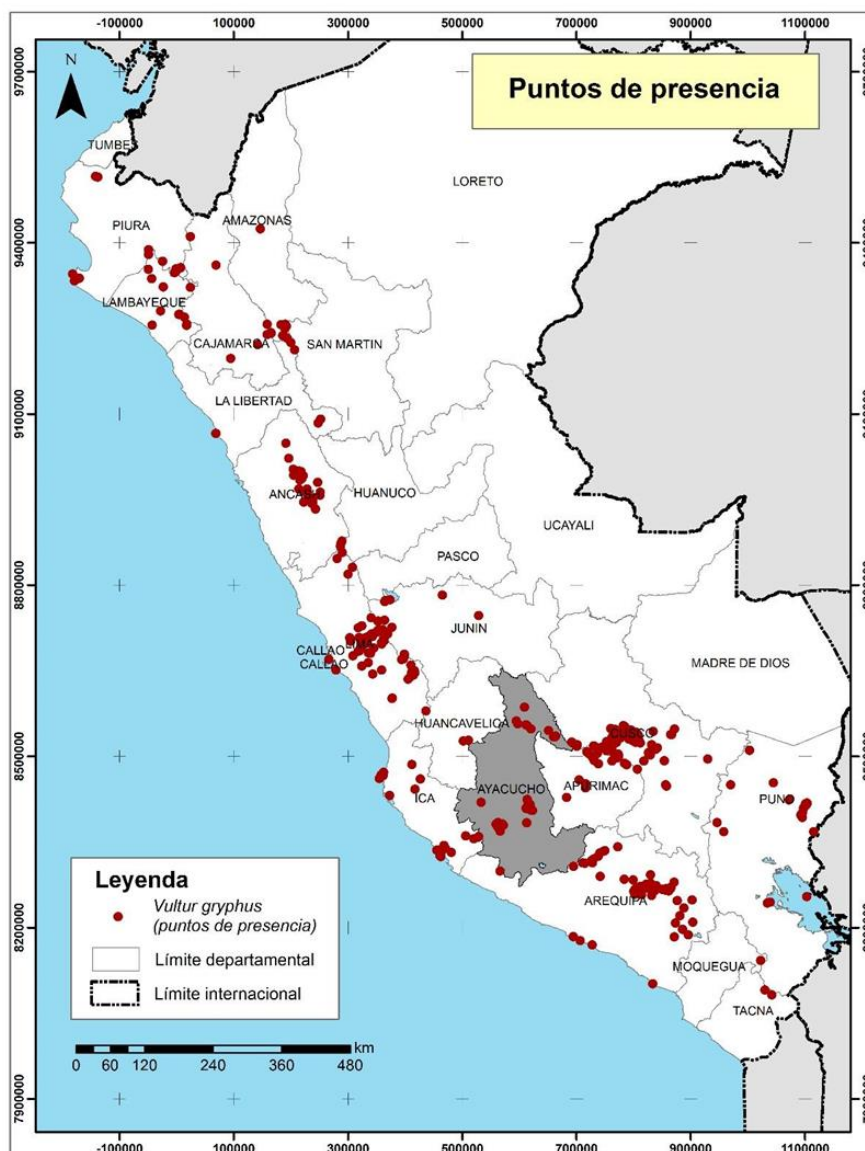


Figura 8. Puntos de presencia

b. Las variables ambientales, topográficas y suelo

El software MaxEnt solo admite archivos en formato “ASCII”, es por eso por lo que las capas ambientales, las de suelos y las topográficas, han sido convertidas a este formato (Ruiz, 2017). Es necesario que todas las cuadrículas de las capas compartan los mismos límites geográficos y el mismo tamaño de celda, lo que significa que los encabezados de todos los archivos ASCII deben encajar de manera precisa entre sí (Phillips, 2017). Esto se logra con ayuda de los softwares “Quantum GIS 1.7.4” y “GRASS 6.4.2”

c. Selección previa de variable

Cuando se seleccionan las variables para hacer la modelación se tienen como prioridad aquellas que están más estrechamente relacionadas con la distribución de la especie, las que

ofrecen una alta aptitud explicativa y con la menor correlación entre sí (Pliscoeff y Fuentes-Castillo, 2011).

Algunas variables ambientales normalmente se encuentran correlacionadas y esto es capaz de influir en la calidad de los modelos. A causa de esto, se efectúa un análisis de correlación de variables empleando el programa R, con el objetivo de identificar aquellas que poseen bajos niveles de correlación ($|r| < 0.7$). Aquellas seleccionadas son las siguientes:

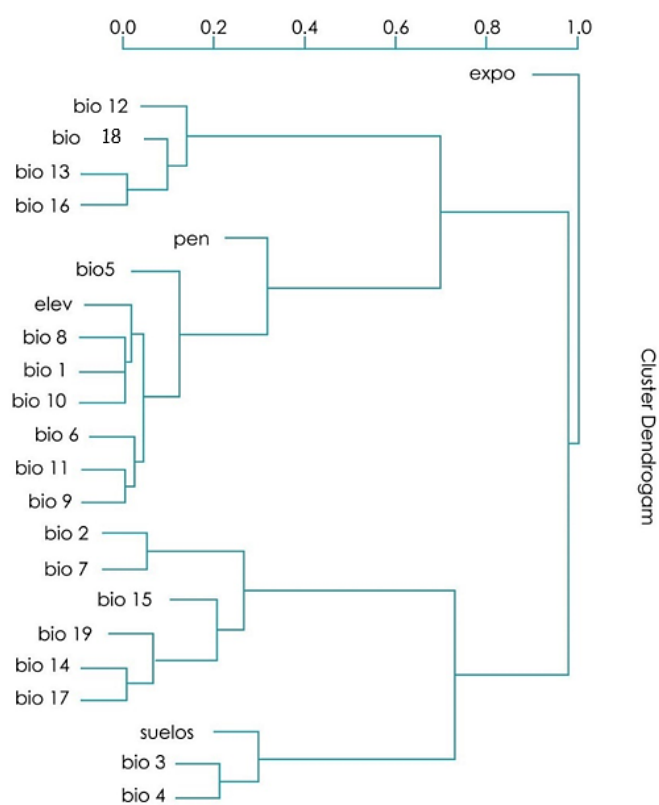


Figura 9. Cluster

Tabla 5: Variables seleccionadas

Código	Variable
bio1	Temperatura media anual
bio12	Precipitación anual
bio15	Estacionalidad de la precipitación (como coeficiente de variación)
bio17	Precipitación del trimestre más seco
bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar x 100)
bio7	Rango anual de temperaturas (bio5-bio6)
pen	Pendiente
suelo	Suelo

d. Modelación de distribución potencial

Para la modelación de la distribución potencial se utilizó el software “MAXENT 3.3.1” basado en el método de solo presencia y el enfoque de máxima entropía. Se programó con las características por defecto: “500 iteraciones; eliminación de registros duplicados, umbral de convergencia =0,00001 y el parámetro de regulación $\beta = 1$ ” (Phillips et al., 2006).

Además, se utilizó la técnica del Jackknife para evaluar e identificar las variables más relevantes en el modelo (Ruiz, 2017). El formato de salida es el logístico, ya que facilita la interpretación de la distribución en términos de la probabilidad de ocurrencia, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por el ambiente (Phillips, 2017).

e. Evaluación de variables

A fin de valorar la capacidad predictiva del modelo, se utilizó el área under the curve (AUC) o área bajo la curva (ROC), empleada con éxito en algoritmos de solo presencia (Becerra-López et al., 2016).

f. Modelación de los efectos del cambio climático

La modelación de los efectos del cambio climático se efectuó con el software “MAXENT 3.3.1”, al mismo tiempo que la distribución potencial, usando las proyecciones climáticas para los años 2050 y 2070, en función de 02 escenarios de “vías representativas de concentraciones” con el modelo de circulación general: HadGEM2-ES.

g. Ejecución de los modelos

La selección del umbral es compleja y no hay una técnica que no contenga cierto grado de arbitrariedad, sin embargo, algunos métodos son planteados como las mejores alternativas (Liu et al., 2005). En este estudio, se seleccionó como umbral la media de distribución, debido a que es el que se ajusta más apropiadamente con el objetivo del estudio y a la biología de la especie.

h. Determinación de los efectos del cambio climático

Una vez elaborados, el modelo de distribución potencial y el modelo por efecto del cambio climático se convierten de su formato binario original a un formato vectorial en forma de shapefile.

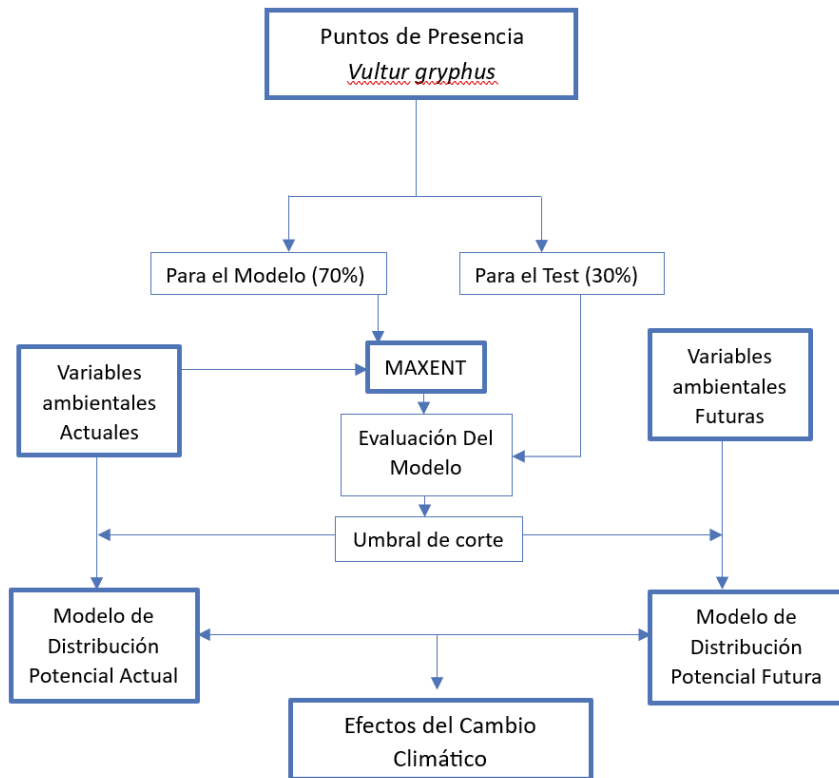


Figura 10. Esquema de flujo de trabajo para modelar distribución de especies
FUENTE: Basado en Mateo et al. (2011)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución potencial

En la Figura 11 y Tabla 6, se exponen los resultados del modelo de distribución potencial del *Vultur gryphus* en Ayacucho. Esta especie posee zonas potenciales extensas muy importante en sus 11 provincias, excepto en Huanta y La Mar en los cuales el área posee una superficie inferior a las otras. Las áreas potenciales abarcan en la totalidad del departamento una superficie de 3 974 129, 00 has, que es alrededor del 90,70% de la misma.

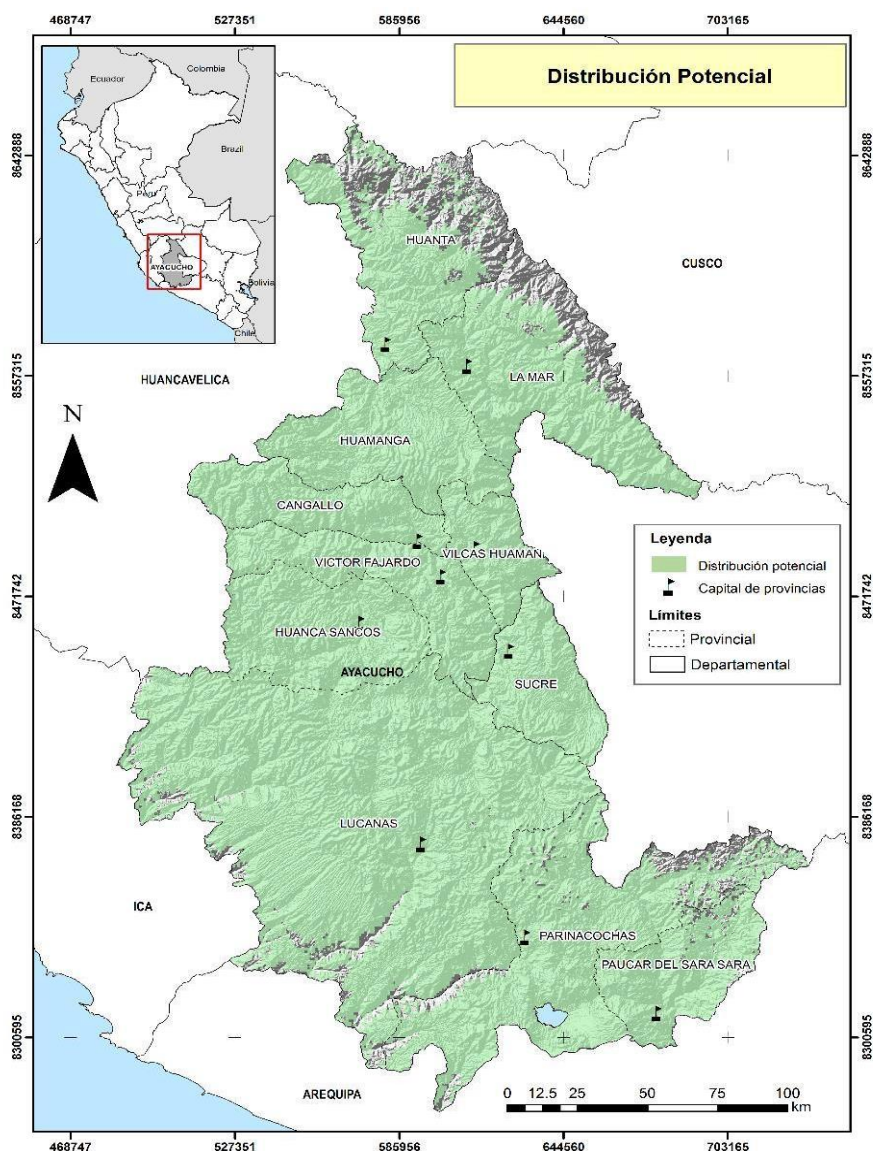


Figura 11. Modelo de distribución potencial de *Vultur gryphus*

Tabla 6: Área potencial del *Vultur gryphus*

Especie	Área potencial (ha)
<i>Vultur gryphus</i>	3 974 129,00

Los resultados del modelo son coincidentes con Schulenberg et al. (2010) que indican la distribución del cóndor andino en las provincias de Lucanas, Huamanga, Huanta, La Mar, Cangallo, Vilcashuamán, Víctor Fajardo, Huancasancos, Sucre, Parinacochas y Páucar del Sara Sara. Piana y Vargas (2018) elaboraron modelos de hábitat de lugares de descanso y zonas de alimentación de dos cóndores andinos que fueron provistos con transmisores satelitales luego de ser rehabilitados; en Ayacucho, la distribución potencial de la especie comprendió también las 11 provincias.

Según la Ley N° 26834 (1997) las Áreas Naturales Protegidas desempeñan un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad, ya que previenen la extinción de especies, principalmente de aquellas que tienen una distribución limitada o se encuentran amenazadas, y hallan adaptaciones frente a ocasionales cambios climáticos perjudiciales. El Plan Nacional para la Conservación del Condor Andino (SERFOR, 2015) indica que una subpoblación valiosa se encuentra en la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille situada en la provincia de Lucanas, reporte coincidente con el producto del modelo de distribución potencial.

Generalmente el cóndor Andino se ubica en hábitats próximos de acantilados elevados, que es el sitio en el que descansa y anida (Schulenberg et al., 2010) y sitios relativamente descubiertos, para buscar alimento (Ferguson- Lees Y Christie, 2001). Piana y Angulo (2015) señalan que al interior de Ayacucho se hallan zonas de valor para la conservación de la especie: La Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille y las comunidades campesinas de Sondondo, Chipao y Andamarca. En efecto, en estos lugares, en los cuales se efectuaron la fase de campo, presentan estas cualidades.

4.2. Evaluación del modelo

Los resultados del análisis estadístico del área bajo la curva ROC se muestran en la Figura 12. Como se puede observar, en los datos de entrenamiento (Training Data) representados por la línea roja, se presenta un AUC de 0,934, lo que refleja el ajuste del modelo a los datos de muestreo. Por otro lado, para el AUC real (Test Data), representados por la línea azul, se evalúa la capacidad predictiva del modelo, y el AUC obtenido es de 0,915.

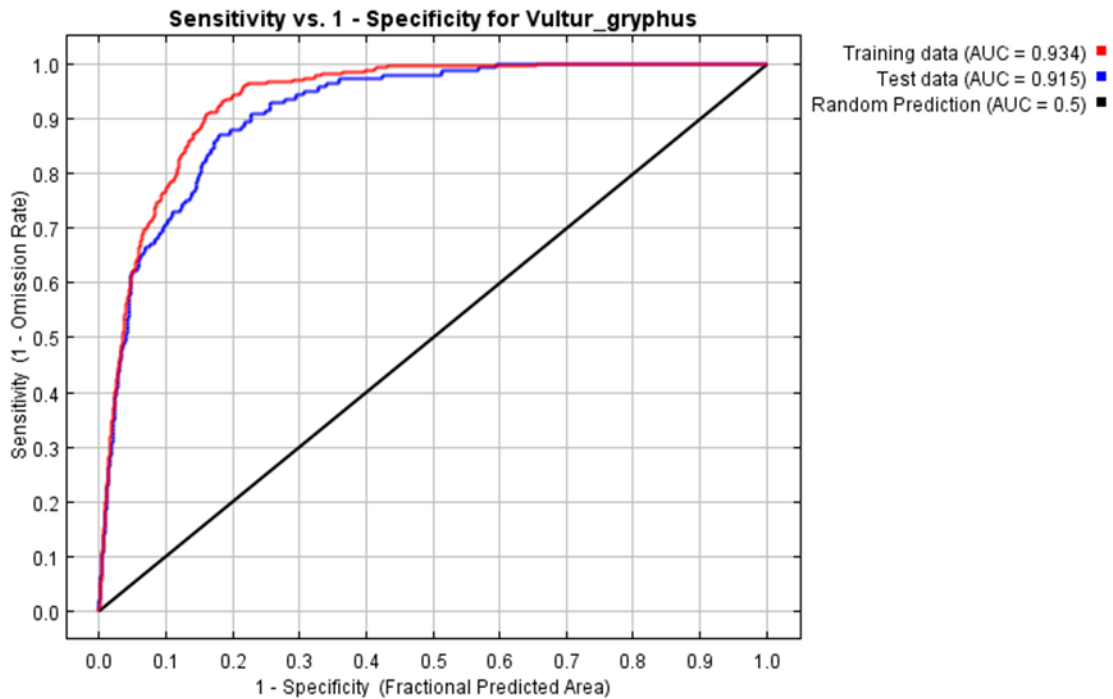


Figura 12. Curva ROC y área bajo la curva AUC

El AUC de 0,915 pertenece a un modelo clasificado como bueno (Ruiz, 2017). En otras palabras, la distribución potencial del *Vultur gryphus* se expone bien en función de las variables independientes.

4.3. Variables de mayor importancia en el modelo

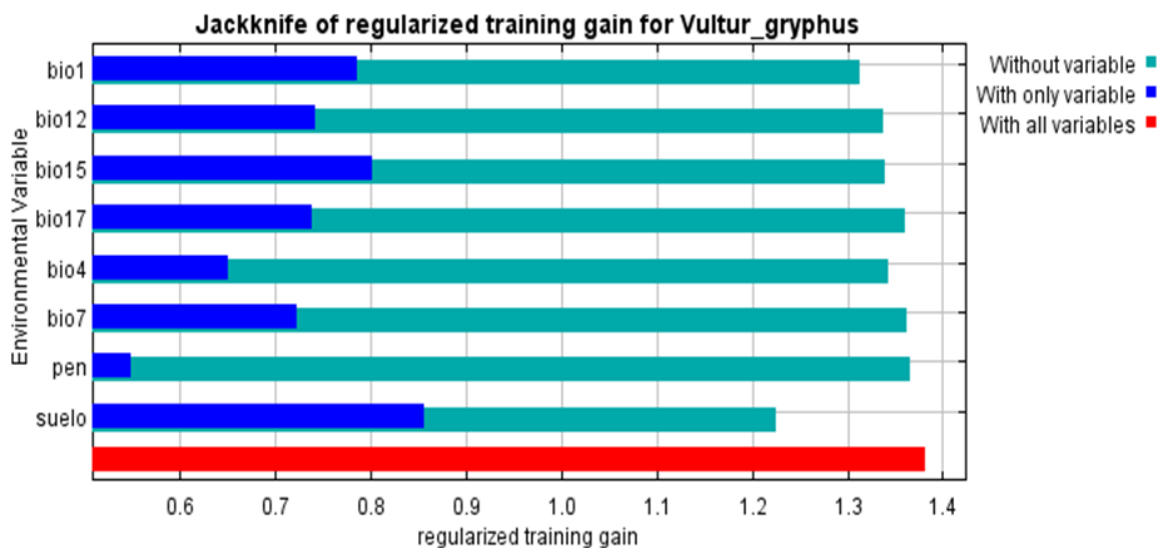


Figura 13. Jackknife del modelo

En la Figura 13 se presentan los productos de la prueba Jackknife que evalúa la relevancia de las variables con relación a los datos de entrenamiento. “With only variable” (barras azules) describen la conformación del modelo cuando se utiliza la variable de manera

aislada, “with out variable” (barras turquesas) muestran la formación sin la variable y “with all variables” (barras rojas) con la totalidad de las variables (Ruiz, 2017).

Al respecto, las variables ambientales de máximo valor en la realización del modelamiento son suelo, la estacionalidad de la precipitación (bio15) y temperatura media anual (bio 1) dado que cuando éstas se emplean en aislamiento aporta información más valiosa por si sola, ya que proporciona un ajuste superior del modelo.

La variable pendiente (pen) no tiene un valor significativo por sí sola en la estimación de la distribución de la especie, ya que aporta un aumento mínimo en las ganancias o en la calidad del ajuste del modelo.

4.3.1. Suelo

En la Figura 14, se observa la respuesta del Modelo de Distribución Potencial del Cóndor andino, referente a la variable más significativa, el suelo. Este modelo depende de los tipos de suelo: Regosol dístico - Afloramiento lítico, Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico, Leptosol lítico - Afloramiento lítico, cuya codificación está representada por 29, 25 y 26, respectivamente.

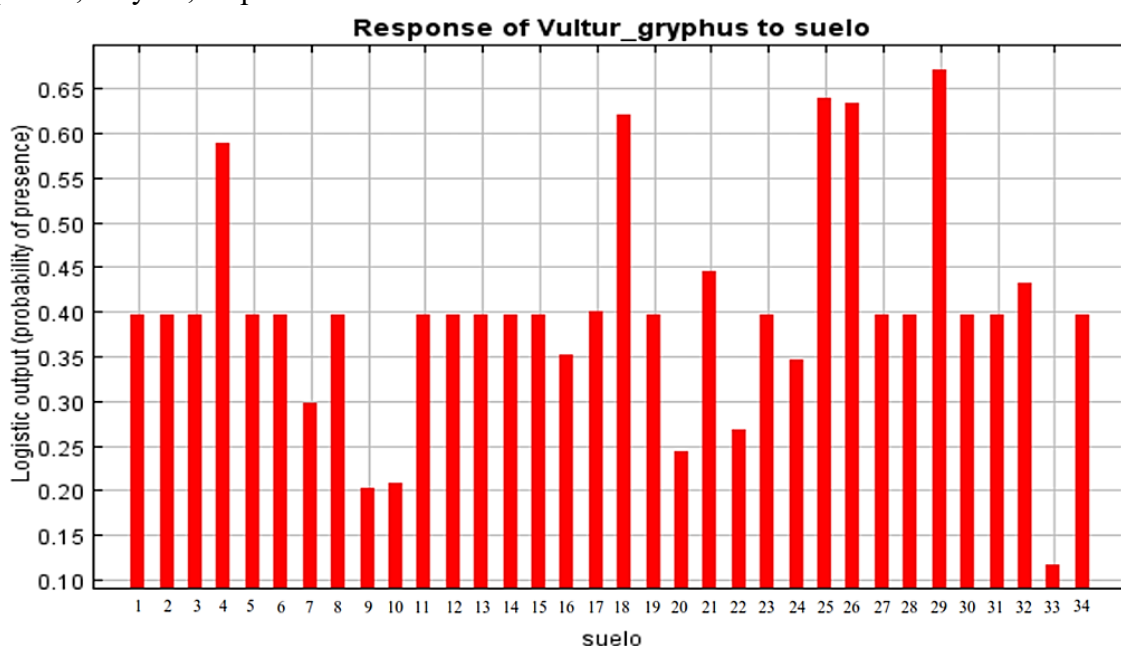


Figura 14. Respuesta del modelo frente a la variable suelo

Estos tipos de suelo corresponden a una descripción general, dado que la variabilidad edáfica en el Perú hace que la representación cartográfica se realice en forma asociada de las unidades de suelo (INRENA, 1996). Entre las características comunes de los tipos de suelos que se mencionaron anteriormente, resaltan que son pocos desarrollados, muchos utilizados

para pastoreo (FAO, 2009) por ser suelos superficiales, integrados por exposiciones de componentes minerales sólidos y compactos, es decir, rocas (IGN, 2019).

En primer lugar, los suelos utilizados para pastoreo son importantes como alimento para la ganadería (Torres, 2001). A su vez, se ha visto que el cóndor andino tiene como fuente importante de alimento el ganado doméstico (Lambertucci et al., 2009), haciendo que la ocurrencia de actividades ganaderas establece para el *Vultur gryphus*, extensas áreas de forrajeo (Semanate, 2013), sirviendo, la ganadería como una fuente permanente de carroña (De Martino et al., 2011). Lo mencionado puede ser información concordante con la expuesta por Kusch (2004) en donde indica que la cantidad de cóndores varía en función de la disponibilidad de fuentes de alimento y tiene relación con la mayor mortalidad de ganado, así como también con la expuesta por Marquez (2016) en la cual se menciona que los desplazamientos del *Vultur gryphus* están asociados a la disponibilidad de alimento.

En segundo lugar, al preferir zonas de suelos superficiales con exposición de rocas, se puede relacionar con lo mencionado por Dávalos (2014), que nos indica que los lugares donde se desarrollan formaciones rocosas o paredes de roca se identifican como microhábitats específicos para la ubicación de nidos o áreas de descanso. De igual manera, Lambertucci (2007) menciona que los dormitorios comunales se encuentran ubicados en roquedales. De Martino et al., (2011) menciona que el ave utiliza paredes de roca como posaderos. Así como también, Semanate (2013) que indica que la especie requiere de manera específica para sus lugares de anidación y dormitorio, áreas que cuenten con formaciones de roca vertical y frecuente regiones donde hay rocosos acantilados, para poder divisar su presa con mayor facilidad.

Por otro lado, Gargiulo (2012) menciona que la mayoría de los nidos se encuentran dentro de aleros de los acantilados rocosos. Igualmente, ACOPAZOA (2013) señala que el diseño con roca artificial es frecuentemente incorporado en centros de cautividad del Cóndor, y puede cumplir propósitos tales como: “proveer sitios de percha, anidación y sitios de cortejo para las aves.”

4.3.2. Estacionalidad de la precipitación

En la Figura 15, se observa la respuesta del modelo sobre la variable de la estacionalidad de la precipitación (coeficiente de la precipitación) (bio15), en la cual se observa una dependencia de una alta estacionalidad de la precipitación, en donde el coeficiente de la precipitación varía entre 70% y 120%, con picos en 70%-80% y 110%-120%.

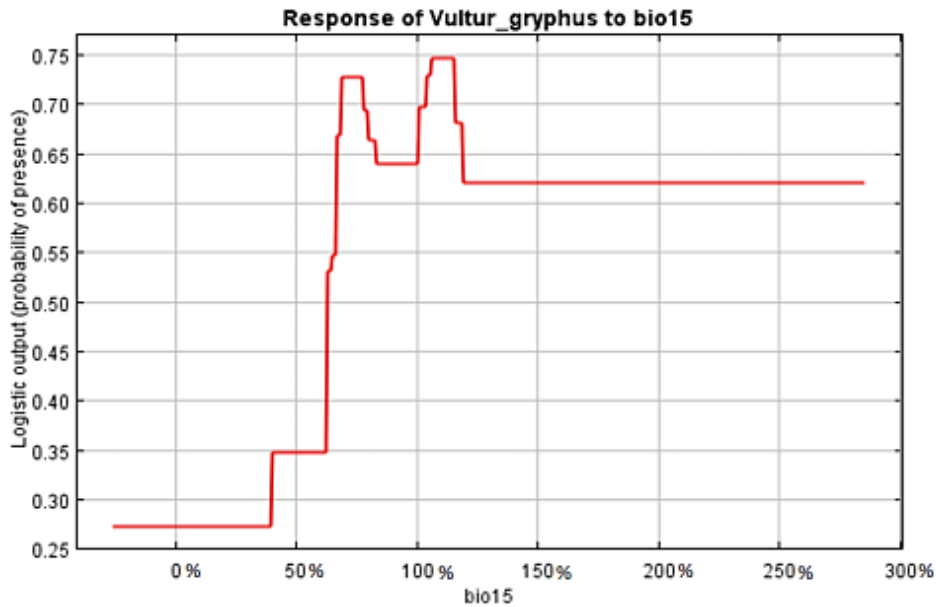


Figura 15. Respuesta del modelo frente a la variable bio15

El coeficiente de precipitación es una métrica que refleja la variación en las precipitaciones mensuales totales durante todo el año, en donde los valores de porcentajes más altos denotan una mayor variabilidad. El valor de 70% a 80% indica una alta variabilidad de la precipitación. Además, el valor de CV de 110%-120% es superior al 100%, es decir, en estas áreas la variación de la precipitación durante todo el año excedió el promedio (O'Donnell e Ignizio, 2012).

En otros estudios de modelos predictivos del cóndor andino, también se ve a la estacionalidad de la precipitación como una variable importante en el modelo. Se tiene la investigación de Astudillo et al. (2016) que estudió la distribución potencial de la especie en los andes sur de Ecuador, la de Dávalos (2014), que elaboró un modelo de áreas potenciales para el establecimiento de nidos y dormitorios en el mismo país. Y la de Sáenz-Jiménez et al. (2020) que analizó los posibles efectos del cambio climático y la influencia humana en escenarios futuros encontrados entre dos aves carroñeras *Vultur gryphus* y *Coragyps atratus*.

Esta predisposición del cóndor por lugares en donde exista una alta variabilidad de la precipitación podría deberse a, como explica Escobar-Gimpel et al. (2015), a un producto de “recursos pulsados” que son sucesos intermitentes con gran cantidad de alimento, baja frecuencia y corta duración. Debido a este tipo de recursos se da un aumento en la oferta de animales muertos, atrayendo así, a especies carroñeras. Para Martínez (2006) una desmesurada pluviosidad, ocasionaría la muerte de individuos vulnerables a ella. Por lo general el *Vultur gryphus* descansa mientras los efectos de las lluvias disminuyen.

4.3.3. Temperatura media anual

En la Figura 16, se observa la respuesta del modelo sobre la variable Temperatura Media Anual (bio1), en la que se muestra que las mayores respuestas corresponden a las temperaturas que varían entre 5°C a 24°C, con picos en 18°C. Por lo tanto, las áreas ideales para la distribución de esta especie necesitan estar dentro de este rango de temperatura media anual.

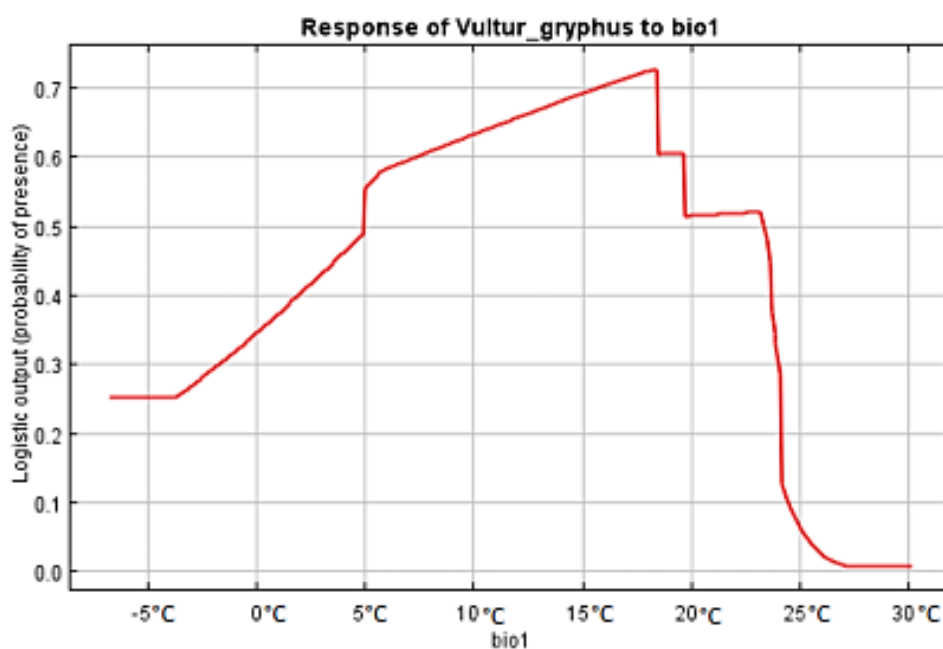


Figura 16. Respuesta del modelo frente a la variable bio1

En la investigación de Dávalos (2014), sobre la aplicación de un modelo de predicción de ocurrencia de sitios de anidación y dormideros en Ecuador, se encontró que entre las variables seleccionadas para modelar se encuentra la temperatura media anual.

En diversos estudios de la especie se puede apreciar que los lugares en donde se ha hecho avistamiento están dentro del rango de la temperatura media anual que salió como resultado. Según Corporación Autónoma Regional De La Guajira Corpoguajira & Fundación Bioandina Colombia- Fbc (2007) el lugar para la conservación del cóndor andino en la Serranía de Perijá, Colombia, presenta una temperatura media entre 12 y 24 °C. En las áreas de estudio de Gargiulo (2012) en Argentina, la temperatura media anual se encuentra entre 8,1 °C y 23°C. En la investigación de Nunura (2019) la temperatura media anual se sitúa en torno a 24° C.

El cóndor andino, en cautiverio ha sido alojado históricamente en establecimientos con temperaturas entre -27°C y 37°C , sin presentar contratiempos en salud o conducta. Según parece, esta especie es tolerante a elevadas variaciones de temperatura (ACOPAZOA, 2013).

4.4. Efectos del cambio climático en la distribución

De acuerdo con los resultados de la modelación de los efectos del cambio climático en base a los dos escenarios representativos del Quinto Informe del IPCC, las proyecciones climáticas muestran una ligera reducción en las áreas potenciales de distribución del *Vultur gryphus*.

En la Figura 17, Figura 18 y Tabla 7, se muestran los resultados para el 2050. El efecto severo se encuentra representado por el color rojo e indica las áreas que no cuentan con las condiciones requeridas para la distribución potencial de la especie. Para el escenario RCP 2,6 el efecto severo presenta una superficie de 76 768 has, que significa el 1.93% de la distribución potencial. Para el escenario RCP 8,5 esta afectación es de 94 796 has, que representa 2.39% de distribución potencial; siendo la provincia de Lucanas, Huanta y La Mar las más afectadas.

El efecto leve del cambio climático, es decir, áreas poco o nada afectadas, están representados por el color mostaza. Para el escenario RCP 2,6 el área presenta una superficie de 3 875 336 has, reduciéndose a 3 855 989 has para el escenario RCP 8,5. Además, se han originado zonas potenciales, representadas por el color verde, áreas que mostraran condiciones climáticas idóneas para la distribución de la especie, principalmente en las provincias de Parinacochas y Huanta; con una superficie de 127 769 has para el escenario RCP 2,6 y de 115 794 has el escenario RCP 8,5, que representa el 3.22% y 2.91%, respectivamente.

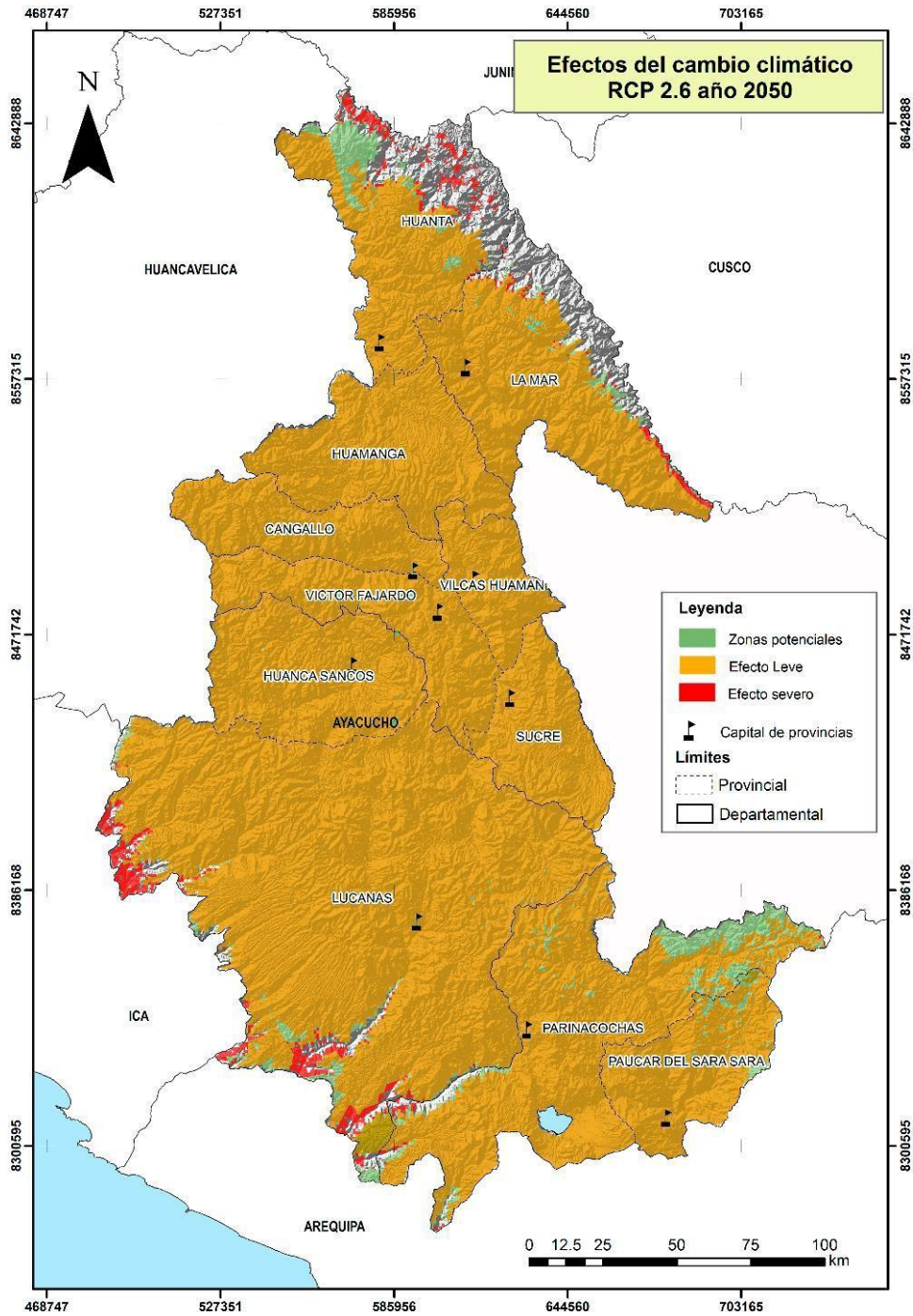


Figura 17. Efectos del cambio climático RCP 2,6 del año 2050

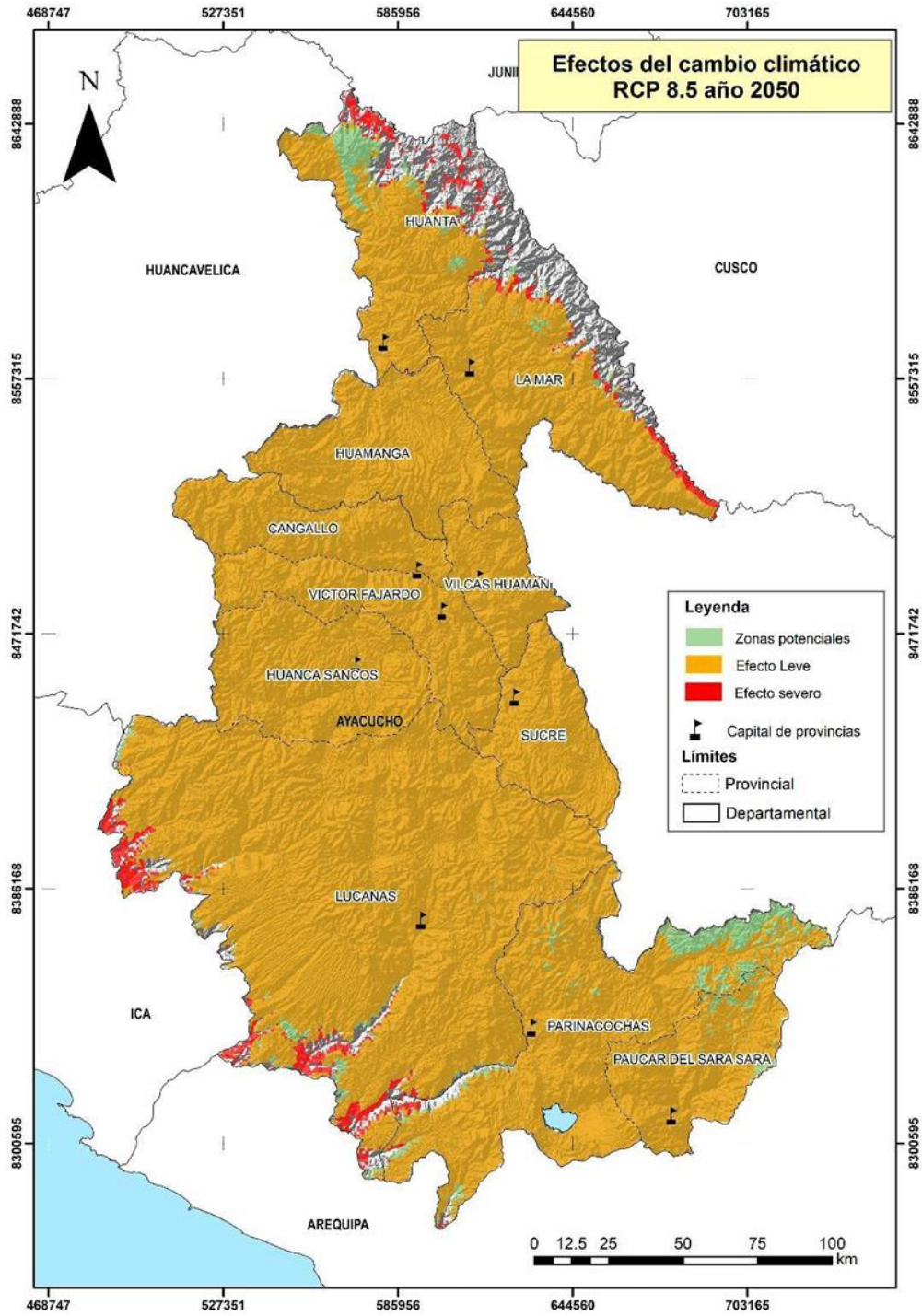


Figura 18. Efectos del cambio climático RCP 8,5 del año 2050

Tabla 7: Efecto de cambio climático en el horizonte de tiempo 2050

Año 2050	Escenarios			
	RCP 2,6		RCP 8,5	
	ha	%	ha	%
Efecto severo	76768	1.93	94796	2.39
Efecto leve	3875336	97.51	3855989	97.03
Zonas potenciales	127769	3.22	115794	2.91

En la Figura 19, Figura 20 y Tabla 8, se muestran los resultados del efecto del cambio climático global para el año 2070. Se puede ver que el efecto severo no difiere mucho para los escenarios con relación al año 2050, tiene una superficie de 74 673 has para el escenario RCP 2,6 y 93 793 has para escenario RCP 8,5, con el 1.88% y 2.36% respectivamente. Además, en los dos escenarios, el efecto leve o áreas que mantienen las condiciones idóneas tampoco difieren mucho de los escenarios en relación con el otro año analizado, con 97.56% y 97.17% para RCP 2,6 y 8,5 respectivamente. Con relación a las zonas potenciales, color verde, tendría una superficie de 127 973 has para el escenario RCP 2,6 y de 125 255 has el escenario RCP 8,5, que representa el 3.22% y 3.15%, respectivamente.

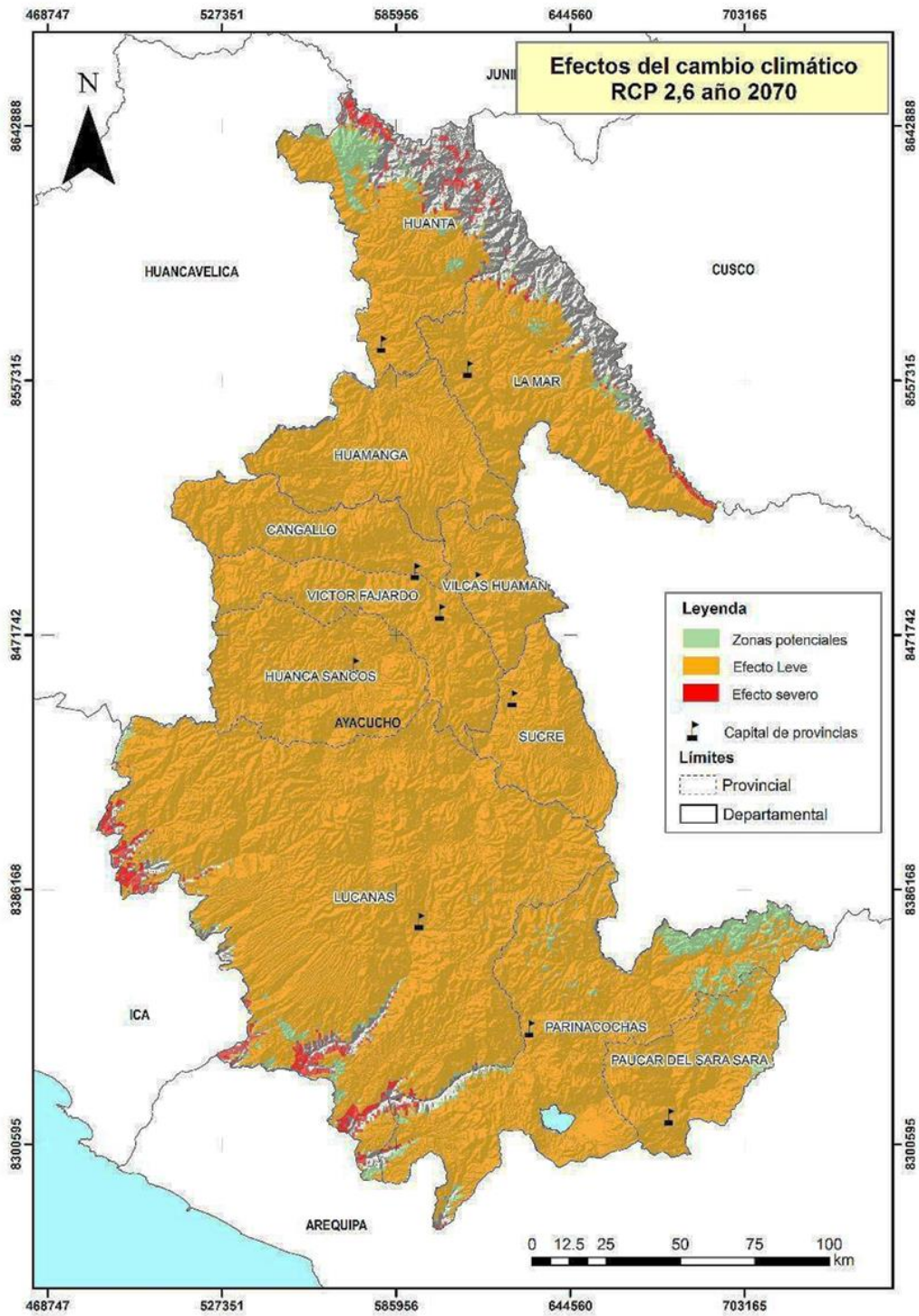


Figura 19. Efectos del cambio climático RCP 2,6 del año 2070

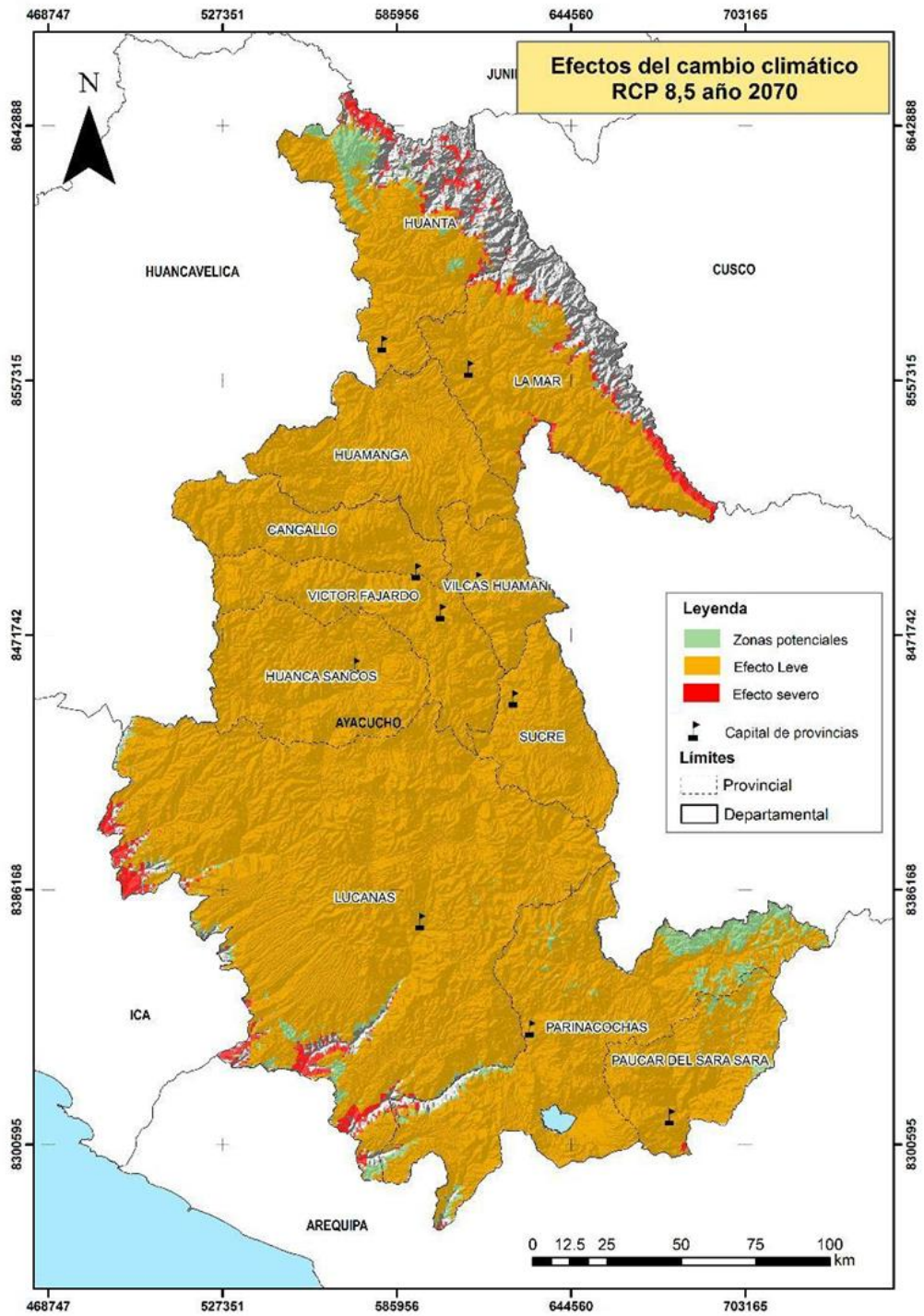


Figura 20. Efectos del cambio climático RCP 8,5 del año 2070

Tabla 8: Efecto de cambio climático en el horizonte de tiempo 2070

Año 2070	Escenarios			
	RCP 2,6		RCP 8,5	
	ha	%	ha	%
Efecto severo	74673	1.88	93793	2.36
Efecto leve	3877263	97.56	3861585	97.17
Zonas potenciales	127973	3.22	125255	3.15

La biodiversidad y, en especial las aves, están consideradas como uno de los mejores indicadores de los impactos del cambio climático en los ecosistemas (Valenzuela, 2016). Un impacto importante de este suceso en América Latina es el cambio en la distribución geográfica de algunas especies (Uribe, 2015). El tamaño del rango geográfico es un criterio fundamental para determinar cuándo una especie se enfrenta a un mayor riesgo de extinción (Sekercioglu et al., 2007). A medida que el entorno físico de las especies cambia, los rangos se moverán para rastrear las condiciones adecuadas. La evidencia de los cambios en el rango en respuesta al cambio climático pasado sugiere que el rastreo de nichos es el modo dominante de respuesta en paisajes completamente naturales. La evolución y la extinción son otras posibles respuestas (Hannah y Bird, 2018).

Tomando el año 2050 como punto de referencia, se observa que los efectos del cambio climático no presentan una diferencia notable entre los escenarios planteados, con lo cual se puede inferir que los aspectos políticos propuestos para mitigar los efectos del cambio climático resultan insuficientes. Asimismo, de acuerdo con los resultados, habría una leve mejora para el año 2070, especialmente en el RCP 8,5, lo cual resulta ligeramente contradictorio, dado que no se están aplicando políticas para mitigar el cambio climático en este escenario. Aunque las condiciones climáticas puedan mejorar, aquí se está considerando un uso ilimitado de los recursos naturales. Esto incluye el cambio de uso de suelo para la apertura de agricultura y otros fines, en consecuencia, esto puede limitar la distribución de la especie.

Tabla 9: Cuadro comparativo de los RCP para el año 2050 y 2070

	Año 2050		Año 2070	
	RCP 2.6	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 8.5
Efecto severo	1.93%	2.39%	1.88%	2.36%
Efecto leve	97.51%	97.03%	97.56%	97.17%
Zonas potenciales	3.22%	2.91%	3.22%	3.15%

Entre las investigaciones en donde también se utilizan el método de modelado para ver los efectos del cambio climático en diferentes escenarios, contamos con el estudio de Sáenz-Jimenez et al. (2020) en donde las tendencias observadas sugieren una gran disminución del total del área de distribución en toda Sudamérica, con relación al presente y un cambio en la ubicación geográfica del nicho ecológico. Predicen que la distribución actual de *Vultur gryphus* se reducirá para 2050 y 2070, particularmente con los escenarios de mayores emisiones de gases de efecto invernadero principalmente en los países del norte (Venezuela, Colombia y Ecuador) y en Argentina. Esto no es concordante con los resultados obtenidos del presente estudio, el cual indica que el cambio climático no influye en la distribución del cóndor en el departamento. Sin embargo, en el gráfico del resultado, para la zona de Perú y especialmente de Ayacucho, se ve que no existe una reducción muy significativa en su distribución siendo esto coincidente con nuestra zona de estudio. También está el estudio de Llanes Asanza (2020) en donde se observa una reducción de las condiciones adecuadas en el país de Ecuador, a medida que los RCP son más extremos, siendo las zonas limítrofes las más frágiles, estos resultados difieren con nuestros resultados. Para Wallace et al. (2020) es probable que la degradación de las áreas de descanso y anidación, así como la marcada disminución en la disponibilidad de alimentos, tengan un impacto sustancial en la idoneidad del hábitat para el cóndor.

Para las especies que ya se encuentran amenazadas y en un inminente peligro de extinción, como consecuencia de factores naturales o provocados por el hombre, el cambio climático constituye una amenaza adicional y significativa, ya sea por sí solo o unido a otros factores. En consecuencia, es fundamental añadir acciones específicas en los programas de gestión del *Vultur gryphus* y su hábitat para mitigar el efecto del cambio climático (Arribas et al., 2012). Para la representación geográfica del área ocupada por la especie, solo se ha considerado variables climáticas, por lo cual dicha representación puede cambiar si se consideran factores como la intervención del hombre o interacciones bióticas (Sáenz-Jimenez et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

- Del resultado de modelar el efecto del cambio climático en la distribución de *Vultur gryphus* en el departamento de Ayacucho se pudo concluir que el cambio climático tiene un impacto mínimo en la distribución futura del cóndor andino en los próximos años. Estos hallazgos pueden ser utilizados como base para la conservación y un apropiado manejo de la especie en Ayacucho.
- El resultado de modelar la distribución potencial de la especie utilizando el algoritmo MaxEnt mostró que se extiende en una superficie de 3974129,00 has en el departamento de Ayacucho, concentrándose principalmente en las provincias de Lucanas, Huamanga, Cangallo, Vilcashuamán, Víctor Fajardo, Huancasancos, Sucre, Parinacochas y Páucar del Sara Sara. Es importante destacar que esta distribución incluye el área natural protegida de Pampa Galeras Barbara D'Achille que desempeña un papel fundamental en la conservación de la vida silvestre.
- Al evaluar todas las variables ambientales que inciden en la distribución potencial, se determinó que las más relevantes son: el suelo con afloramiento lítico, una alta estacionalidad de la precipitación (bio15) y una temperatura media anual (bio1) que varía de 5°C a 24°C, con picos en 18°C.
- El resultado de modelar la distribución del cóndor andino en los escenarios climáticos de RCP 2.6 y RCP 8.5 indica que el cambio climático no impacta de manera significativa en la distribución de la especie en los años 2050 y 2070. Para el escenario RCP 2,6 predice una pérdida del 1.93% al año 2050, manteniéndose la afectación para el año 2070 en 1.88%. Para el escenario RCP 8,5 la afectación es mínimamente mayor con un 2.39% para el año 2050 y 2.36% para el año 2070. Estas simulaciones deben interpretarse como una primera estimación de los posibles impactos en lugar de una reproducción exacta de la futura distribución. Los dos escenarios de vías de concentración representativa fueron desarrollados con diferentes políticas que comprenden generalmente mitigar el cambio climático, uno más conservacionista que el otro. Sin embargo, el cambio climático no presenta efectos diferenciados para los dos escenarios en el 2050, estos efectos se mantienen para el 2070.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un monitoreo continuo de la distribución y el estado de la población del cóndor andino en Ayacucho, con el fin de evaluar los cambios en su distribución a lo largo del tiempo y su respuesta a los efectos del cambio climático. Además, llevar a cabo un monitoreo de los ecosistemas que sirven como hábitat actual y potencial de la especie. Esto permitirá obtener datos actualizados sobre la abundancia, distribución y tendencias poblacionales de la especie.
- Llevar a cabo investigaciones sobre la educación y conocimiento de las personas acerca del cóndor andino en el departamento de Ayacucho, incluyendo las prácticas de las comunidades locales hacia la especie. Posteriormente, implementar programas de sensibilización, difusión y educación ambiental para promover la conservación del cóndor, su hábitat y concientizar a las comunidades locales sobre su importancia.
- Implementar medidas de manejo y conservación del cóndor andino en el departamento de Ayacucho, centrándose en la protección y fortalecimiento de áreas identificadas como potenciales en el futuro. También es importante considerar el papel de las áreas naturales protegidas que existen en la actualidad, como la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille, en la conservación de esta especie y su hábitat.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ACOPAZOA. (2013). *Manual de Manejo y Cuidado del Cóndor Andino (Vultur gryphus) en Cautiverio*.

http://www.acopazoa.org/sites/default/files/docs_adjuntos/Traduccion%20Manual%20de%20Condor%20Final.pdf

Anderson, R. (2015). El modelado de nichos y distribuciones: no es simplemente “clic, clic, clic”. *Biogeografía*, 8, 4-27.

<https://www.coursehero.com/file/43252437/Anderson-2015-El-modelado-de-nicho-no-es-un-click-click-clipdf/>

Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). *La investigación científica. Una aproximación a los estudios de posgrado*. Departamento de Investigación y Posgrados, Universidad Internacional del Ecuador.

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA.pdf>

Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Bilton, D., Lobo, J., Millán, A., & Sánchez-Fernández, D. (2012). La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 21(3),79-84.

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/701>

Astudillo, P., Siddons, D., Barros-Quito, S., Orellana, J., & Latta, S. (2016). La Distribución Potencial Del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) Revela Sitios Prioritarios Para La Conservación En Los Andes Sur De Ecuador. *Hornero*, 31(2), 89-95. http://hdl.handle.net/20.500.12110/hornero_v031_n02_p089

Becerra-López, J.L., Romero-Méndez,U., Ramírez-Bautista,A., & Becerra-López,J.S. (2016). Revisión de las técnicas para el modelado de la distribución de las especies. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*,5(7),1514-1525. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v4i1.47>

- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus*, (7), 100-119. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/113>
- Bestion E., & Cote J. (2018). Species Responses to Climate Change: Integrating Individual-Based Ecology into Community and Ecosystem Studies. *The Encyclopedia of the Anthropocene*, 2, 139-147. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09801-3>
- BirdLife International. (2020). *Vultur gryphus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*, Artículo e.T22697641A181325230. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22697641A181325230.en>
- Cano Barbacil, C., & Cano Sánchez, J. (2018). Cómo afectan las condiciones meteorológicas al comportamiento de las aves. *Calendario meteorológico. Agencia Estatal de Meteorología*, 318- 328. <http://Hdl.Handle.Net/20.500.11765/8940>
- Carmona, S., & Garcia, J. (2019). *Determinación de la distribución de la especie arbórea Astronium graveolens Jacq y su importancia de conservación ambiental en Antioquia*. [Trabajo de grado de especialización, Universidad de Antioquia]. <http://hdl.handle.net/10495/13705>
- CDKN. (2014). *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica? Resumen Ejecutivo*. <https://cdkn.org/sites/default/files/files/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>
- CITES. (2021). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndice I, II Y III [22 de junio de 2021]*. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2021/S-Appendices-2021-06-22.pdf>
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2007). *Cambio Climático y Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-es.pdf>
- Convenio sobre la diversidad Biológica. (2009). *Relación Entre La Diversidad Biológica y La Mitigación y Adaptación Al Cambio Climático*. <https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-es.pdf>
- Corporación Autónoma Regional De La Guajira Corpoguajira & Fundación Bioandina Colombia-Fbc. (2007). *Conservación Del Cóndor Andino En La Sierra Nevada*

De Santa Marta Y Serranía Del Perijá, En Jurisdicción De Corpoguajira, Dentro Del Programa Nacional Conservación Del Cóndor Andino (Vultur gryphus) En Colombia. <http://corpoguajira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2017/07/Informe-condor-GUAJIRA-.pdf>

Dávalos Sánchez, I. S. (2014). *Aplicación de un modelo predictivo de ocurrencia de sitios de anidación y dormitorios del Cóndor Andino (Vultur gryphus) como aporte a la conservación de la especie en el Ecuador* [Tesis Título de Ingeniero Geógrafo, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador].

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7968>

De Marco, P., & Nóbrega, C. (2018). Evaluación de los efectos de la colinealidad en los modelos de distribución de especies: un enfoque basado en la simulación virtual de especies. *PLoS ONE*, 13(9), Artículo e0202403.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202403>

De Martino, E., Astore, V., Mena, M., & Jácome, L. (2011). Estacionalidad en el Home Range y Desplazamiento de un ejemplar de cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Santa Cruz, Argentina. *Ornitología Neotropical*, 22(2), 161–172.

[https://sora.unm.edu/sites/default/files/ON%2022%20\(2\)%20161-172.pdf](https://sora.unm.edu/sites/default/files/ON%2022%20(2)%20161-172.pdf)

D.S. N°004-2014-Minagri. Que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Diario Oficial El Peruano (2014).

<https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretos-supremos/2014/ds04-2014-minagri.pdf>

Delfín-Alfonso, C., Gallina, S., & López-González, C. (2011). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología.

https://www.academia.edu/7734977/Manual_de_T%C3%A9cnicas_para_el_estudio_de_la_Fauna

DeVault, L., Rhodes, O., & Shivik, J. (2003). Scavenging by vertebrates: behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems. *Oikos*, 102(2), 225-234. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12378.x>

Dormann, F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., García, J., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P., Reineking,

- B., Schröder, B., Skidmore, A., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2012). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Elith, J., & Leathwick, J. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40 (1), 677-697.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y., & Yates, C. (2010). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (1), 43 – 57.
<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Escobar-Gimpel, V., Alvarado Orellana, S., Vargas, H., & Bonacic, C. (2015). Estructura De Edad Y Sexo De Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Áreas De Alimentación De Chile Central. *Ornitología Neotropical*, 26, 157–167.
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135885>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Felicísimo, Á., Muñoz, J., Mateo, R.G., Villalba, C., & Mateos, E. (2012). *FORCLIM, Bosques y cambio global*.
http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/JMF/Felicisimoetal%202011_FORCLIM3CYTEDEspanaMexico.pdf
- Ferguson-Lees, J., & Christie, D. (2010). *Raptors of the world*. Bloomsbury Publishing.
- Fonseca, N. (10 de abril de 2019). *Vínculos entre el cambio climático, el agua y la salud* [Ponencia]. Presentación de resultados de investigación. Lima, Perú.
- Forética. (2016). *El vínculo biodiversidad-cambio climático. Un elefante en la habitación. ¿Cómo podemos actuar las empresas y organizaciones?* https://foretica.org/wp-content/uploads/publicaciones/investigaciones-tematicas/vinculo_biodiversidad_y_cambio_climatico.pdf
- Fourcade, Y., Engler, J., Rödder, D., & Secondi, J. (2014). Mapping Species Distributions with MAXENT Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias. *PLoS ONE*, 9(5), Artículo e97122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097122>

- Gargiulo, C. N. (2012). *Distribución y situación actual del cóndor andino (Vultur gryphus) en las sierras centrales de Argentina* [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires].
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5326_Gargiulo.pdf
- Global Biodiversity information Facility (2018). *Ocurrences Vultur gryphus*. www.gbif.org
- Gobierno Regional de Ayacucho. (2010). *Estrategia y Plan de acción Regional para la diversidad biológica Ayacucho al 2021. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente*. <https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/pe-sbsap-ayacucho-es.pdf>
- Gobierno Regional De Ayacucho. (2013). *Zonificación Ecológica Económica Ayacucho*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-ayacucho>
- González, F. (2012). *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/11/las_zonas_aridas_y_semiaridas_de_mexico_y_su_vegetacion.pdf
- Hannah, L., & Bird, A. (2018). Climate Change and Biodiversity: Impacts. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 249–258. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09970-5>
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965 – 1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hutchinson, G. (1957). Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427.
<http://dx.doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- Ibarra, J., Barreau, A., Massard, F., & Bozzi, R. (2012). El cóndor andino: Una especie biocultural clave del paisaje Sudamericano. *Boletín Chileno de Ornitología*, 18(1-2), 1-22.
https://chile.unt.edu/sites/chile.unt.edu/files/catalogue/pdf/Bol%20Ornitologia%20Chile_El%20c%C3%B3ndor%20andino.%20Una%20especie%20biocultural%20clave%20Ibarra%20et%20al_2012.pdf

- INAIGEM. (2018). *Inventario Nacional de Glaciares: Las Cordilleras Glaciares del Perú*.
http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//5176_inventario-nacional-de-glaciares-las-cordilleras-glaciares-del-peru.pdf
- INAIGEM. (2019). *Informe de la Situación de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña en el Perú 2018*. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/04/Informe-2018-v33-formato-digital.pdf>
- INRENA. (1996). *Mapas de suelos del Perú 1:5'000,000*
- Instituto Geográfico Nacional. (2019). *Atlas digital. Ayacucho*.
<https://app4.ign.gob.pe/capitulos/seis/departamentos.php>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2004). *Plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas mitigación. Ciudad de Ayacucho*.
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Ayacucho/ayacucho/ayacucho.pdf
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- IPCC. (2018). *Calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Resumen para responsables de políticas*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

- Kusch, A. (2004). Distribución y Uso De Dormideros Por El Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) En Patagonia Chilena. *Ornitología Neotropical*, 15, 313–317. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/on/v015n03/p0313-p0318.pdf>
- Lambertucci, S. (2007). Biología y conservación del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Argentina. *El Hornero*, 22(2), 149-158. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-34072007000200007&lng=es&tlng=es
- Lambertucci, S., & Mastrantuoni, O. (2008). Breeding behaviour of a pair of free-living Andean Condors. *Journal of Field Ornithology*, 79(2), 147-151. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2008.00156.x>
- Lambertucci, S., Trejo, A., Di Martino, S., Sánchez-Zapata, J., Donázar, J., & Hiraldo, F. (2009). Spatial and temporal patterns in the diet of the Andean condor: ecological replacement of native fauna by exotic species. *Animal Conservation*, 12(4), 338-345. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00258.x>
- Ley N° 26834 de 1997. Ley de Áreas Naturales Protegidas, reconoce la condición de Patrimonio de la Nación y de Dominio Público de dichas áreas, resultando necesario aprobar sus normas reglamentarias a fin de garantizar su conservación (30 de junio de 1997). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26834.pdf>
- Ley N° 30203 de 2014. Ley que declara de interés nacional y necesidad pública la protección y conservación del Cóndor Andino (10 de junio del 2014). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-declara-de-interes-nacional-y-necesidad-publica-la-p-ley-n-30203-1094629-1>
- Linnaeus, C. (1758). “*Systema Naturale*”, tomo I. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/726991>
- Liu, C.; Berry, P.; Dawson, T., & Pearson, R. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28 (3), 385–393. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03957.x>
- Llanes Asanza, J.J. (2020). *Identificación de las trayectorias representativas de concentración (RCP) que potencialmente afectaran la distribución de cóndor*

- andino (Vultur gryphus) en Ecuador ante escenarios de cambio climático* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5941>
- Maciel-Mata, C., Manríquez-Morán, N., Octavio- Aguilar, P., & Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 3-19. <http://dx.doi.org/10.15174/au.2015.690>
- Marquez Alvis, S.M. (2016). *Evaluación de la población de Vultur gryphus en la zona de amortiguamiento de la reserva nacional pampa galeras - Barbara D' Achille durante los periodos seco y lluvioso 2015-2016* [Título Profesional, Universidad Nacional De Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8840>
- Martínez-Meyer, E., & Sánchez-Cordero, V. (2006). Uso de datos de las colecciones mastozoológicas. *Colecciones Mastozoológicas de México*, 177-187. http://www.mastozoologiamexicana.com/books/Colecciones_mastozoologicas.pdf
- Martínez Santacruz, L.S. (2006). *Comportamiento y uso de hábitat Del Condor Andino (Vultur gryphus) en el parque Nacional Natural Chingaza* [Título De Grado, Universidad De Los Andes].
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25821/u281659.pdf?sequence=1>
- Masui, T., Matsumoto, K., Hijioka, Y., Kinoshita, T., Nozawa, T., Ishiwatari, S., Kato, E., Shukla, P., Yamagata, Y., & Kainuma, M. (2011). An emission pathway for stabilization at 6 Wm⁻² radiative forcing. *Climatic Change*, 109, 59-76. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0150-5>
- Mateo, R., Felicísimo, A., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84 (2), 217 – 240. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mateo, R., Felicísimo, A., y Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. Reduca (Biología). *Serie Ecología*, 5 (1), 137-153.
<http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/881/1030>

- Mechoso, C., & Arakawa, A. (2015). Numerical Models | General Circulation Models. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, 153–160. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00157-2>
- MINAM. (2010). *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010*. <https://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc2s.pdf>
- MINAM. (2016). *Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- MINAM (2020) *Geoservidor*. http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx
- Ministerio de Agricultura. (2008). *Plan estratégico del sector Agrario Ayacucho 2009- 2015*. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/ayacucho.pdf
- Nunura Olaya, B.E. (2019). *Población, Grupos Etarios Y Proporción Sexual Del “Cóndor Andino” Vultur gryphus (Cathartidae), Zona Reservada Illescas, Piura – Perú Zona Reservada Illescas [Título Profesional, Universidad Nacional De Piura]*. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2039/BIO-NUN-OLA-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- O'Donnell, M.S., & Ignizio, D.A. (2012). Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States: U.S. Geological Survey Data Series 691. <https://pubs.usgs.gov/ds/691/ds691.pdf>
- OSINFOR. (2013). *Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía Peruana*. https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento_nichos_ecologicos.pdf
- Peisley, R., Saunders, M., Robinson, W., & Luck, G. (2017). The role of avian scavengers in the breakdown of carcasses in pastoral landscapes. *Emu - Austral Ornithology*, 117(1), 68-77. <https://doi.org/10.1080/01584197.2016.1271990>

- Phillips, S., Anderson, R., Dudík, M., Schapire, R., & Blair, M. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40 (7), 887 – 893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. (2017). *A Brief Tutorial on Maxent*. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Piana, R., & Angulo, F. (2015). Identificación y estimación preliminar del número de individuos de Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en las Áreas Prioritarias para su Conservación en Perú. *Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú*, 10 (1),9-16. https://www.researchgate.net/publication/289245480_Identificacion_y_estimacion_preliminar_del_numero_de_individuos_de_Condor_Andino_Vultur_gryphus_en_las_Areas_Prioritarias_para_su_Conservacion_en_Peru
- Piana, R., & Vargas, H. (2018). Preliminary Habitat Models of Foraging and Roosting Sites Used By Two Rehabilitated Adult Male Andean Condors (*Vultur gryphus*) In Peru. *Journal of Raptor Research*, 52 (2), 231-239. <https://doi.org/10.3356/JRR-17-19.1>
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 48, 61-79. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022011000100005>
- Riahi, K., Rao, S., Krey, K., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N., & Rafaj, P. (2011). A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109, 33-57. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0149-y>
- Ruiz De Larramendi Fortún, M. (2017). *Diseño de metodología y desarrollo de recursos para la modelización de Especies Exóticas Invasoras; análisis de su*

- aplicabilidad en el caso de Vespa velutina* [Tesis de maestría, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/25899>
- Sáenz-Jiménez, F., Parrado-Vargas, A., Pérez-Torres, J., Sheppard, J., & Ciri, F. (2016). Andean Condor (*Vultur gryphus*) nesting in northeastern Colombia and differences in laying dates along the Andes. *Ornitología Neotropical*, 27, 67-71. <https://journals.sfu.ca/ornneo/index.php/ornneo/article/view/131/50>
- Sáenz-Jiménez, F., Rojas-Soto, O., Pérez-Torres, J., Martínez-Meyer, E., & Sheppard, J. K. (2020). Effects of climate change and human influence in the distribution and range overlap between two widely distributed avian scavengers. *Bird Conservation International*, 31 (1), 1-19. <https://doi.org/10.1017/S0959270920000271>
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O' Neill, J., & Parker III, T. (2010). *Aves del Perú*. Serie Biodiversidad CORBIDI 01
- Sekercioglu, C., Schneider, S., Fay, J., & Loarie, S. (2007). Climate Change, Elevational Range Shifts, and Bird Extinctions. *Conservation Biology*, 22(1), 140-150. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00852.x>
- Semanate Michilena, D. P. (2013). *Caracterización De Los Hábitats Del Cóndor Andino (Vultur gryphus) en el Parque Nacional Cayambe-Coca y la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas*. [Trabajo De Grado. Universidad Técnica Del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2575>
- SERFOR. (2015). *Plan Nacional para la conservación del Condor Andino (Vultur gryphus)*. https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/plan_nacional_conversacion_condor_andino.pdf
- Soberón, J., & Peterson, A. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Soberón, J; Osorio-Olvera, L., & Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2), 437 – 441. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Stadtman, S., & Seddon, P. (2018). Release site selection: Reintroductions and the habitat concept. *Oryx*, 54 (5), 687-695. <https://doi.org/10.1017/S0030605318001199>

- Thomson, A., Calvin, K., Smith, S., Kyle, G., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M., Clarke, L., & Edmonds, J. (2011). RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109, 77-94. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4>
- Timaná de la Flor, M., & Cuentas, M. (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. *Espacio y Desarrollo*, (27), 159-179. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201501.008>
- Torres, J. (2001). *Estrategia y Plan de Acción de la Biodiversidad para el Departamento de Ayacucho como Base de su Desarrollo Sostenible*. Biblioteca digital andina. <http://intranet.comunidadandina.org/documentos/bda/CAN-BIO-0009.pdf>
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Repositorio digital Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <http://hdl.handle.net/11362/39855>
- Valenzuela, J. (2016). *Guía de aves del Santuario Nacional de Ampay*. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) y Programa Bosques Andinos. <https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2017/04/GUIADEAVES-211016.pdf>
- Van Vuuren, D., Stehfest, E., Den Elzen, M., Kram, T., Van Vliet, J., Deetman, S., Isaac, M., Klein Goldewijk, K., Hof, A. & Mendoza, A., Oostenrijk, R., & Van Ruijven, B. (2011). RCP 2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. *Climatic Change*, 109, 95– 116. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0152-3>
- Wallace, M., y Temple, S. (1987). Competitive interactions within and between species in a guild of avian scavengers. *The Auk*, 104(2), 290-295. <https://doi.org/10.1093/auk/104.2.290>
- Wallace, R., Reinaga, A., Piland, N., Piana, R., Vargas, H., Zegarra, R., Alarcón, P., Alvarado, S., Álvarez, J., Angulo, F., Astore, V., Ciri, F., Cisneros, J., Cóndor, C., Escobar, V., Funes, M., Gálvez-Durand, J., Gargiulo, C., Gordillo, S., ... & Zurita, L. (2020). *Protegiendo el Símbolo de los Andes: Un Ejercicio de Priorización a lo Largo del Rango del Cóndor Andino (Vultur gryphus)*. <https://library.wcs.org/doi/ctl/view/mid/33065/pubid/DMX3958200000.aspx>

WorldClim. (2019). *Global climate and weather data*. <https://www.worldclim.org/>

Yang, S., & Berdine, G. (2017). The receiver operating characteristic (ROC) curve. *The Southwest Respiratory and Critical Care Chronicles*, 5(19), 34-36.
<https://doi.org/10.12746/swrccc.v5i19.391>

Zunino, M., & Zullini, A. (2003). *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica.
<https://www.researchgate.net/publication/264435473>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Verificación

Especie	Investigación o Dataset	Nº de catalogo	Año	Longitud	Latitud	Altitud	Tipo evidencia	Región

Anexo 2: Autorización para el desarrollo de la investigación científica por parte de SERFOR



RESOLUCIÓN DE DIRECCION GENERAL
N° 340 -2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Lima, 05 SEP. 2018

VISTO:

La solicitud de autorización con fines de investigación científica de fauna silvestre, presentada el 09 de julio de 2018 (CUT N° 00039163-2018) por la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, identificada con D.N.I. N° 46937952, y el Informe Técnico N° 0689-2018-MINAGRI-SERFOR/DGGSPFFS-DGSPFS, de fecha 27 de agosto de 2018; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica;

Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su artículo 9°, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación en materia de recursos naturales;

Que, el artículo 13° de la Ley N° 29763, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y se constituye en su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;

Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI del 18 de julio del 2013, y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI del 03 de setiembre del 2014, se aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, el mismo que en su literal "g" del artículo 53°, señala como una de las funciones de la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, la de otorgar permisos de investigación o de difusión cultural con o sin colecta de flora y fauna silvestre y sus recursos genéticos;

Que, el Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, del 08 de abril del 2014, aprobó la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas;



Que, la Resolución Presidencial N° 148-2015-SERNANP, de fecha 31 de julio de 2015, establece en su artículo 33°: "las investigaciones que se desarrollen en el ámbito de las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas de nivel nacional, no requieren opinión del SERNANP";

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, vigente desde el 01 de octubre de 2015, se aprobó el Reglamento para la Gestión de la Fauna Silvestre, el mismo que en el artículo 134°, numeral 134.1°, menciona que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país, respecto a su patrimonio genético nativo; y en el numeral 134.2°, se indica que el SERFOR es competente para otorgar dichas autorizaciones cuando la investigación implique más de un ámbito regional, se utilicen especies categorizadas como amenazadas o CITES, y se realice el acceso a los recursos genéticos; siendo el estudio de una especie categorizada como amenazada y CITES el supuesto en el presente caso;

Que, mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, del 01 de abril del 2016, se aprueban los: "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre";

Que, mediante solicitud s/n, ingresada el 09 de julio de 2018, la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, tesista de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, solicita autorización con fines de investigación científica de fauna silvestre para el proyecto: "Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución del Cóndor Andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú", a realizarse en la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, por el periodo comprendido entre julio y noviembre de 2018;

Que, el Informe Técnico N° 0689-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS/DGSPFFS, de fecha 27 de agosto de 2018, emitido por la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio de Fauna Silvestre, señala que la solicitud materia de resolución, cumple todos los requisitos establecidos en los lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación de flora y/o fauna silvestre, aprobado por la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, y concluye que la presente investigación reviste de importancia porque permitirá generar información sobre el estado poblacional del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en el departamento de Ayacucho; asimismo señala que según el cronograma de trabajo detallado en el plan de investigación, si bien es cierto la solicitante consigna un periodo para la ejecución de la investigación que inicia en julio de 2018, la autorización será eficaz a partir de la notificación de la respectiva Resolución; recomendando finalmente que se apruebe la solicitud presentada por la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén;

Que, de conformidad con la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, aprobada por Ley N° 29763; el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, y, en uso de las atribuciones conferidas por el literal g) del artículo 53° del Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI y su modificatoria; y el Texto Único Ordenado-TUO de la Ley N° 27444, Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2017-JUS.





SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Otorgar la autorización con fines de investigación científica de fauna silvestre, fuera de Áreas Naturales Protegidas, a la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, de nacionalidad peruana, identificada con D.N.I. N° 46937952; correspondiéndole el Código de Autorización: **N° AUT-IFS-2018-043**.

Artículo 2º.- La autorización indicada en el artículo precedente corresponde a un estudio sin colecta de fauna silvestre, que incluye el registro visual de especímenes de Cóndor Andino (*Vultur gryphus*); solicitada como parte del proyecto titulado: "Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución del Cóndor Andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú", a ser realizado en diversas localidades de la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, incluyendo la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pampa Galeras - Bárbara d'Achille; por el periodo de cinco (05) meses, contados a partir del día siguiente hábil de la notificación de la presente Resolución.

Artículo 3º.- La titular de la autorización tiene las siguientes obligaciones:

- a) No contactar, ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes, o de los propietarios de predios privados, de corresponder.
- b) Entregar a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, una (01) copia del Informe Final (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- c) El Informe Final deberá contener una lista taxonómica de las especies de fauna registradas bajo la presente autorización, en formato MS Excel. Ésta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). El formato de Informe Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente Resolución.
- d) La entrega por parte de la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, de lo indicado en el literal b), no deberá exceder los tres (03) meses al vencimiento de la presente autorización.
- e) Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.
- f) Informar a la Jefatura de la Reserva Nacional Pampa Galeras - Bárbara d'Achille el ingreso a campo para el inicio de la toma de datos de la autorización de investigación. Asimismo, el personal de la jefatura de la ANP correspondiente podrá acompañarlos durante la toma de datos.
- g) Entregar una copia de los resultados de la investigación científica en formato físico y digital a la Jefatura de la Reserva Nacional Pampa Galeras - Bárbara d'Achille, a fin de que cuenten con una base de información sobre la biodiversidad existente en su zona de amortiguamiento.
- h) Solicitar anticipadamente al SERFOR y dentro del plazo de vigencia de la autorización, cualquier cambio en las características del proyecto (p. ej. cronograma, especialistas, puntos de muestreo, etc.) que demanden la modificación de la presente Resolución.



Artículo 4°.- La señorita Valeria Lucía Suárez Guillén deberá tomar las medidas necesarias para no alterar los hábitats en las localidades de evaluación.

Artículo 5°.- La Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por los solicitantes de esta autorización, durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del proyecto de investigación los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se formulen ajustes sobre la presente autorización.

Artículo 6°.- Notificar la presente Resolución de Dirección General que autoriza la investigación a la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, y transcribirla a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, a la Dirección de Gestión de Áreas Naturales Protegidas del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-SERNANP, y a la Dirección Forestal y de Fauna Silvestre de la Dirección Regional Agraria del Gobierno Regional de Ayacucho.

Artículo 7°.- Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: www.serfor.gob.pe.



Regístrese, comuníquese y publíquese

Ing. Juan Carlos Guzmán Carlín
Director General

Dirección General de Gestión Sostenible del
Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR



ANEXO 1

FORMATO DE INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

Una vez culminada la investigación autorizada, el investigador responsable deberá revisar el cumplimiento de las obligaciones indicadas en su autorización, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1) Entregar a la DGGSPFFS del SERFOR una (01) copia del informe final en idioma español, como resultado de la autorización otorgada, en formato impreso y soporte digital (CD), para ello adjunto el formato de informe a presentar:

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none">a. Título del Proyecto.b. Área estudiada (indicando coordenadas geográficas para todas las zonas de colecta, en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). Dicha información deberá ser presentada en un cuadro en formato Excel).c. N° de Autorización.d. Autores.e. Institución.f. Resumen para ser publicado en la web del SERFOR (donde se deberá señalar los resultados y la relevancia de lo encontrado en forma sintetizada)g. Marco teórico.h. Material y Métodos.i. Resultados.j. Discusión.k. Conclusiones. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- 2) Entregar copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión institucional no comercial.
- 3) Entregar copia de la(s) publicación(es), producto de la investigación realizada en formato impreso y digital, o de lo contrario señalar que no cuenta con publicación alguna en la remisión de su carta.
- 4) Además, se deberá adjuntar copias de los permisos de exportación otorgados (para el caso de autorización con colecta).



Anexo 3: Autorización para el desarrollo de la investigación científica por parte de SERNANP



RESOLUCIÓN DE JEFE DE LA RESERVA NACIONAL PAMPA GALERAS BÁRBARA D'ACHILLE N° 013-2018-SERNANP/RNPG-BA/J

Nazca, 12 de julio de 2018

VISTO:

El Informe Técnico N° 016-2018-SERNANP-DGANP-RNPG, de fecha 12 de julio de 2018, elaborado por el biólogo, Santiago Paredes Guerrero, especialista de la Reserva Nacional Pampa Galeras-Bárbara D' Achille y tomando en cuenta la normatividad vigente.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 68° de la Constitución Política del Perú establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas;

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, unos de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, el artículo 8° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, establece en sus incisos b) y c) que el Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA (Hoy SERNANP) tiene entre otras funciones proponer la normatividad requerida para la gestión y desarrollo de las Áreas Naturales Protegidas y aprobar las normas administrativas y desarrollo de estas;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la creación del Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado - SERNANP como organismo técnico especializado del Ministerio del Ambiente, constituyéndose en el ente rector del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado –SINANPE y en su autoridad técnica normativa;

Que, en este mismo sentido, el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, señala que la investigación científica es considerada como uno de los objetivos de creación de las Áreas Naturales Protegidas, y como una actividad inherente al SINANPE y su gestión, no contando dicha actividad con restricción alguna en la medida que cumpla la normatividad, y no se contraponga con los objetivos de creación del Área Natural Protegida en cuestión, y sus instrumentos de planificación;

Que, es importante señalar que mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, de fecha 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones científicas en las áreas naturales protegidas de administración nacional determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;

Que, en el artículo 4° del mencionado Decreto Supremo, se prevé cinco supuestos en los que la autorización de investigación requiere de evaluación previa: a) Ingreso a ámbitos de acceso restringido, b) La colecta o extracción de muestras biológicas, c) Se prevea la alteración del entorno



o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional, d) El uso de equipo o infraestructura perteneciente a las ANP de administración nacional, e) Investigación en predios privados;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, de fecha 23 de diciembre del 2015, se aprueba la "Disposiciones complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación", donde se precisan las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales protegidas de administración nacional;

Que, en el artículo 23° de la precitada norma, establece que la jefatura del área natural protegida efectuará la evaluación del plan de investigación, la cual deberá constar en un informe que servirá de sustento para la autorización correspondiente, teniendo en cuenta los supuestos que menciona el artículo 4° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM;

Que, mediante solicitud presentada el día 21 de junio del 2018, la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, identificada con DNI 46937952, bachiller en biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, solicita autorización para realizar la investigación en el ANP con colecta de muestra biológica titulada: "Modelamiento de los efectos del Cambio Climático en la distribución del Cóndor Andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú", por el periodo de seis (06) meses;

Que, a través del Informe del visto, la Jefatura de la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille evalúa la solicitud presentada, concluyendo que el expediente cumple con los requisitos establecidos en el artículo 18° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, que el Plan de Investigación se encuentra conforme al criterios establecido en el artículo 23° de la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP y que se trata de una investigación prioritaria para el ANP;

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, el artículo 14° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, aprobadas por Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.



SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el desarrollo de la investigación científica con colecta de muestra biológica, titulado "Modelamiento de los efectos del Cambio Climático en la distribución del Cóndor Andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú", a favor de la señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, a ser realizada en el área de aprovechamiento directo (AD) y en la Zona de Uso Turístico y Recreativo (T) conforme a la zonificación establecida en el Plan Maestro de la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille, por el periodo de seis (06) meses, contando a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución.

Artículo 2°.- Autorizar el ingreso al Área Natural Protegida, al siguiente personal responsable de la investigación:

NOMBRES / APELLIDOS	N° DNI	ESPECIALIDAD
VALERIA LUCIA SUAREZ GUILLEN	46937952	BIOLOGÍA
JACKELINE AIDA MENDOZA SOTO	72151300	BIOLOGÍA

Artículo 3°.- Los integrantes del equipo de investigación son responsables de conocer y cumplir las disposiciones contenidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, y su

Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, modificado por Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, así como en la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP. Asimismo, los investigadores deberán cumplir con las normas que la Jefatura y su personal dispongan durante el desarrollo de la investigación.,

Artículo 4°.- En caso fortuito o de fuerza mayor, la Jefatura del Área Natural Protegida se encontrará facultada para adoptar las medidas que resulten pertinentes para hacer frente a la situación generada, las mismas que podrán implicar una modificación de los alcances de la Autorización de ingreso para investigación científica otorgada a través de la presente Resolución.

Artículo 5°.- La señorita Valeria Lucía Suárez Guillén, autorizado en el artículo 1° y 2° de la presente Resolución, en su calidad de investigador principal se compromete a:

- a. Presentar copia de la presente autorización al personal del ANP que lo solicite.
- b. No extraer muestras biológicas.
- c. Comunicar al SERNANP cualquier descubrimiento nuevo para la ciencia, debiendo entregar una copia del depósito del holotipo del nuevo taxa en una institución científica nacional.
- d. Gestionar los permisos de exportación ante la autoridad competente, cuando se requiera enviar al extranjero parte del material biológico colectado.
- e. Entregar una vez publicado los resultados de la investigación, una copia digital de la publicación al SERNANP y autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP.
- f. Entregar a la jefatura del ANP un informe final de la investigación

El incumplimiento injustificado de estos compromisos producirá el ingreso del investigador en la lista de investigadores inhabilitados para próximas autorizaciones emitidas por el SERNANP.

Artículo 6°.- La autorización a la que se refiere el Artículo 1° caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento injustificado de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

Artículo 7°.- El SERNANP se abstiene de toda responsabilidad por los accidentes o daños que puedan sufrir los integrantes del equipo de investigación durante el desarrollo del proyecto de investigación científica.

Artículo 8°.- Regístrese la presente Resolución en el Módulo de Seguimiento a las autorizaciones de investigación del SERNANP, en el archivo de autorizaciones de la Reserva Nacional Pampa Galeras Bárbara D'Achille y publíquese en la página web institucional: www.sernanp.gob.pe

Regístrese y Comuníquese



Bigo. Allan Reinhard Flores Ramos
Jefe
Reserva Nacional Pampa Galeras-BA
CBP. 6996



Anexo 4: Fotos del trabajo de campo

- Dormidero en Reserva Nacional Pampa Galeras Barbara D'Achille



- Dormidero en el distrito de Andamarca



- Condor juvenil macho planeando



- Avistamiento de un grupo de cóndor andino

