

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
Y AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**MODELAMIENTO DEL NICHU ECOLÓGICO DE LA
PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H. Karst.) H.
Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO,
CAJAMARCA-PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTORES:

Est. Martin Emilio Soberon Idrogo

Est. Mili Tatiana Flores Cervantes

ASESORES:

Dr. Alexander Huamán Mera

M.Sc. Yuriko Sumiyo Murillo Domen

CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES.

JAÉN - PERÚ, AGOSTO, 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

INFORME FINAL- IMPRIMIR.pdf

AUTOR

Martin_Mili Soberon_Flores_2.0

RECUENTO DE PALABRAS

16111 Words

RECUENTO DE CARACTERES

88874 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

90 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.6MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 24, 2023 4:41 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 24, 2023 4:42 PM GMT-5

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 20 de setiembre del año 2023, siendo las 12:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera presencial, en la sala de docentes del pabellón de ingeniería forestal y ambiental

Presidente : Mg. ANNICK ESTEFANY HUACCHA CASTILLO
Secretario : M.Sc. HANDRY MARTÍN RODAS PURIZAGA
Vocal : Dr. JOSE CELSO PAREDES CARRANZA, para evaluar la Sustentación del informe final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "**Modelamiento del nicho ecológico de la palmera blanca (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) en el parque nacional de Cutervo, Cajamarca- Perú**", presentado por los Estudiantes Martin Emilio Soberon Idrogo y Est. Mili Tatiana Flores Cervantes, de la escuela profesional de Ingeniería forestal y ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 13:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MATERIAL Y MÉTODOS	14
2.1. Ubicación del área de estudio	14
2.2. Materiales.....	16
2.2.1. Materiales de oficina	16
2.2.2. Materiales de campo	16
2.2.3. Equipos de campo.....	16
2.2.4. Programas	16
2.3. Fuentes de información.....	18
2.4. Metodología de la investigación	18
2.4.1. Búsqueda, recopilación y validación de información.....	20
2.4.2. Procesamiento de información	22
2.4.3. Validación del modelo de distribución potencial	26
III. RESULTADOS	27
3.1 Puntos georreferenciados de <i>Ceroxylon quindiuense</i>	27
3.2 Análisis de correlación de variables bioclimáticas	29
3.3 Distribución geográfica actual y futura del nicho ecológico de <i>Ceroxylon quindiuense</i>	29
3.3.1 Evaluación estadística de la precisión del modelo de distribución geográfica actual y futura (70 LIG) del nicho ecológico de <i>Ceroxylon quindiuense</i>	29
3.4. Influencia de Variables	33
3.4.1. Porcentaje de contribución de las variables bioclimáticas.....	33
3.4.2. Prueba de Jackknife.....	35
3.5. Importancia de las variables para el tiempo actual.....	35
3.6. Importancia de las variables para el tiempo futuro.....	36
3.7. Comparar los mapas proyectados en la distribución presente y futura, ante un eventual cambio climático.	39
3.7.1. Las siete variables bioclimáticas que ayudaron a realizar el modelamiento.....	39
3.7.2. Modelamiento en tiempo actual, para el año 2030 y para el año 2070.....	41
3.7.3. Cambios potenciales en la distribución ante el Cambio Climático	41
IV. DISCUSIÓN.....	46



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51
AGRADECIMIENTO.....	57
DECIDATORIA.....	58



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Softwares empleados para el procesamiento de información.....	17
Tabla 2. Variables bioclimáticas descargadas del WorldClim.....	21
Tabla 3. Variables bioclimáticas seleccionadas mediante la correlación estadística para el modelamiento con el software MaxEnt.....	28
Tabla 4. Análisis de contribución de variables bioclimáticas.....	33
Tabla 5. Análisis de contribución de variables bioclimáticas.	34



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio en el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca- Perú.....	15
Figura 2. Esquema metodológico.....	19
Figura 3. Captura de pantalla donde se muestra la base de datos de presencia de <i>Ceroxylon quindiuense</i> en formato (CSV).....	22
Figura 4. Formato Excel obtenido de la georreferenciación.....	23
Figura 5. Matriz de correlación de las variables bioclimáticas.....	23
Figura 6. Variables de la georreferenciación.....	24
Figura 7. Variables bioclimáticas seleccionadas de la correlación.....	24
Figura 8. Variables bioclimáticas predictoras en formato (asc).....	25
Figura 9. Interfaz del software MaxEnt, Versión 3.4.1.....	25
Figura 10. Ubicación geográfica de puntos de ocurrencia de <i>Ceroxylon quindiuense</i> en el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú.....	28
Figura 11. Análisis de curvas de omisión/comisión para <i>Ceroxylon quindiuense</i> en el tiempo actual.....	30
Figura 12. Análisis de curvas de omisión/comisión para <i>Ceroxylon quindiuense</i> en el tiempo futuro.....	31
Figura 13. Curva de característica de funcionamiento del receptor (ROC) y AUC del modelo de <i>Ceroxylon quindiuense</i>	32
Figura 14. Curva de características de funcionamiento del receptor ROC y AUC del modelo de nicho ecológico de <i>Ceroxylon quindiuense</i> en el tiempo futuro.....	33
Figura 15. Prueba de Jackknife de ganancia de entrenamiento regularizado para <i>Ceroxylon quindiuense</i>	35
Figura 16. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC para <i>Ceroxylon quindiuense</i>	36
Figura 17. Prueba de Jackknife de ganancia de prueba de <i>Ceroxylon quindiuense</i>	36

Figura 18. Prueba de Jackknife de ganancia de entrenamiento regularizado para *Ceroxylon quindiuense*.....37

Figura 19. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC para *Ceroxylon quindiuense*.37

Figura 20. Prueba de Jackknife de ganancia de prueba de *Ceroxylon quindiuense*.....38

Figura 21. Distribución de los Puntos colectados en la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional de Cutervo.....41

Figura 22. Distribución actual de la especie *Ceroxylon quindiuense*.....42

Figura 23. Distribución potencial futura para el año 2030 de la especie *Ceroxylon quindiuense*.....43

Figura 24. Distribución potencial futura para el año 2070 de la especie *Ceroxylon quindiuense*.....44






ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos de colecta de <i>Ceroxylon quindiuense</i> en el Parque Nacional de Cutervo.....	58
Anexo 2. Solicitud de aprobación automática para SINANP.....	65
Anexo 3. Informe de Evaluación de Solicitud de Autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE.....	66
Anexo 4. Resolución del jefe del Parque Nacional de Cutervo N° 001- 2022-SERNANP-PNC-JEF.....	68
Anexo 5. Oficio de autorización de ingreso con fines de investigación al Parque Nacional de Cutervo.....	71
Anexo 6. Autorización de Ingreso por puesto de control en el Parque Nacional de Cutervo.....	72
Anexo 7. Portal de descargas.....	73
Anexo 8. Proceso gráfico.....	74
Anexo 9. Curvas de respuesta de las variables bioclimáticas seleccionadas en tiempo actual (Antes de la revolución Industrial)	76
Anexo 10: Curvas de respuesta de las variables bioclimáticas seleccionadas en tiempo futuro.....	76
Anexo 11: Tabla de recolección de datos de ejemplares de Palmera Blanca (<i>Ceroxylon quindiuense</i>).....	77
Anexo 12. Panel fotográfico.....	78
Anexo 13. Ejecución del modelo de distribución potencial en MaxEnt para tiempo Presente.....	81



RESUMEN

Las poblaciones de *Ceroxylon quindiuense* han sido considerablemente afectadas por acciones antrópicas, al nivel de ser categorizada como una especie en peligro. El objetivo de la investigación fue determinar el modelamiento del nicho ecológico de la especie *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo para su conservación actual (Antes de la revolución Industrial) y futura ante un eventual cambio climático. En el proceso metodológico se empleó el software MaxEnt basado en un enfoque de máxima entropía, para este análisis se utilizaron 316 individuos de la especie, mostrando de esa forma el nivel de concentración de las ocurrencias del área de amortiguamiento del Parque Nacional de Cutervo, así como 19 variables bioclimáticas disponibles en WorldClim.org. El modelo determinó que solo siete variables bioclimáticas (Bio_1, Bio_2, Bio_3, Bio_5, Bio_12, Bio_15 y Bio_19) fueron responsables del modelo de distribución de la especie siendo la variable Bio_1 Temperatura promedio anual, la más importante con 33.4 % de presencia según la prueba de Jackknife y un Área Bajo la Curva (AUC) de 0.999% para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial) Bio_1 (Temperatura promedio anual) con 33.4 % la que contribuyó con mayor porcentaje y la variable Bio_3 “Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100” con 37.6% y un (AUC) de 0.995% para el tiempo futuro.

Palabras clave: *Ceroxylon quindiuense*, modelamiento del nicho ecológico, variables bioclimáticas, último periodo interglaciar.



ABSTRACT

The populations of *Ceroxylon quindiuense* have been considerably affected by anthropic actions, to the level of being categorized as an endangered species. The objective of the research was to determine the modeling of the ecological niche of the *Ceroxylon quindiuense* species in the Cutervo National Park for its current and future conservation in the face of eventual climate change. In the methodological process, the software MaxEnt was used, based on a maximum entropy approach. For this analysis, 316 individuals of the species were used, thus showing the level of concentration of occurrences in the buffer area of Cutervo National Park, as well as 19 bioclimatic variables available at WorldClim.org. The model determined that only seven bioclimatic variables (Bio_1, Bio_2, Bio_3, Bio_5, Bio_12, Bio_15 and Bio_19) were responsible for the distribution model of the species, being the variable Bio_1 Average annual temperature, the most important with 33.4 % presence. according to the Jackknife test and an Area Under the Curve (AUC) of 0.999% for the current time Bio_1 (Annual average temperature) with 33.4% the one that contributed with the highest percentage and the variable Bio_3 "Isothermality (Bio_1/Bio_7) *100" with 37.6% and an (AUC) of 0.995% for the future tense.

Keywords: *Ceroxylon quindiuense*, modeling of the ecological niche, bioclimatic variables, last interglacial period.



I. INTRODUCCIÓN

El estudio demográfico es importante para la conservación de poblaciones silvestres cuyo número está en descenso o que están en riesgo de extinción (Harper 1974, Rodríguez et al., 2005), y para preservar las poblaciones silvestres cuyo número está reduciendo o están al borde de la extinción (Harper, 1974; Rodríguez et al., 2005), se cree conveniente fomentar la investigación y poder identificar la distribución de una importante y significativa especie, como lo es la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*), siendo una especie nativa del bosque húmedo montano, considerada una monocotiledónea muy importante que puede superar los 40 m de altura y vivir más de 100 años (Bernal y Sanín, 2013). Actualmente reconocida a nivel mundial por ser el árbol nacional de Colombia, la palmera más alta del mundo, llegando a alcanzar los 60 m de altura (Martínez et al, 2021) y puede tardar hasta 80 años en alcanzar la madurez (Chacón-Vargas et al, 2020), además es la única palma en el mundo sembrada entre los 2,000 y 3,000 m sobre el nivel del mar (Zapata y Yepes, 2017), así mismo las palmeras de cera constituyen una de las maravillas botánicas del mundo (Gómez, 2021), donde los palmares de *Ceroxylon quindiuense* constituyen uno de los paisajes más espectaculares de los Andes colombianos (Galeano et al., 2015). Cabe resaltar que *C. quindiuense* fue una especie abundante en Colombia y según fuentes de Investigación, la especie *C. quindiuense* ha sido categorizada en peligro por Galeano y Bernal (2005) y ratificada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2021).

Del mismo modo, las poblaciones de palmeras juegan un papel vital en una variedad de ecosistemas neotropicales, incluidos los bosques húmedos, las sábanas inundadas, las veredas de Buruti en Brasil, así como otros entornos (Henderson et al., 1995). Estas variedades de ecosistemas son importantes por el ciclaje de nutrientes, las interacciones entre depredador-presa, dispersores y polinizadoras además de la biomasa y la captura de carbono (Henderson et al., 1995).

También, es posible observar y entender la distribución natural de las palmeras, lo que contribuye a la dispersión del flujo genético a través de la distribución homogénea de sus semillas en el bosque nativo (Kahn y Granville, 1992).

Sin embargo, las perturbaciones pueden afectar a las poblaciones de palmeras y los ecosistemas en los que se desarrollan, incluyen la recolección de palmeras, la extracción de madera, la caza indiscriminada, los incendios forestales, la deforestación, la producción ganadera masiva, las hojas de la especie se utilizaban en las celebraciones del Domingo de Ramos en Semana Santa, y en la última década una desconocida enfermedad ha estado causando la muerte de varias palmeras adultas, lo que conllevaría a un retraso en su crecimiento y desarrollo, o incluso a la muerte de muchos individuos (Galeano et al, 2008). Es ahí donde la especie no logra regenerarse, pues sus plántulas, como las de otras palmas de cera, no resisten la plena exposición ni el pastoreo (Anthelme et al., 2011).

Dado el nivel actual de amenaza de *Ceroxylon quindiuense*, no sería suficiente con prevenir la pérdida de hábitat y evitar el corte del ramo. Las medidas preventivas tendrán que seguir ejecutándose, pero es necesario acometer la rehabilitación de las zonas que fueron deforestadas, de tal manera que no solo se asegure la prolongación de los palmares en los bosques, sino también el reemplazo generacional en las zonas que hoy son potreros (Bernal y Sanín, 2013).

Por otra parte, la interacción del espacio y las condiciones en las que puede sobrevivir, persistir y posteriormente continuar con su capacidad reproductiva, de acuerdo a las características del suelo, topografía, el clima, las interacciones biológicas, entre otros, pueden ser afectados por las condiciones climáticas, ya que hay especies que no pueden adaptarse a condiciones climáticas inusuales, encontrándose en peligro. Debido a ello muchos taxones endémicos se encuentran incluidos en la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN, debido a su estrecha distribución geográfica y su hábitat extremadamente restringido.

Y para conservar y proteger especies como *Ceroxylon quindiuense* es importante abordar la distribución potencial de hábitats adecuados y factores ambientales que ayuden a la presencia y persistencia en condiciones actuales y futuras (Abdelaal, et al., 2019). Por lo tanto, en la presente investigación se planteó el siguiente problema, ¿El modelo de nicho ecológico de la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*) reducirá su representatividad futura en el Parque Nacional de Cutervo? Por el contexto antes descrito, fue necesario llevar a cabo el estudio, el cual tuvo como objetivo determinar los modelos de nicho ecológico de la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*) el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú, con el propósito de determinar la influencia del cambio climático en cuanto a la distribución de la especie.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar los modelos de nicho ecológico de la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*) el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú.

Objetivos específicos

- Identificar y georreferenciar individuos de la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*) en el Parque Nacional de Cutervo.
- Modelar el nicho ecológico de la Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*) y proyectar su distribución geográfica actual (Antes de la revolución Industrial) y futura en el Parque Nacional de Cutervo.
- Comparar los mapas proyectados en la distribución presente y futura, ante un eventual cambio climático.

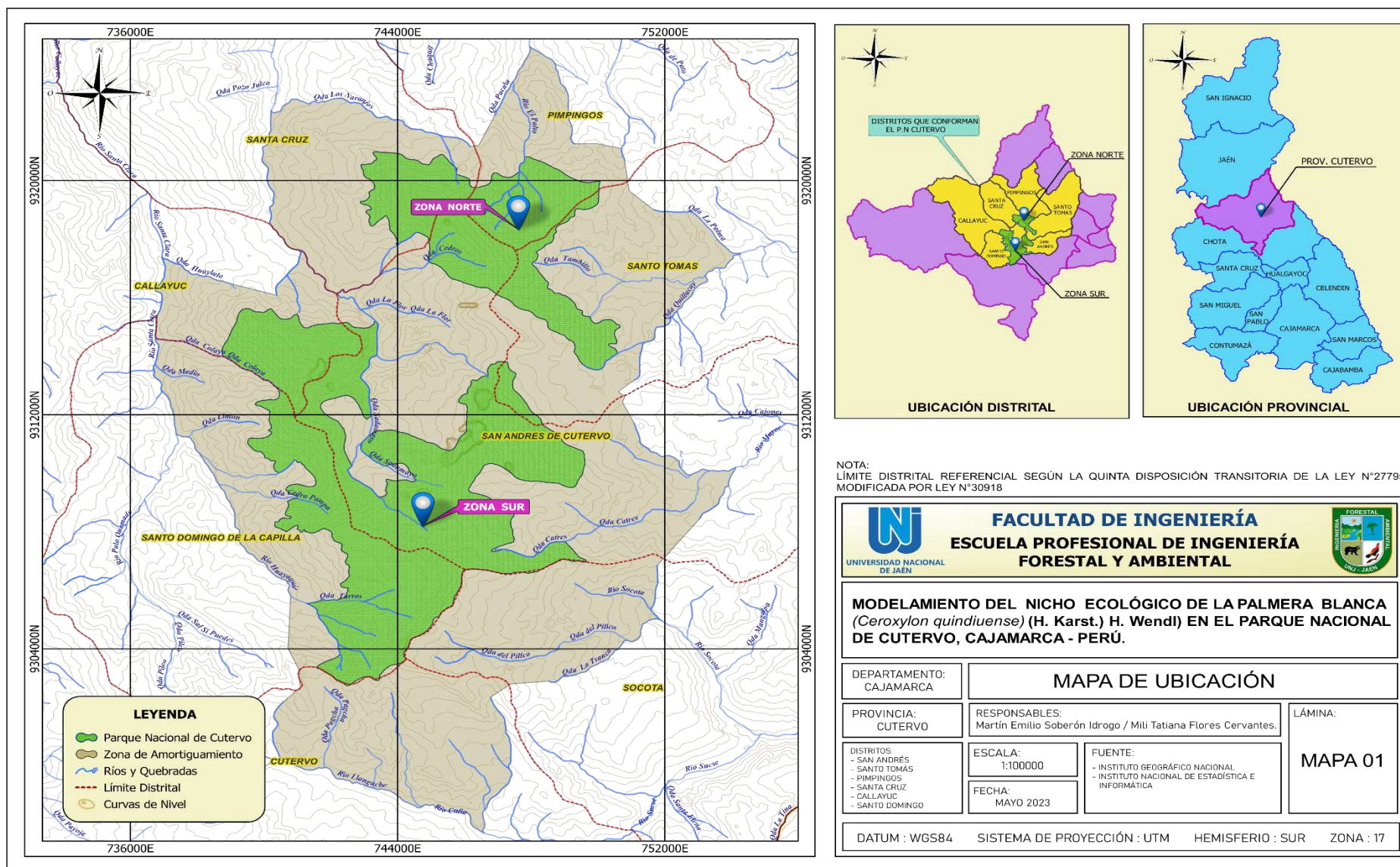
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Parque Nacional de Cutervo (PNC), el cual cuenta con una expansión de 8 214.23 ha, dividida en dos sectores: el sector Norte con 2 429.54 ha, localizado en los distritos de Santa Cruz de Cutervo, Pimpingos, Santo Tomás y San Andrés de Cutervo en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca y en el sector Sur con 5 784.69 ha, ubicadas en el distrito de Callayuc, San Andrés de Cutervo, Santo Domingo de La Capilla y Santo Tomás, en la provincia de Cutervo, Región de Cajamarca.



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio en el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca- Perú



Marta *EA* *AL* *Juan*

2.2. Materiales

2.2.1. Materiales de oficina

- Memoria USB (64 Gb).
- Laptop.
- Papel bond.

2.2.2. Materiales de campo

- Libreta de apuntes.
- Lapiceros.
- Alcohol de 96°.
- Mascarillas.
- Folder de plástico.
- Linterna.
- Pilas 2AA.
- Poncho de agua.
- Botas de gebo.

2.2.3. Equipos de campo

- Gps.
- Cámara fotográfica.

2.2.4. Programas

- ArcGIS.
- MaxEnt.
- Microsoft office 2016.
- Microsoft Excel 2016.



Tabla 1.

Softwares empleados para el procesamiento de información

<i>Softwares</i>	<i>Descripción</i>
<i>ArcGIS Desktop 10.3.1</i>	Es un software de sistema de información geográfica que recopila, almacena, edita, administra, analiza, diseña y publica información geográfica para su posterior visualización en forma de mapas, tablas y gráficos (ESRI, 2011). Se utilizó para formar puntos de eventos con una base de datos recopilada en campo en un formato legible por software (shapefile o archivos de forma), cortar el polígono del área de estudio y así como la edición final de los mapas de distribución potencial.
<i>MaxEnt 3.4.1</i>	MaxEnt es un software que calcula el área de distribución geográfica de una especie, llegando a encontrar la distribución que contenga la mayor entropía, dentro de las condiciones ambientales en los lugares de presencia registrados. Las restricciones se definen como en términos de "características" (variables ambientales como la temperatura, y funciones simples de esas variables como los términos cuadráticos), y requieren que la media de cada característica coincida con la media de la muestra (Phillips et al.,2017)



2.3. Fuentes de información

Primaria: Corresponde a la información recolectada en campo, las coordenadas geográficas de los individuos de la especie *Ceroxylon quindiuense* que fueron tomadas con el GPS, los cuales nos fueron fundamentales para elaborar el modelamiento del nicho ecológico.

Secundaria: Abarca la información recolectada de la literatura, herbarios y bibliografía, como son: Pagina web de Tropicos.org, de donde se obtuvo una base de datos, proyectándolo en Google Earth para conocer la distribución de la especie en el Perú hasta el momento. Asimismo, las 19 variables bioclimáticas empleadas para el modelamiento de distribución de la especie que fueron obtenidas de WorldClim.

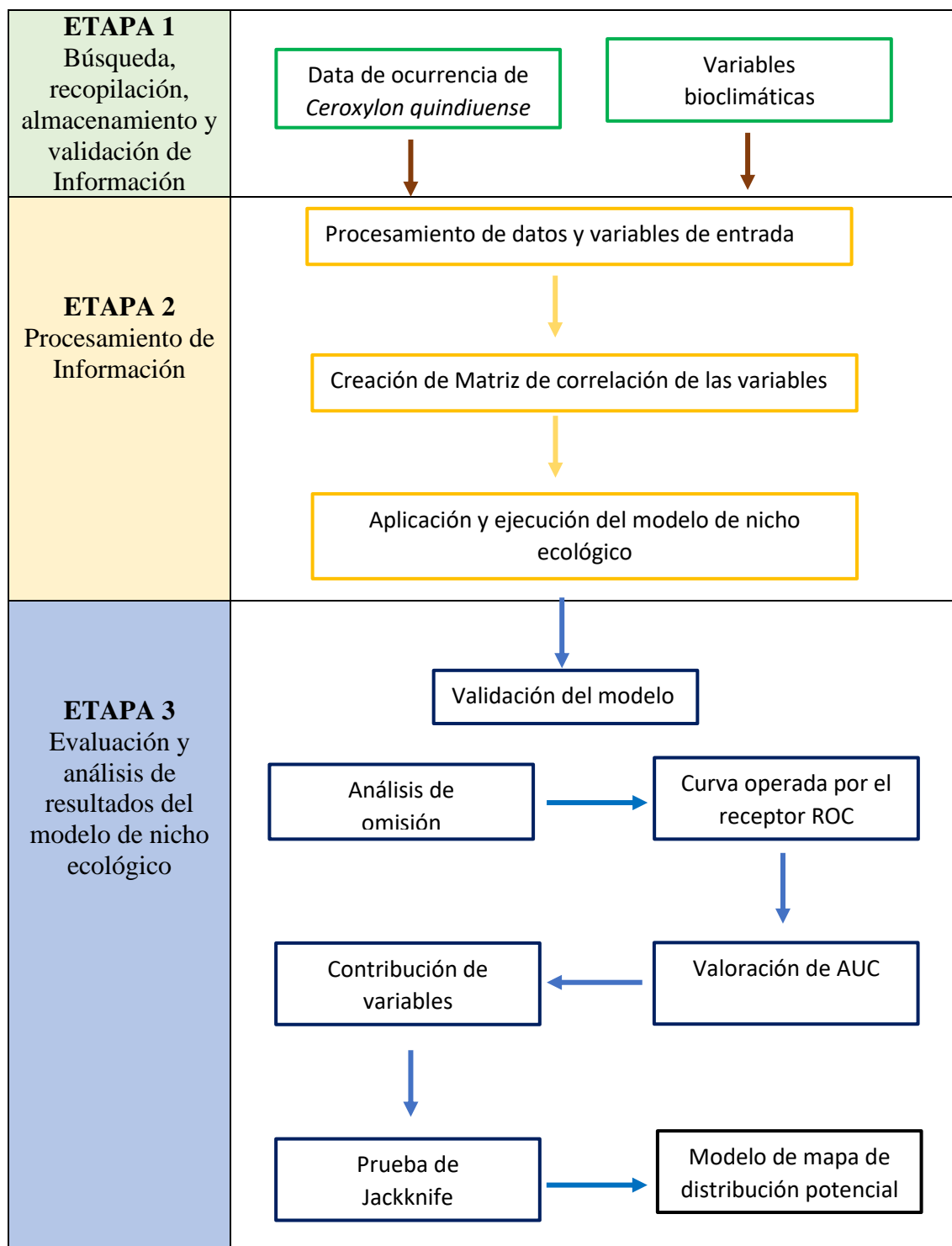
2.4. Metodología de la investigación

En la presente sección se detalla el procedimiento empleado para predecir el modelo de Nicho Ecológico en la área natural protegida del Parque Nacional de Cutervo, para lo cual las variables bioclimáticas que se utilizaron están referenciadas al sistema WGS84, con resolución de 30 m, es decir 1 km de resolución espacial, siendo cortadas a la delimitación del territorio peruano y procesadas primero por medio del uso del software ArcGIS, para posteriormente obtener las entradas requeridas en el modelamiento y los datos que serán corridos con una repetición de 10 veces en el software MaxEnt, el cual se basa en el principio de máxima entropía que predice las áreas de distribución idóneas para la ocurrencia de la especie ante condiciones biológicas disponibles en donde se tiene un conjunto de datos ya registrados de la presencia de la determinada especie.



Figura 2.

Esquema metodológico del procesamiento de información hasta la obtención final de los modelos predictivos de distribución de especies donde se integran las etapas 1, 2 y 3.



2.4.1 Búsqueda, recopilación y validación de información

- **Datos de presencia de *Ceroxylon quindiuense***

Una vez realizada la colecta de puntos de georreferenciación (GPS) de la especie de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo, se descargaron los datos obtenidos mediante el GPS en un archivo Excel. Posteriormente se eliminaron los puntos que estaban separados y no coincidían dentro del área de estudio, obteniendo como resultado 316 puntos de ocurrencia de la especie.

- **VARIABLES BIOCLIMÁTICAS**

Descargamos las 19 variables bioclimáticas SIG de la página Web del WorldClim (www.worldclim.org), las cuales contienen información del presente, pasado y futuro, a través de los datos climáticos con una resolución de 1 km cuadrado por pixel, con el sistema de coordenadas WGS 84 y datos históricos de entre los años 1970 a 2000, cuyos datos los utilizaremos para lograr realizar la predicción del modelo de nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo.

Tabla 2.

Variables bioclimáticas descargadas del WorldClim.

(<http://www.worldclim.org/>)

Variable	Descripción
Bio_1	Temperatura promedio anual
Bio_2	Rango medio diario (temp max-tem min, promedio mensual)
Bio_3	Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100
Bio_4	Estacionalidad en temperatura (coeficiente de variación)
Bio_5	Temperatura máxima del periodo más caliente
Bio_6	Temperatura mínima del periodo más frío
Bio_7	Rango anual de temperatura (Bio_5-Bio_6)
Bio_8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso
Bio_9	Temperatura promedio en el trimestre más seco
Bio_10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso
Bio_11	Temperatura promedio en el trimestre más frío
Bio_12	Precipitación anual
Bio_13	Precipitación en el periodo más lluvioso
Bio_14	Precipitación en el periodo más seco
Bio_15	Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de variación)
Bio_16	Precipitación en el periodo más lluvioso
Bio_17	Precipitación en el tiempo más seco
Bio_18	Precipitación en el trimestre más caluroso
Bio_19	Precipitación en el trimestre más frío

2.4.2 Procesamiento de información

- Tratamiento de datos de ocurrencia.

Una vez obtenido el archivo Excel con los datos de ocurrencia lo organizaremos en tres columnas, en la cual se muestre el nombre científico de la especie, longitud y latitud. Luego guardaremos el archivo en formato CSV “delimitado por comas”.

Figura 3.

Captura de pantalla donde se muestra el banco de datos de presencia de *Ceroxylon quindiuense* en formato (CSV).

	A
1	ESPECIE, LONGITUD, LATITUD
2	Ceroxylon_quindiuense,-78.74174,-6.23272
3	Ceroxylon_quindiuense,-78.74248,-6.23223
4	Ceroxylon_quindiuense,-78.74261,-6.23253
5	Ceroxylon_quindiuense,-78.74298,-6.23263
6	Ceroxylon_quindiuense,-78.71296,-6.23287
7	Ceroxylon_quindiuense,-78.74294,-6.23312
8	Ceroxylon_quindiuense,-78.74264,-6.23322
9	Ceroxylon_quindiuense,-78.74249,-6.23347
10	Ceroxylon_quindiuense,-78.74227,-6.23364
11	Ceroxylon_quindiuense,-78.74254,-6.23395
12	Ceroxylon_quindiuense,-78.74261,-6.23446
13	Ceroxylon_quindiuense,-78.74309,-6.23437

- Selección y descarte de variables bioclimáticas correlacionadas a través de una matriz de correlación.

Para ello utilizaremos el programa ArcGIS, en el cual añadiremos nuestra base de datos en el formato CSV y nuestras 19 capas bioclimáticas, posteriormente realizamos el procesamiento de la información obteniendo como resultado un archivo Excel como se muestra a continuación:

Figura 4.

Formato Excel obtenido de la georreferenciación.

Una vez obtenido nuestro archivo Excel, para identificar si existe una correlación entre ellas usaremos el comando “formato condicional”, en la cual se indicó que debería sombreadse de color rojo los valores mayores a 0.9 y menores a -0.9, indicando con ello aquellas variables que comparten información similar, lo cual nos permitirá descartar aquellas variables redundantes.

Figura 5.

Matriz de correlación de las variables bioclimáticas

Layer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	-0.31271	-0.83292	-0.82093	0.47591	-0.76811	-0.88337	0.94542	-0.84872	-0.83133	-0.83592	-0.62575	-0.42765	-0.71446	0.61342	-0.43103	-0.71935	-0.40697	-0.71885
2	-0.31271	1	0.42678	0.37494	-0.88610	0.34510	0.46383	-0.59681	0.43262	0.36324	0.47719	0.60161	0.48601	0.64277	-0.57272	0.48500	0.64765	0.48543	0.62984
3	-0.83292	0.42678	1	0.39435	-0.54248	0.36929	0.39262	-0.84472	0.39666	0.99645	0.99765	0.65777	0.47994	0.68131	-0.56903	0.48251	0.69147	0.44372	0.67787
4	-0.82093	0.37494	0.39435	1	-0.47887	0.391	0.98278	-0.81648	0.98780	0.99685	0.98733	0.61535	0.44006	0.64585	-0.51151	0.44136	0.65527	0.40748	0.63949
5	0.47591	-0.88610	-0.54248	-0.47887	1	-0.45395	-0.58109	0.71042	-0.54767	-0.47225	-0.59714	-0.71071	-0.61508	-0.64924	0.72559	-0.61604	-0.66313	-0.60211	-0.63824
6	-0.76811	0.34510	0.39435	-0.47887	-0.45395	1	0.96778	-0.76240	0.98259	0.99338	0.98015	0.59160	0.42460	0.60892	-0.49484	0.42736	0.61908	0.38417	0.60657
7	-0.88337	0.46383	0.39262	0.98278	-0.58109	0.96778	1	-0.90078	0.99432	0.98628	0.99461	0.67516	0.48598	0.71705	-0.60300	0.48833	0.72623	0.45062	0.71299
8	0.94542	-0.59681	-0.84472	-0.81648	0.71042	-0.76240	-0.90078	1	-0.86063	-0.82136	-0.86559	-0.71476	-0.51663	-0.79255	0.69621	-0.51790	-0.79861	-0.49549	-0.78618
9	-0.84872	0.43262	0.39666	0.39666	-0.54767	0.98259	0.99432	-0.86063	1	0.99328	0.99540	0.65187	0.46254	0.68813	-0.59076	0.46710	0.69722	0.42436	0.68837
10	-0.83133	0.36324	0.99645	0.99645	-0.47225	0.99338	0.98628	-0.82136	0.99328	1	0.98900	0.61477	0.43468	0.64969	-0.52503	0.43727	0.65875	0.39802	0.64664
11	-0.83592	0.47719	0.99765	0.98733	-0.59714	0.98015	0.99461	-0.86559	0.99540	0.98900	1	0.67957	0.50071	0.69933	-0.59952	0.50318	0.71003	0.46432	0.69494
12	-0.62575	0.60161	0.65777	0.61535	-0.71071	0.59160	0.67516	-0.71476	0.65187	0.61477	0.67957	1	0.93106	0.90515	-0.76235	0.94336	0.91483	0.91014	0.88846
13	-0.42765	0.48601	0.47994	0.44006	-0.61508	0.42460	0.48598	-0.51663	0.46254	0.43468	0.50071	0.93106	1	0.72357	-0.59646	0.99430	0.73455	0.95328	0.70602
14	-0.71446	0.64277	0.68131	0.64585	-0.64924	0.60892	0.71705	-0.79255	0.68813	0.64969	0.69933	0.90515	0.72357	1	0.74535	0.74101	0.99734	0.72134	0.97049
15	0.61342	-0.57272	-0.56903	-0.51151	0.72559	-0.49484	-0.60300	0.69621	-0.59076	-0.52503	-0.59952	-0.76235	-0.59646	-0.75435	1	-0.61926	-0.76573	-0.60069	-0.74369
16	-0.43103	0.48500	0.48251	0.44136	-0.61604	0.42736	0.48833	-0.51790	0.46710	0.43727	0.50318	0.94336	0.99430	0.74101	-0.61926	1	0.75174	0.95513	0.72468
17	-0.71935	0.64765	0.69147	0.65527	-0.66313	0.61908	0.72623	-0.79861	0.69722	0.65875	0.71003	0.91483	0.73455	0.99734	-0.76573	0.75174	1	0.73347	0.97111
18	-0.40697	0.48543	0.44372	0.40748	-0.60211	0.38417	0.45062	-0.49549	0.42436	0.39802	0.46492	0.91014	0.95328	0.72134	-0.60069	0.95513	0.73347	1	0.67783
19	-0.71885	0.62984	0.67787	0.63949	-0.63824	0.60657	0.71299	-0.78618	0.68837	0.64664	0.69494	0.88846	0.70602	0.97049	-0.74369	0.72468	0.97111	0.67783	1

Como paso posterior, seleccionamos en un cuadro todas aquellas variables que compartían similitud de información, evitando redundancia entre ellas.

Figura 6.

Variables de la georreferenciación

BIO_1	BIO_2	BIO_3	BIO_4	BIO_5	BIO_6	BIO_7	BIO_8	BIO_9	BIO_10	BIO_11	BIO_12	BIO_13	BIO_14	BIO_15	BIO_16	BIO_17	BIO_18	BIO_19
8		4	3		3	3	1	3	3	3	13	12	12		12	12	12	14
		6	6		4	4	7	4	4	4	14	16	17		13	14	13	17
		7	7		7	7		6	6	6	16	18	19		18	19	16	
		9	9		9	9		7	7	7	17							
		10	10		10	10		10	9	9	18							
		11	11		11	11		11	11	10								

Una vez que analizamos todas las variables y realizamos el descarte de aquellas que compartían cierta similitud, finalmente se obtuvieron las variables siguientes: Bio_1, Bio_2, Bio_3, Bio_5, Bio_12, Bio_15, Bio_19, con las cuales realizaremos el proceso de modelamiento del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*.

Figura 7.

Variables bioclimáticas seleccionadas de la correlación.

BIO_1	BIO_2	BIO_3	BIO_4	BIO_5	BIO_6	BIO_7	BIO_8	BIO_9	BIO_10	BIO_11	BIO_12	BIO_13	BIO_14	BIO_15	BIO_16	BIO_17	BIO_18	BIO_19
1	2	3		5							12			15				19

- Tratamiento de variables bioclimáticas

Después de haber desarrollado el proceso de correlación y haber obtenido el listado de las variables predictoras que corroboraran en el área de estudio, se procedió a cambiarlas de formato TXT al formato ASCII (asc), puesto que es uno requisitos importantes a tener en cuenta para el procesamiento y el reconocimiento de la información para el software de MaxEnt.

Figura 8.

Variables bioclimáticas predictoras en formato (asc).

bio_1.asc.aux	27/09/2022 10:59	Microsoft Edge H...	1 KB
bio_1.asc.ovr	27/09/2022 10:59	Archivo OVR	459 KB
bio_1.ASC	27/09/2022 10:57	Microsoft Edge H...	1 KB
bio_1.prj	27/09/2022 10:57	Archivo PRJ	1 KB
bio_2.asc	27/09/2022 10:57	Archivo ASC	16,262 KB
bio_2.asc.aux	27/09/2022 10:59	Microsoft Edge H...	1 KB
bio_2.asc.ovr	27/09/2022 10:59	Archivo OVR	276 KB
bio_2.prj	27/09/2022 10:57	Archivo PRJ	1 KB
bio_3.asc	27/09/2022 10:57	Archivo ASC	15,107 KB
bio_3.asc.aux	27/09/2022 10:59	Microsoft Edge H...	1 KB
bio_3.asc.ovr	27/09/2022 10:59	Archivo OVR	216 KB
bio_3.prj	27/09/2022 10:57	Archivo PRJ	1 KB

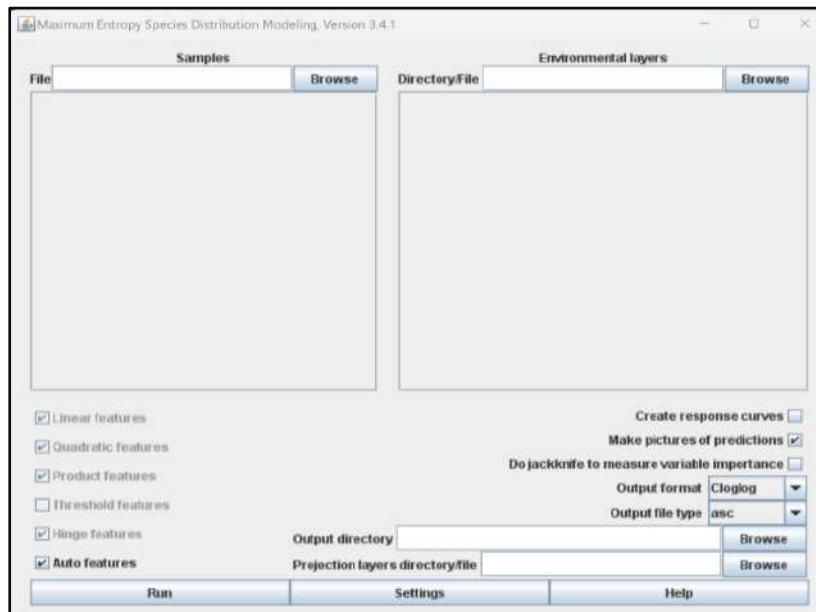
- **Aplicación del modelo de distribución**

Para el Modelamiento de *Ceroxylon quindiuense* se ha empleado el MaxEnt, debido a que este software emplea un algoritmo de aprendizaje con mejor eficiencia para encontrar la distribución probabilística, la cual consiste en estimar una probabilidad de distribución destino (objetivo).

Por otra parte, el programa MaxEnt posee ciertas ventajas como la de encontrarse disponible de manera gratuita y sólo requiere datos de presencia. Llegando así a realizar un modelo la distribución geográfica de la especie.

Figura 9.

Interfaz del software MaxEnt, Versión 3.4.1



2.4.3 Validación del modelo de distribución potencial

Del muestreo realizado a la especie *Ceroxylon quindiuense*, los datos en el algoritmo MaxEnt se trabajaron en dos grupos, un 75% hizo correr los datos de entrenamiento y el 25% restante fueron seleccionados al azar como datos de prueba, asimismo la tasa de omisión de prueba y el área predicha en función del umbral acumulativo como también la curva operativa del receptor (ROC) para los mismos datos que fueron promediados durante las 10 replicaciones, para el caso de corroboración y validación por cada variables se empleó el test de Jackknife que corre un modelo con cada una de las variables, logrando medir la aportación de las variables bioclimáticas de manera individual (Phillips et al., 2006).

III. RESULTADOS

A partir de la investigación realizada, obtuvimos las ubicaciones georreferenciadas de individuos de la especie *Ceroxylon quinduense*, lo que nos permitió construir una base de datos suficiente para el modelo. Las siguientes secciones explican los diferentes resultados obtenidos para el modelamiento del nicho ecológico de la especie *Ceroxylon quinduense* en el Parque Nacional de Cutervo.

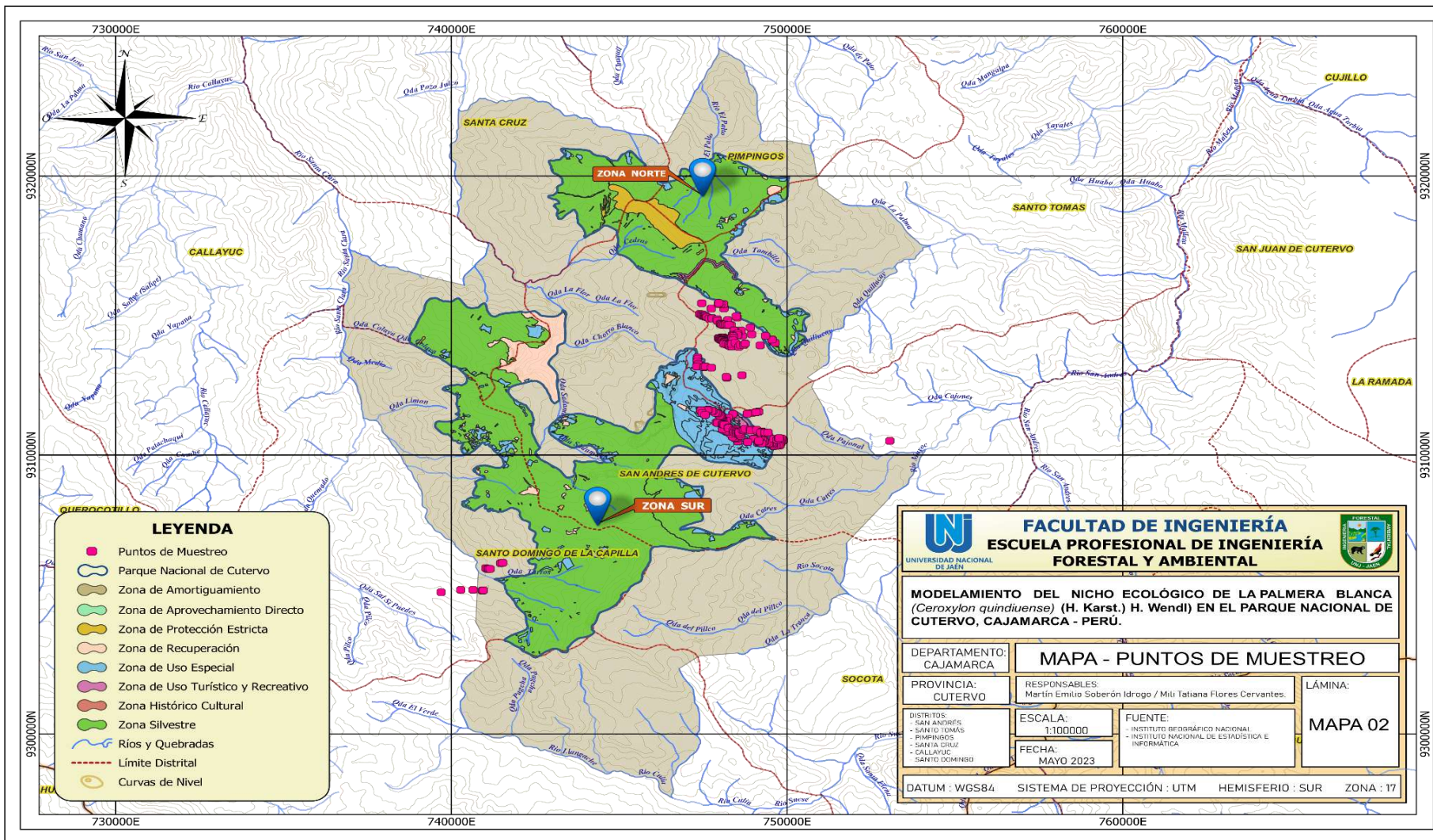
3.1 Puntos georreferenciados de *Ceroxylon quinduense*

Del muestreo realizado en el área de estudio (Parque Nacional de Cutervo) se obtuvieron 316 puntos de ocurrencia de *Ceroxylon quinduense* (Anexo 01). En esta sección se muestra el análisis realizado sobre los puntos de ocurrencia a nivel espacial de *Ceroxylon quinduense* en nuestra área de estudio, los cuales posteriormente nos permitió realizar la predicción del modelo de distribución del nicho ecológico. La figura 10 muestra el mapa de la distribución espacial de 316 puntos de ocurrencia de *Ceroxylon quinduense* que conforman la muestra, en la cual se tomara en cuenta un muestreo aleatorio para determinar el patrón de distribución de las poblaciones, teniendo en cuenta de cinco (05) a diez (10) puntos como mínimo, mostrando de esa forma el nivel de concentración de las ocurrencias del área de amortiguamiento del Parque Nacional de Cutervo, que son equivalentes al 100% de los datos de entrenamiento.



Figura 10.

Ubicación geográfica de puntos de ocurrencia de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú



Marta *EA* *AA* *Juand.*

3.2 Análisis de correlación de variables bioclimáticas

El análisis de correlación de las variables reveló que hubo variables similares, por lo que la correlación excluyó la redundancia y solo se obtuvieron siete variables bioclimáticas, los cuales sirvieron para realizar el proceso de distribución potencial de *Ceroxylon quindiuense* (Tabla 4)

Tabla 3.

VARIABLES bioclimáticas seleccionadas mediante la correlación estadística para el modelamiento con el software MaxEnt.

Variable	Descripción
Bio_1	Temperatura promedio anual
Bio_2	Rango medio diario (temp máx.-temp min, promedio mensual)
Bio_3	Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100
Bio_5	Temperatura máxima del período más caliente
Bio_12	Precipitación anual
Bio_15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
Bio_19	Precipitación en el trimestre más frío

Nota: La tabla detalla información como el código y descripción de las variables correlacionadas para el modelo.

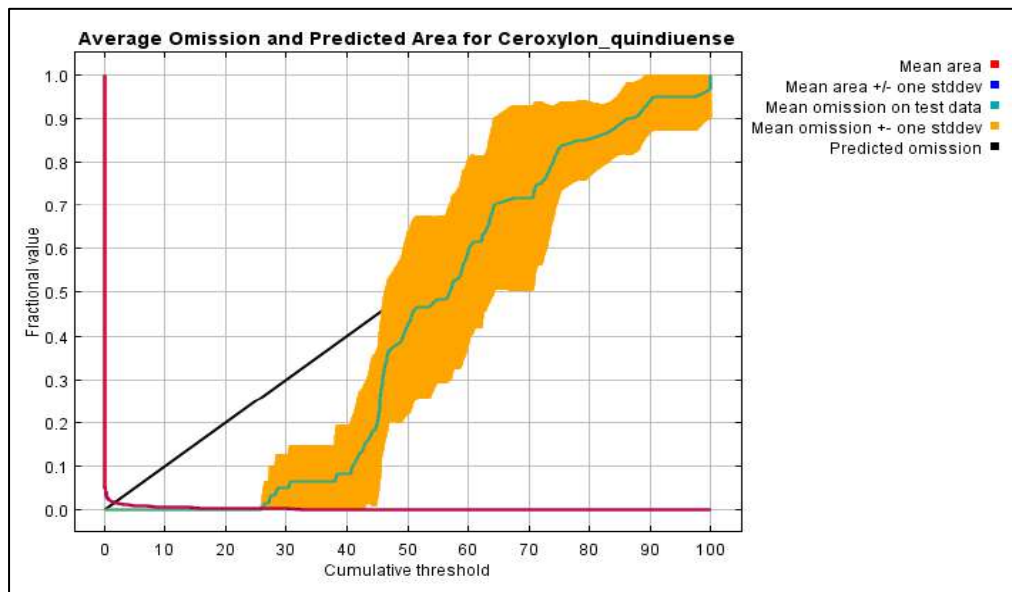
3.3 Distribución geográfica actual (Antes de la revolución Industrial) y futura del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*

3.3.1 Evaluación estadística de la precisión del modelo de distribución geográfica actual (Antes de la revolución Industrial) y futura al 2030 y 2070 del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*

Después de haber obtenido los datos de presencia de los individuos de *Ceroxylon quindiuense*, procesar los 316 puntos que se encuentran a lo largo del Parque Nacional de Cutervo, realizado el análisis de correlación de las 19 variables bioclimáticas, se escogieron 07 variables en la predicción del modelamiento de nicho ecológico, en la cual el software MaxEnt nos muestra lo siguiente:

Figura 11.

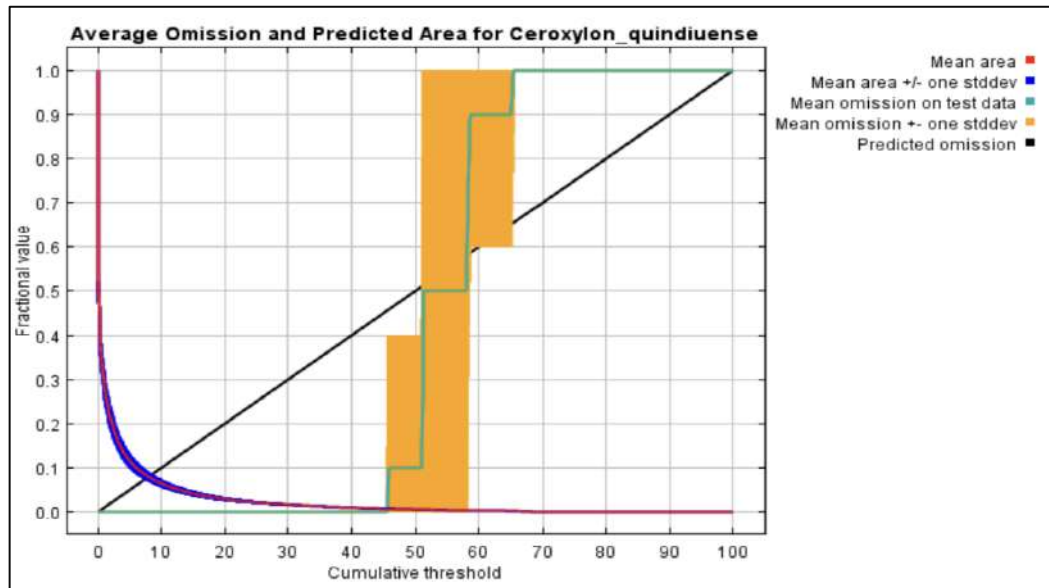
Análisis de curvas de omisión/comisión para *Ceroxylon quindiuense* en el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial).



En la figura 11, se observa la tasa de omisión de la prueba y el área predicha en función al umbral acumulativo para la especie *Ceroxylon quindiuense*, promediado sobre la ejecución de 10 repeticiones, mostrando las fracciones de los puntos de presencia ubicados por fuera del área potencial con base en el modelo MaxEnt, al mismo tiempo presenta un buen ajuste a la omisión predicha, la cual es la línea recta que está definida por el formato de salida, es decir, se obtuvieron datos de prueba independientes, que vienen de diferentes datos de presencia espacial.

Figura 12.

Análisis de curvas de omisión/comisión para *Ceroxylon quindiuense* en el tiempo futuro.

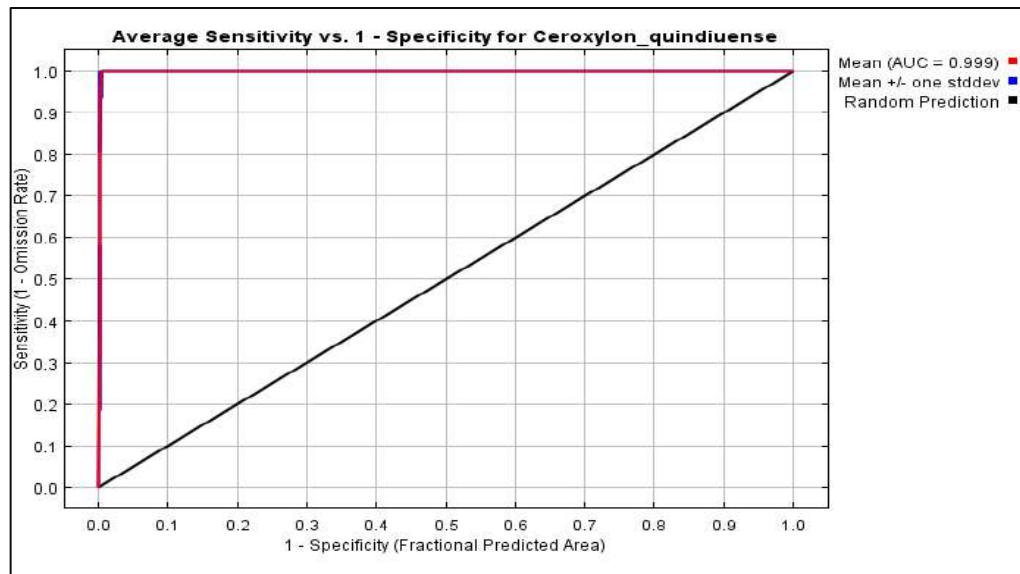


Las siguientes gráficas muestran la curva operada por el receptor (ROC) para los mismos datos de entrenamiento (línea roja) como para los de prueba (línea azul), así como el área bajo la curva ROC (AUC), que fueron nuevamente promediados sobre las ejecuciones repetidas.

La Figura 13, muestra la gráfica de la curva operada por el receptor (ROC), en la cual muestra la proporción del conjunto de datos y el error estandarizado del área bajo la curva (AUC). Donde las líneas de color rojo presentan el grado de ajuste de los datos del muestreo y la línea de color azul presenta el ajuste del modelo, que son semejantes, orientadas en la parte superior izquierda, lo cual indica que no existiría ningún error de omisión y comisión es decir se tiene 100% de sensibilidad para puntos de presencia como de especificidad para puntos de ausencia, empleando el 25% de datos que valida el modelo que define de manera espacial una mejor distribución de la especie según lo observado en campo. Así mismo podemos observar el valor del AUC de 0.999 con una desviación estándar de 0,000, encontrándose clasificado dentro del intervalo como “excelente”, indicando que la especie presenta una amplia distribución geográfica en relación al área de los datos ambientales analizados, lo que demostraría que se puede predecir la distribución de la especie con un nivel de confiabilidad alto, ya que el máximo alcanzable del AUC es 1.

Figura 13.

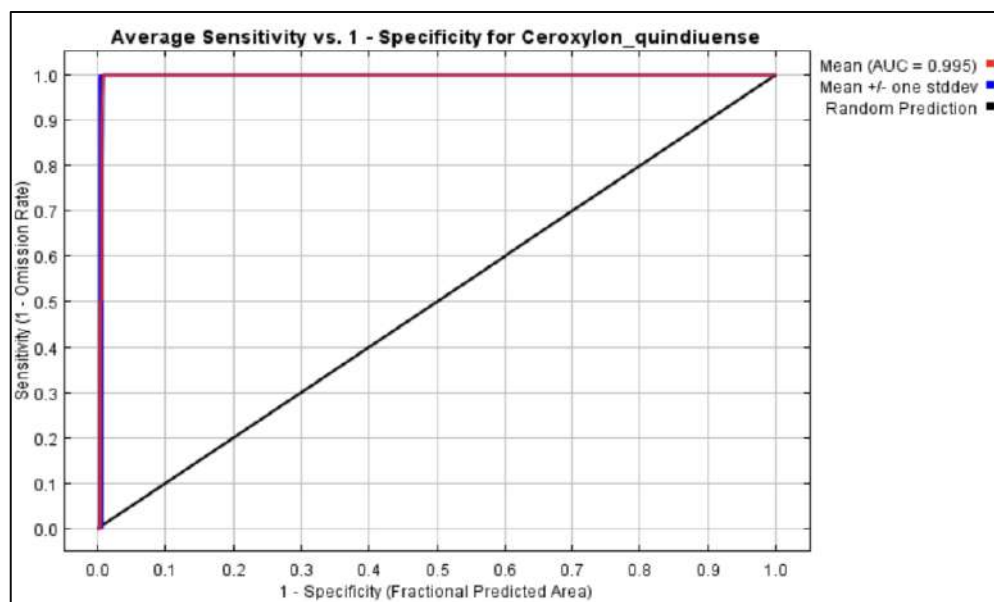
Curva de característica de funcionamiento del receptor (ROC) y AUC del modelo de *Ceroxylon quindiuense*.



Por otra parte, la figura 14, muestra el AUC promedio para la distribución futura de las 10 repeticiones a los años 2030 y 2070, lo cual se tiene un valor de 0.995 con una desviación estándar de 0.001, indicando con ello que mayor será su capacidad discriminativa, presentando un intervalo de confianza del 95% para predecir la distribución de *Ceroxylon quindiuense*.

Figura 14.

Curva de características de funcionamiento del receptor ROC y AUC del modelo de nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense* en el tiempo futuro.



3.4. Influencia de Variables

3.4.1. Porcentaje de contribución de las variables bioclimáticas

Tras el análisis de correlación de las 19 variables bioclimáticas para el ajuste del modelo que evite la multicolinealidad entre ellas, se descartaron algunas, dejando las de mayor ganancia, obteniendo las variables Bio_1 (Temperatura promedio anual), Bio_2 (Rango medio diurno), Bio_3 (Isotermalidad), Bio_5 (Temperatura máxima del período más caliente), Bio_12 (Precipitación anual), Bio_15 (Estacionalidad de la precipitación), Bio_19 (Precipitación en el trimestre más frío) con las cuales se realizó la predicción y se evaluó el aporte de las variables seleccionadas al modelo de distribución del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*.

La tabla 4, proporciona las estimaciones de contribuciones porcentuales de las variables ambientales al modelo de distribución actual (Antes de la revolución Industrial) sobre las 10 replicadas ejecutadas, siendo la variable ambiental Bio_1 (Temperatura promedio anual) con 33.4 % la que contribuyó con mayor porcentaje, beneficiando la aparición de *Ceroxylon quindiuense*, seguida de Bio_19 (Precipitación en el trimestre más frío) con 31.9 % y Bio_3 (Isotermalidad) con 21.5 %. Las variables con menor porcentaje de contribución

Bio_5 (Temperatura máxima del período más caliente) con 5.5 %, Bio_2 (Rango medio diurno (temp max-temp min, promedio mensual)) con 3.6 %, Bio_15 (Estacionalidad de la precipitación) con 3.1 % y Bio_12 (Precipitación anual) con 0.9% respectivamente.

Tabla 4.

Análisis de contribución de variables bioclimáticas.

Código	Variable	Contribución
Bio_1	Temperatura promedio anual	33.4 %
Bio_19	Precipitación en el trimestre más frío.	31.9%
Bio_3	Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100	21.5%
Bio_5	Temperatura máxima del período más caliente	5.5%
Bio_2	Rango medio diurno (temp max-temp min, promedio mensual)	3.6%
Bio_15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)	3.1%
Bio_12	Precipitación anual	0.9%

La tabla 5, proporciona las estimaciones de contribuciones porcentuales de las variables ambientales al modelo de distribución futura sobre las 10 replicadas ejecutadas, siendo la variable ambiental Bio_3 (Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100) con 37.6 % la que contribuyó con mayor porcentaje, beneficiando la aparición de *Ceroxylon quindiuense*, seguida de Bio_15 (Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)) con 22.6 % y Bio_12 (Precipitación anual) con 22.1%. Las variables con menor porcentaje de contribución Bio_5 (Temperatura máxima del período más caliente) con 11.7 %, Bio_2 (Rango medio diurno (temp máx.-temp min, promedio mensual)) con 5%, Bio_19 (Precipitación en el trimestre más frío) con 1 % y Bio_1 (Temperatura promedio anual) con 0.1% respectivamente.

Tabla 5.

Análisis de contribución de variables bioclimáticas.

Código	Variable	Contribución
Bio_3	Isotermalidad (Bio_1/Bio_7) *100	37.6 %
Bio_15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)	22.6%
Bio_12	Precipitación anual	22.1%
Bio_5	Temperatura máxima del período más caliente	11.7%
Bio_2	Rango medio diurno (temp max-temp min, promedio mensual)	5%
Bio_19	Precipitación en el trimestre más frío	1%
Bio_1	Temperatura promedio anual	0.1%

3.4.2. Prueba de Jackknife

Determinó aquellas variables ambientales con mayor importancia asociadas a la especie para su distribución actual (Antes de la revolución Industrial) y futura, debido a que el modelo asigna el aumento a las variables, lo que da como resultado tres gráficos de barras, donde se visualiza, la barra azul que representa cuando se trabajan las variables de manera aislada, es decir, únicamente sola, la barra celeste muestra la disminución de la ganancia cuando se omite u excluye, lo cual nos quiere decir que se excluye una variable y se crea un nuevo modelo con las remanentes, finalmente la barra roja la cual trabaja con todas variables para crear el modelo de distribución.

3.5. Importancia de las variables para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial).

La **figura 15** indica la importancia de las variables analizadas para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial), en la cual podemos observar que la variable

ambiental que tiene mayor ganancia es bio_19 (Precipitación en el trimestre más frío), que por lo tanto tiene la información más útil por sí misma., lo que permitirá un ajuste razonable a los datos de entrenamiento.

En la **figura 16** se observa la misma prueba de Jackknife para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial), usando AUC en datos de prueba, en la cual se muestra que la variable bioclimática bio_19 (Precipitación en el trimestre más frío) es la que predice por si sola de manera más efectiva la distribución de datos de frecuencia que se emplearon como prueba para la especie *Ceroxylon quindiuense*.

La **figura 17** presenta los resultados de la prueba de Jackknife para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial). Donde las 07 variables empleadas representan las barras de color celeste, que son más cortas o iguales a la barra de color rojo, lo que indica que el desempeño para predecir no perderá ganancia y será adecuada mientras estas sean utilizadas en el modelo. Así mismo, la variable ambiental que muestra mayor ganancia cuando se usa aisladamente es la variable bio_19, que, por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma.

Figura 15. Prueba de Jackknife de ganancia de entrenamiento regularizado para *Ceroxylon quindiuense*.

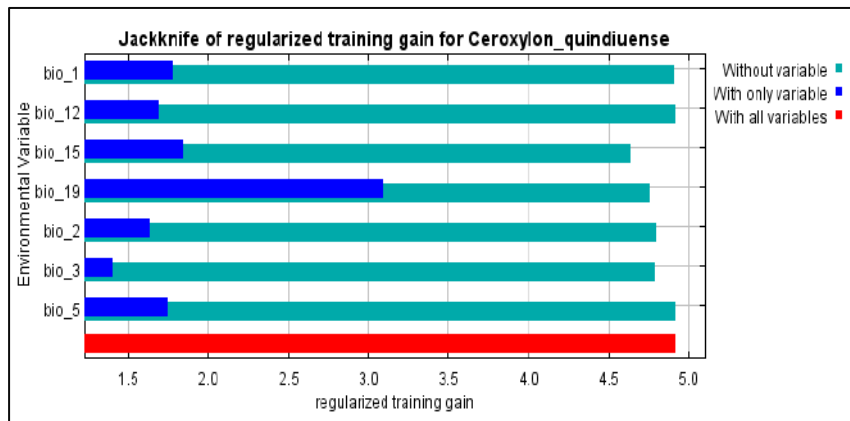


Figura 16. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC para *Ceroxylon quindiuense*.

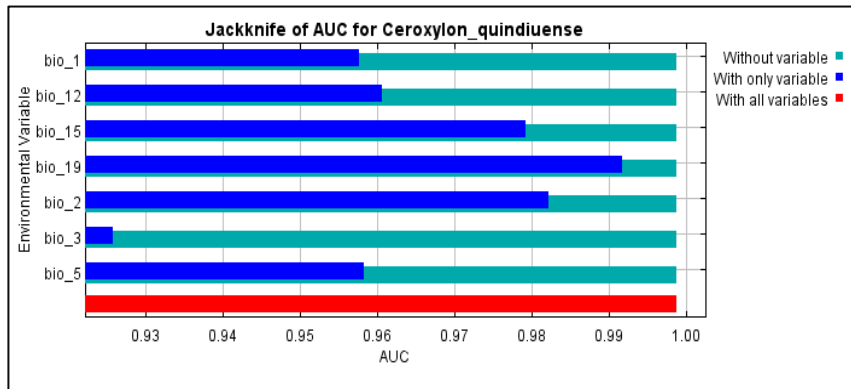
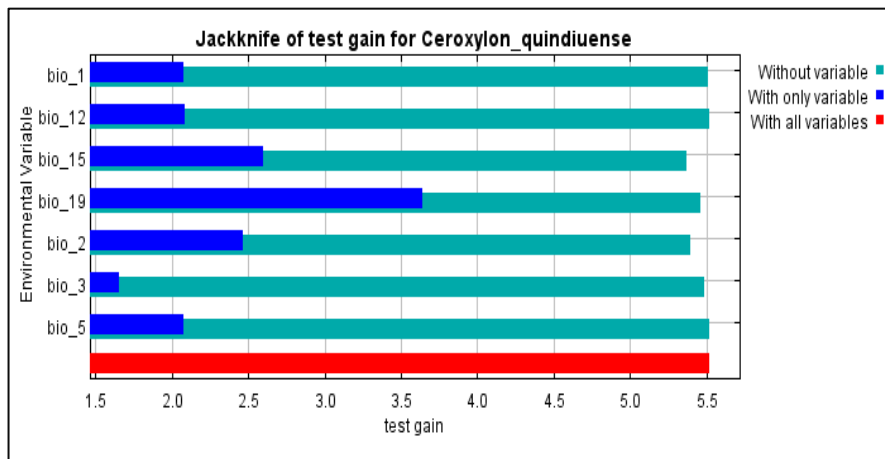


Figura 17. Prueba de Jackknife de ganancia de prueba de *Ceroxylon quindiuense*.



3.6. Importancia de las variables para el tiempo futuro

La **figura 18**, se observa el gráfico de importancia variable para el tiempo futuro, donde la variable ambiental que obtuvo mayor ganancia y se usa de manera aislada es Bio_2 (Rango medio diurno (temp máx-temp min. Promedio mensual), la cual tiene la información más útil, si esta variable ambiental se omite la ganancia tiende a disminuir, por lo que se deduce que cuenta con la mayor cantidad de información que otras variables no presentan.

En la **figura 19**, se visualiza en el último gráfico de la prueba Jackknife para el tiempo futuro, que utilizando nuevamente el AUC en los datos de prueba, mostrándonos que la variable ambiental Bio_2 (Rango medio diurno) es la que

predice por si sola de manera efectiva la distribución de datos de frecuencia que se emplearon como prueba.

En la **figura 20**, se visualiza el segundo gráfico de la prueba de Jackknife para el tiempo futuro, muestra cómo se emplea la ganancia de prueba, asimismo las 7 variables empleadas representadas en la barra celeste que son más cortas o iguales a la barra roja, lo que indica que el desempeño para predecir no perderá ganancia y será adecuada mientras estas sean utilizadas en el modelo.

Figura 18. Prueba de Jackknife de ganancia de entrenamiento regularizado para *Ceroxylon quindiuense*



Figura 19. Prueba de Jackknife correspondiente al AUC para *Ceroxylon quindiuense*

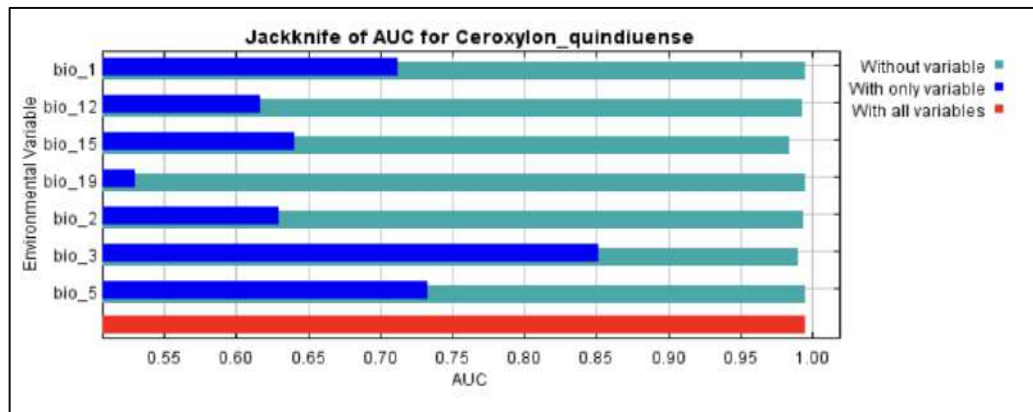
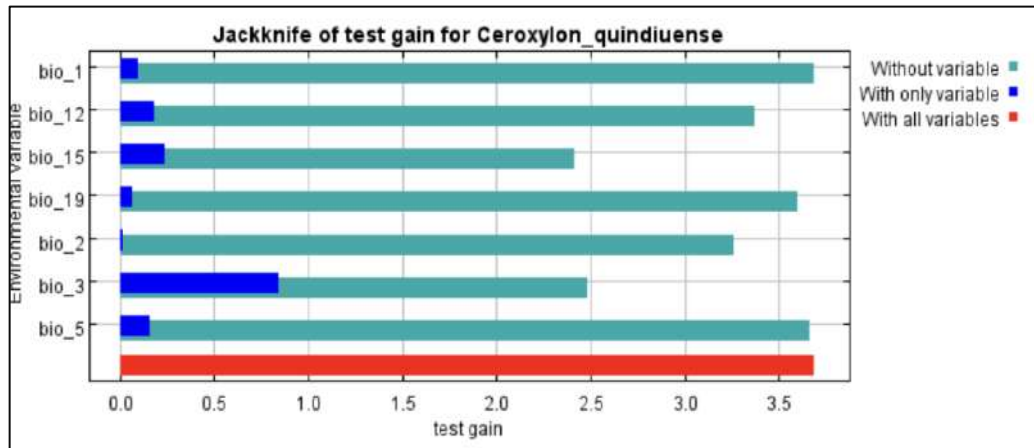


Figura 20. Prueba de Jackknife de ganancia de prueba de *Ceroxylon quindiuense*



3.7. Comparar los mapas proyectados en la distribución presente y futura, ante un eventual cambio climático.

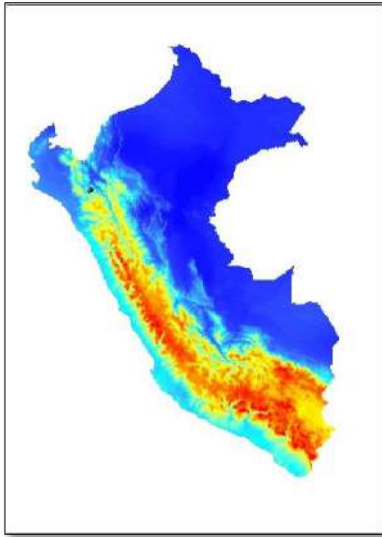
Los resultados de este trabajo de investigación se visualizan en el contexto actual de “crisis de la biodiversidad” (antes de la revolución industrial), los efectos del cambio climático (CC) y los cambios en el uso y cobertura del suelo (CUCS) sobre ecosistemas y especies. A través de comparaciones y correlaciones de variables bioclimáticas, evaluamos los datos de ocurrencia del Parque Nacional de Cutervo y los impactos potenciales en la distribución potencial de las especies de *Ceroxylon quindiuense*.

Todos los modelos resultaron estadísticamente robustos, debido a que a través del software de MaxEnt fue evaluada la importancia de cada variable en cuanto a su influencia en la distribución de la especie. Para ello se presentan las variables que fueron seleccionadas después del proceso de correlación lo cual por sí solas aportaron mayor ganancia a cada modelo y las variables que al ser excluidas decrecen la ganancia del modelo. Bio_1: Temperatura promedio anual, Bio_2: Rango medio diurno (temp max-tem min, promedio mensual), Bio_3: Isotermalidad ($\text{Bio}_1/\text{Bio}_7$) *100, Bio_5: Temperatura máxima del periodo más caliente, Bio_12: Precipitación Anual, Bio_15: Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de variación) y Bio_19: Precipitación en el trimestre más frío. La ganancia se relaciona con la desviación, una medida de precisión de ajuste. Ésta crece asintóticamente durante la realización del modelo.

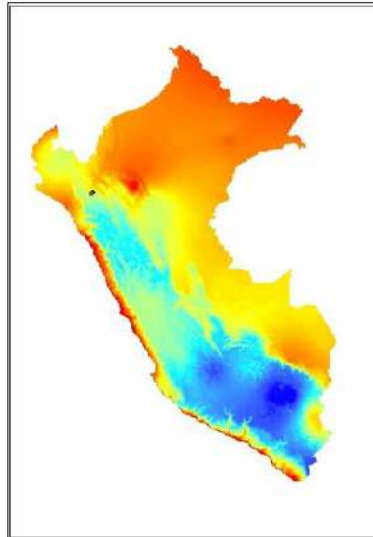
Llegando a tener como resultado que la variable bioclimática que más ha aportado al proceso de modelamiento es la variable 1 (Temperatura Anual), esto hace que al final

de la corrida, se muestre la concentración del modelo alrededor de las muestras de presencia (Phillips et al. 2006, Phillips et al. 2008).

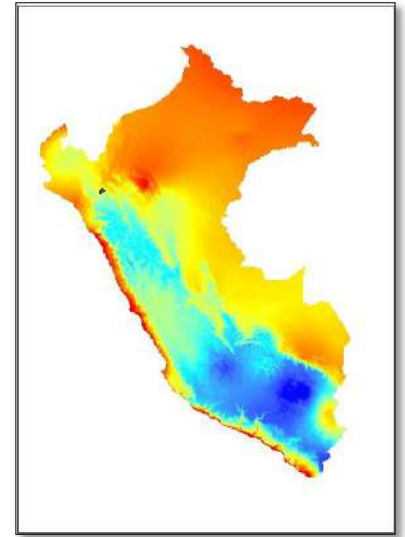
3.7.1. Las siete variables bioclimaticas que ayudaron a realizar el modelamiento.



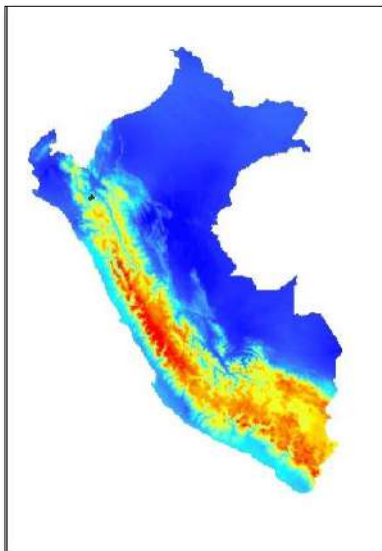
Variable_1: Temperatura promedio anual



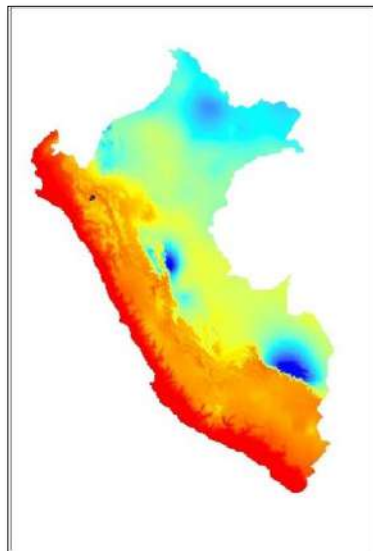
Variable_2: Rango medio diurno (temp max-tem min, promedio mensual)



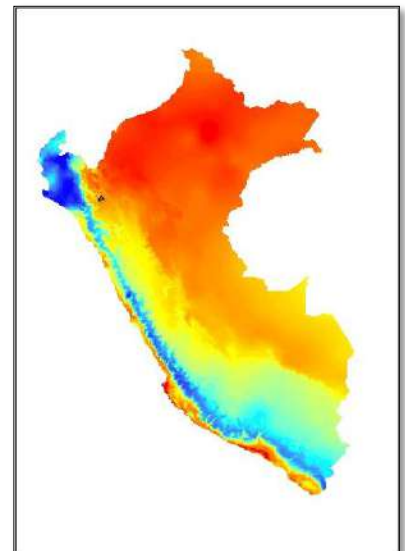
Variable_3: Isothermalidad (Bio_1/Bio_7) *100



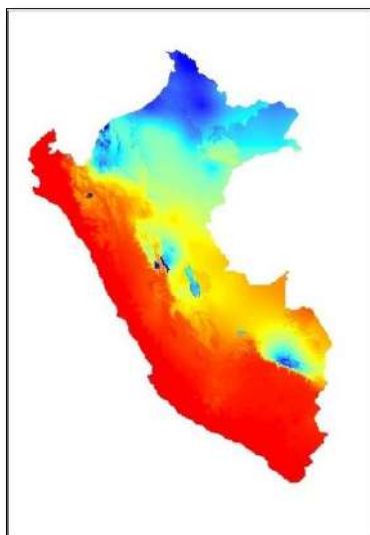
Variable_5: Temperatura máxima del periodo más caliente



Variable_12: Precipitación Anual



Variable_15: Estacionalidad de la Precipitación



Variable_19: Precipitación en el trimestre más frío

3.7.2. Modelamiento en tiempo actual (Antes de la revolución Industrial), para el año 2030 y para el año 2070.

En los mapas proyectados en la distribución presente y futura ante un eventual cambio climático dan como resultado mostrar una distribución potencial principalmente en el litoral Nororiental del Perú, indicando una posible presencia en zonas de los departamentos limitantes del país.

Las zonas para las cuales el modelo predice la presencia de la especie se caracterizan principalmente por tener ecosistemas de bosques húmedos, aunque el modelo incluye zonas de serranías al norte del país. Se modeló la distribución potencial bajo el clima contemporáneo y futuro usando MaxEnt. Para el año 2030 y el año 2070, lo cual se proyecta una amplitud del nicho ecológico para la especie *Ceroxylon quindiuense*.

Se obtuvo el mapa de distribución potencial para la especie de *Ceroxylon quindiuense*, con la evaluación del modelo área bajo la curva (AUC) = 0.999. Las variables que contribuyeron en mayor porcentaje a la capacidad predictiva del modelo fueron: Altitud, Precipitación anual y latitud llegando así a ver una mejor evaluación de ampliación de nicho.

El modelo final de nicho ecológico muestra cual es la distribución de la especie en el área del Parque Nacional de Cutervo, lo cual nos indica la idoneidad del ambiente para el desarrollo de poblaciones de esta especie, calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables bioclimáticas que actúan como predictores; esto nos ha permitido mejorar significativamente la comprensión y el monitoreo de la biodiversidad puesto que los resultados obtenidos de los análisis permiten formular estrategias de intervención mejor enfocadas e implementarlas de manera más efectiva.

3.7.3. Cambios potenciales en la distribución ante el Cambio Climático

Cuando se modeló la distribución de esta especie en distintos escenarios de cambio climático, se muestran modificaciones en su distribución. El modelo predice una expansión en el área de distribución de *Ceroxylon quindiuense* hacia el centro del país para los horizontes temporales 2030 y 2070, siendo ligeramente más acentuada en el escenario.

El modelo muestra una distribución que deja de ser disyunta y se amplía considerablemente el área de presencia potencial de la especie. Hacia el 2070, se observa una retracción del rango de distribución permitiendo ver también una extensión considerable del nicho.

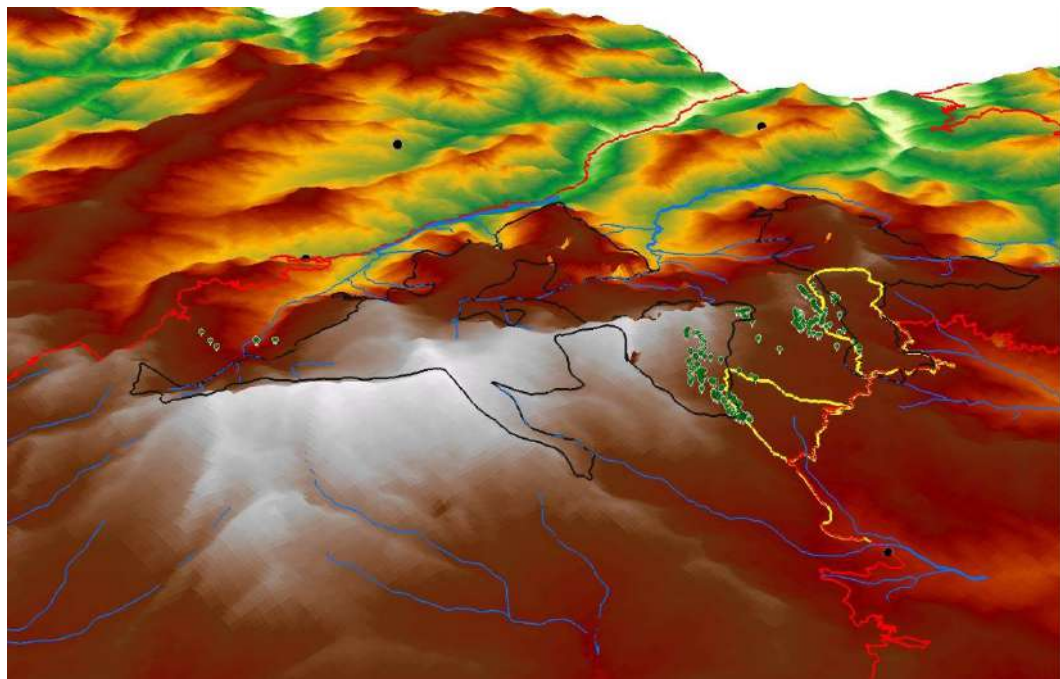
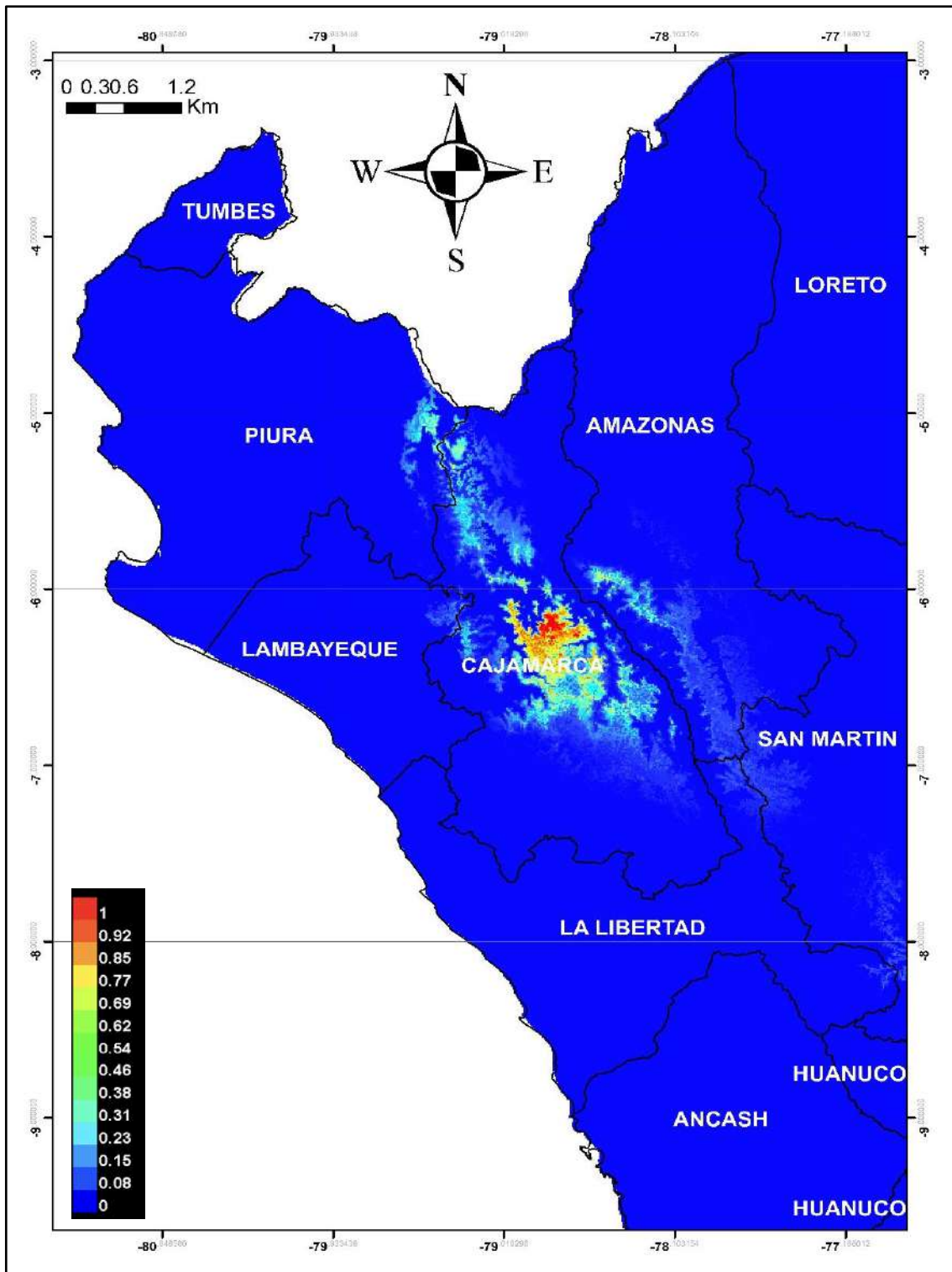


Figura 21. Distribución de los Puntos colectados en la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional de Cutervo.

Figura 22.

Distribución actual (Antes de la revolución Industrial) de la especie *Ceroxylon quindiuense*



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Figura 23.

Distribución potencial futura para el año 2030 de la especie *Ceroxylon quindiuense*.

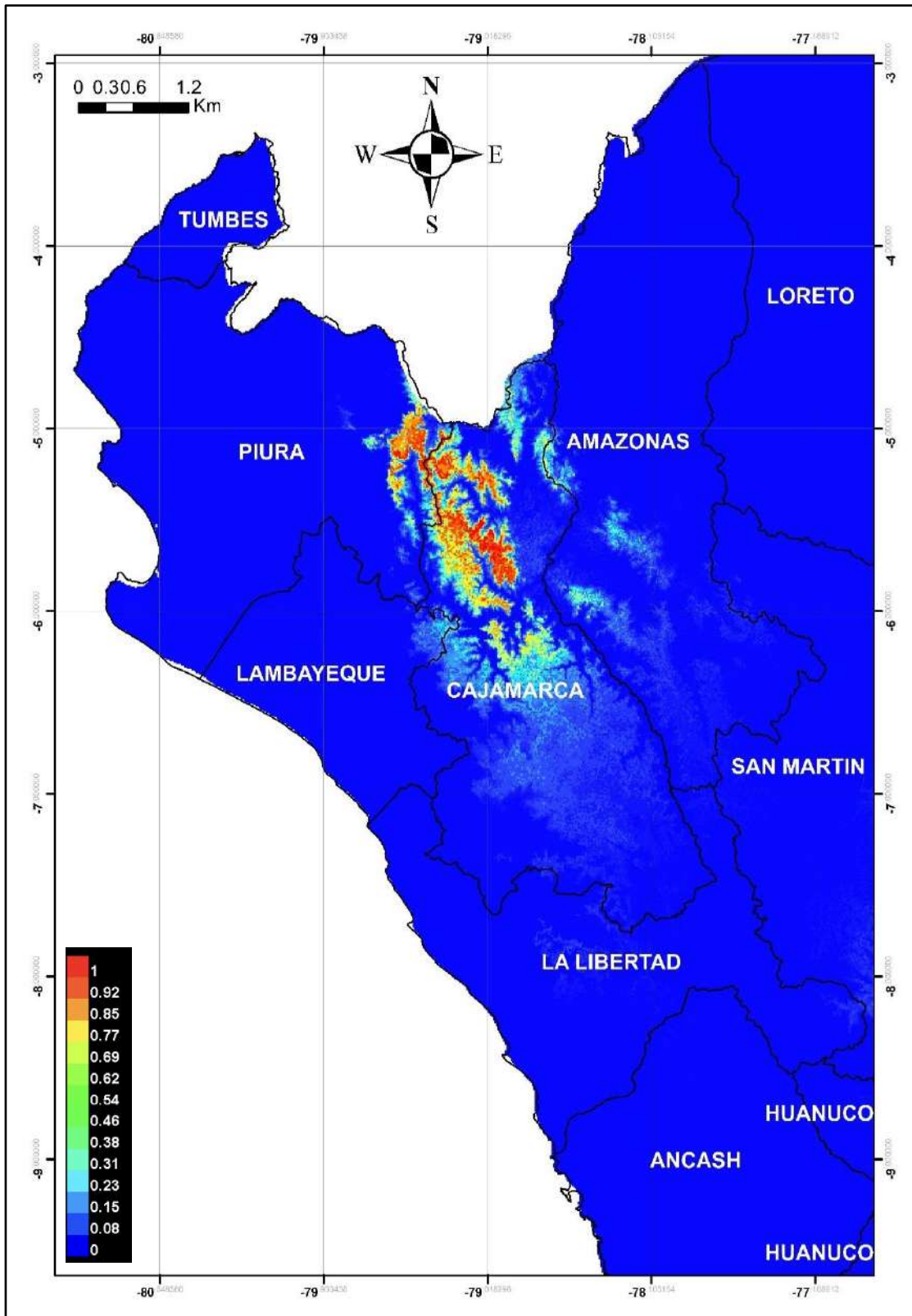
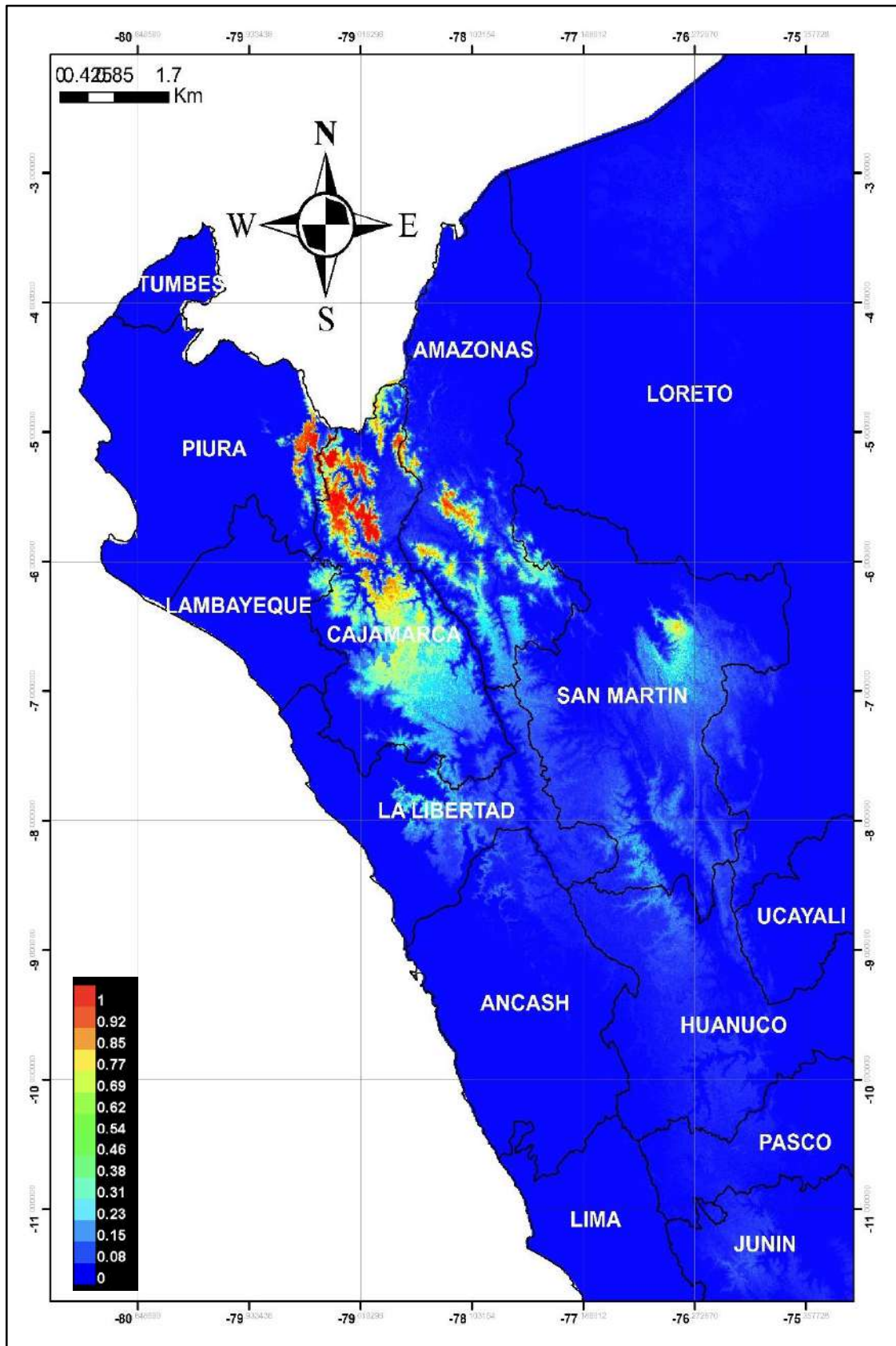


Figura 24.

Distribución potencial futura para el año 2070 de la especie *Ceroxylon quindiuense*.



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

IV. DISCUSIÓN

Ceroxylon quindiuense presenta gran importancia ecológica, logrando que autores la postulen como una especie clave y vital (Anthelme et al., 2011). Debido a que la protección del hábitat, puede ayudar a salvar a otras especies que se encuentran asociadas a *Ceroxylon quindiuense* (Pintaud et al., 2008). según Álvarez Ocampo y Molina, (2013), al usar la matriz de Leslie, aseguraron que la especie es muy frágil debido a su largo ciclo de vida, germinación lenta y crecimiento lento, lo que requiere un espacio de reproducción ideal. Como tal, busca reducir su vulnerabilidad y mantener su continuidad en el tiempo. Para esto, se elaboró una base de datos de la presencia de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo, donde se identificó y georreferenció 316 individuos, obteniendo gran presencia de puntos georreferenciados en la Zona de Uso Especial y la Zona de Amortiguamiento, y pocos puntos identificados en la zona silvestre (figura 10); debido a las diversas fuentes de presión y amenazas como: adquisiciones ilegales de tierras, infraestructura dentro del Parque Nacional, pastoreo extensivo, quema e incendios, denunció minero, tala selectiva, entre otros factores (Plan Maestro del Parque Nacional de Cutervo, 2010-2014); reduciendo su tamaño poblacional de la especie.

Nuestros resultados del análisis matemático, estadístico y gráfico basado en el principio de máxima entropía, determinó que la calidad de predicción del área de distribución de *Ceroxylon quindiuense*, mediante la prueba binominal de omisión para los modelos que se obtuvieron, es correcta, ya que la técnica de evaluación Receiver Operating Characteristics (ROC) muestra un valor de $AUC = 0.999$, para el tiempo presente, mostrando una excelente capacidad predictiva, dicho comportamiento lo corroboran Ávila et al.(2014) y Contreras et al. (2010), donde registraron valores de AUC de 0.997 y 0.971, donde ambos autores concluyeron resultados precisos. La variable de mayor importancia para el tiempo presente es Bio_1 (Temperatura promedio anual), puesto que aporta mayor ganancia con un 33.4% de contribución al modelo de nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*, y para el tiempo futuro la variable que resalta más es Bio_3 (Isotermalidad $(Bio_1/Bio_7) * 100$), con un porcentaje de contribución de 37.6%; de la cual depende el desarrollo y la regeneración de los bosques de *Ceroxylon quindiuense*,

discriminando las zonas prioritarias para la colecta como también representando aquellas para la conservación de la biodiversidad existente en el área de estudio.

Según el modelo de nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense* empleando los softwares MaxEnt y ArcGIS, el Parque Nacional de Cutervo abarca una extensión total de 82.14 Km², donde se puede evidenciar presencia de suelos orgánicos con bastante presencia de nutrientes, sombra, humedad y protección del bosque para crecer y alcanzar la madurez de la especie. Sin embargo, el cambio climático y las permutaciones en las variables climáticas, la posibilidad del movimiento de las zonas de vida a altitudes superiores genera traslado de la composición florística dentro de las áreas protegidas (Guariguata y Kattan, 2003). Por ello, se busca la permanencia de estos individuos, siendo muy importante para mantener el equilibrio de los ecosistemas andinos, ya que ellas interactúan con numerosas especies, proporcionando alimento a otras especies, como lo es el caso de los guacharos, mamíferos, e insectos, entre otros (Sanín, 2013).

En un estudio realizado por Aguilar (2015), sobre la probabilidad de presencia de especies de plantas en modelamientos, funcionó como un primer paso importante en el desarrollo de estrategias y políticas para la conservación y reintroducción de especies alto andinas. El estudio también encaja con la influencia de la perturbación humana, el cambio climático, las interacciones bióticas, las condiciones del suelo y otros factores que también afectan la presencia futura de especies. A pesar de estas limitaciones, los modelos de distribución de especies se consideran una de las herramientas más poderosas para conservar la biodiversidad bajo el cambio climático.

El cambio climático antropogénico se presenta como una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad. En este contexto, existe la necesidad de estudios basados en los futuros impactos del cambio climático de gran escala para proponer estrategias de conservación de especies en peligro de extinción (Rojas, 2020). Respecto a la especie de *Ceroxylon quindiuense*, mediante el modelamiento de su nicho ecológico en esta investigación, se puede corroborar; que mientras haya más emisión de dióxido de carbono, más aumento de temperatura y más alteraciones al medio por el cambio climático, la especie de *Ceroxylon quindiuense* a diferencia de otras plantas, esta especie se adaptará normalmente y ampliará con

el transcurrir del tiempo su distribución y su nicho ecológico. Considerando la capacidad de secuestro de carbono de la especie *Ceroxylon quindiuense* como un servicio ambiental en el Parque Nacional de Cutervo y dado que el CO₂ está relacionado con las condiciones de calidad del aire y es una condición esencial para el desarrollo de las plantas, los humanos y todos los organismos de la región, se concluyó que la especie *Ceroxylon quindiuense* juega un papel importante en el ciclo global del carbono (C), debido a que es un sumidero de carbono por excelencia, su excelente cantidad e intercambio de carbono en su biomasa, además de intercambiar carbono en la atmosfera a través de su fotosíntesis.

Según Tomás et al. (2014) mencionaron que es fundamental conocer los futuros refugios de la especie, ya que su estudio identificó cinco áreas de hábitat altamente probables donde las especies de plantas podrían asentarse en el futuro, ya que estas cinco áreas deben estar conectadas por corredores biológicos con el objetivo de asegurar el flujo de genes entre las poblaciones. Con respecto a nuestra investigación coincide debido a que hay que profundizar más el estudio para ver cómo es que esta especie se está distribuyendo por más partes del norte peruano, entonces como los frutos de estas palmeras son alimento de los guacharos (*Steatornis caripensis*), estos mediante su recorrido o migración a otros lugares, es probable que en el excremento de estas aves vaya las semillas y pues crezca la palmera en otros lugares.

Finalmente, respecto a la comparación de los mapas proyectados en la distribución presente y futura de esta especie, ante un eventual cambio climático (figura 22,23 y 24), se puede apreciar que en escenarios futuros que para la década del 2050 y 2070, hay una ampliación del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense*, generando así un área de distribución potencial por todo el norte del Perú. conduciendo de esa forma la distribución de organismos que habitan en bosques templados y montañas lo que resultaría una migración ascendente de estas palmeras. Por lo tanto, es de suma importancia conocer los refugios en el futuro de las plantas ya que nos permitirá tomar las mejores acciones para la conservación y mucho más si hablamos de áreas protegidas como lo es el primer Parque Nacional del Perú.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con nuestros resultados obtenidos a través de los objetivos trasados en nuestra investigación, se concluye lo siguiente:

- Se construyó una base de datos de 316 individuos de la presencia de *Ceroxylon quindiuense* a lo largo del Parque Nacional de Cutervo, identificando que es un área con posibilidades altas para el modelamiento del nicho ecológico.
- El análisis matemático, estadístico y gráfico basado en el principio de máxima entropía, determinó la calidad de predicción del área de distribución de *Ceroxylon quindiuense*, mediante la prueba binomial de omisión para los modelos que se obtuvieron es correcta, ya que la técnica de evaluación Receiver Operating Characteristics (ROC) muestra un valor de $AUC = 0.999$ para el tiempo actual (Antes de la revolución Industrial) y un valor de $AUC=0.995$ para el tiempo futuro, que se encuentra clasificado dentro del intervalo como “excelente”
- El modelamiento de distribución de nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense* usando el modelo de nicho climático estableció una superficie de 16.43 Km² de los puntos muestreados en el Parque Nacional de Cutervo, por otra parte, se estima que la palmera cumple con las condiciones para poder expandirse y cubrir toda el área, debido a que los andes tropicales poseen una rica y compleja composición florística.
- Los mapas proyectados en una distribución presente y futura, ante un posible cambio climático en el Parque Nacional Cutervo, brindan valiosos conocimientos sobre la adaptabilidad de la especie a las frecuentes emisiones de dióxido de carbono en el área de estudio. Estas proyecciones ofrecen un vistazo a los efectos potenciales del cambio climático en la biodiversidad del parque y sirven como una herramienta vital para los esfuerzos de conservación.

Recomendaciones

- Realizar el análisis exploratorio de datos en cuanto a las variables bioclimáticas a emplear, por medio de una matriz de correlación, para seleccionar y descartar aquellas variables que redundan de manera coherente, debido a que comparten información, evitando un sobreajuste por multicolinealidad al modelo, mejorando así el desempeño en los resultados de significancia estadística en la predicción del modelo de distribución potencial de la especie.
- Se recomienda realizar el muestreo de individuos teniendo en cuenta una distancia prudente una de otra para garantizar la variabilidad entre poblaciones, evitando que los datos de presencia obtenidos en campo se vean auto correlacionados de manera espacial y no se haga una predicción de un modelo centrado, con poca capacidad de extrapolación en el área.
- Relacionar los resultados del presente trabajo de investigación con el impacto del cambio climático, a fin de advertir las condiciones de la especie para su futura conservación.
- Implementar un programa de concientización sobre la conservación, para proteger la regeneración natural de *Ceroxylon quinduense*, siendo una especie categorizada en peligro.
- Realizar estudios de propagación de esta especie *Ceroxylon quinduense* como una alternativa de hacer frente a la baja perpetuidad de la especie, asumiendo los resultados de este presente trabajo de investigación y con miras al futuro impacto que se puede tener con el cambio climático, a fin de advertir las condiciones de la especie para su futura conservación.
- Se recomienda, encaminar proyectos de conservación donde se habiliten áreas aledañas a ellas, que permita la regeneración de los palmares, para que se dé un incremento en la extensión total de las poblaciones y en consecuencia de sus tamaños poblacionales. Las áreas parcialmente deforestadas o en sucesión albergan un alto potencial para la regeneración de palmares, dado que allí pueden sostenerse representantes de todas las clases de edad de la especie *Ceroxylon quinduense*.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthelme F., Lincango J., Gully C., Duarte N., & Montúfar R. (2011). How anthropogenic disturbances affect the resilience of a keystone palm tree in the threatened Andean cloud forest *Biological Conservation*, 144, 1059-1067.
- Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2019). Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. in Egypt. *Ecological Informatics*, 50, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.01.003>
- Aguilar-Soto, V., Melgoza-Castillo, A., Villarreal-Guerrero, F., Wehenkel, C., & Pinedo-Alvarez, C. (2015). Modeling the potential distribution of *Picea chihuahuana* Martínez, an endangered species at the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Forests*, 6(3), 692-707. <https://doi.org/10.3390/f6030692>
- Alvarez, J. C., Ocampo, L. M., & Molina, J. (2013). Dinámica poblacional de *Ceroxylon quindiuense* (H. Karst.) H. Wendl. (Arecaceae) a partir de matrices de Leslie como herramienta de conservación. Salento, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 3(1 Ene-Jun), 42-52.
- Brown, J., y Gibson, A. (1983). *Biogeography*. Toronto, London: A Tradition of Publishing Excellence.
- Borchsenius, F; Moraes, M. (2006). Diversidad y usos de palmeras Andinas (Arecaceae). *Rev Bot Ec Andes Centrales*. 2: 41233.
- Bueno, M.L., Pennington, R.T., Dexter, K.G., Kamino, L.H.Y., Pontara, V., Neves, D.M. y de Oliveira-Filho, A.T. (2016). Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. *Ecography*, 40(3), 403-414. <https://doi.org/10.1111/ecog.01860>
- Bernal, R. y Sanín, M. J. (2013). Los palmares de *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) en el valle de Cocora. Quindío: perspectivas de un ícono escénico de Colombia. *Colombia Forestal*, 16, 67–79.

- Cabana, M. (2000). Desarrollo de los modelos predictivos de la conectividad funcional de poblaciones amenazadas en Zonas de Especial Conservación de la Red Natura. [Tesis de pregrado, Universidad De A Coruña]. Repositorio institucional. https://www.udc.es/export/sites/udc/gibe/_galeria_down/FB_CACC2017/5_Informe_modelado_FV5_11.pdf_2063069239.pdf
- Chacón-Vargas, K., García-Merchán, V. H., & Sanín, M. J. (2020). From keystone species to conservation: conservation genetics of wax palm *Ceroxylon quindiuense* in the largest wild populations of Colombia and selected neighboring ex situ plant collections. *Biodiversity and Conservation*, 29(1), 283–302. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01882-w>
- Correa, D; Vargas, O. (2009). Regeneración de palmas en bosques nativos y plantaciones del Santuario de Fauna y Flora Otún–Quimbaya (Risaralda, Colombia). *Caldasia*, 21(2).
- De la Flor, M.T., y Romero, M.A.C. (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.
- Decreto Supremo N° 043-2006-AG. (13 de julio del 2006). Normas Legales, N°323527. Diario Oficial El Peruano.
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop (Version 10) [Computer software]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Galeano, G., Sanín, M. J., Mejía, K., Pintaud, J.-C., & Millán, B. (n.d.). *Novelties in the genus Ceroxylon (Arecaceae) from Peru, with description of a new species*. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htmR ev.peru.biol.15>
- Galeano, G., Bernal, R., Sanín, J.R., y Cardozo, F.Y (2015). Plan de conservación, manejo y uso sostenible de la palma de cera del Quindío (*Ceroxylon quindiuense*), Árbol Nacional de Colombia.
- Galeano, G., y Bernal, R. (2005). En: Calderón, E., G. Galeano y N. García (eds). Libro Rojo de Plantas de Colombia (Volumen 2): Palmas,

Frailejones y Zamias. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. (pp.59- 224). Instituto Alexander von Humboldt- Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Galeano, G; Bernal, R; Sanín, M; Figueroa, Y; Lopez, C; Garcia, H; Lazaro, J; Higuera, D. (2015). Plan de Conservación, Manejo y Uso Sostenible de la Palma de Cera del Quindío (*Ceroxylon quindiuense*), Árbol Nacional de Colombia. Colombia. 80 p.

Galeano, G; Sanin, M., Mejia, K., Pintaud, J; Millán, B. (2008). Novelty in the genus *Ceroxylon* (Arecaceae) from Peru, with description of a new species. Perú. biol, 65-72.

García, N. M. (Setiembre de 2011). Ajuste de Modelos de Captura de carbono para el tipo forestal Roble Raulí-Coigue y su Análisis Bioeconómico en la Reserva Nacional Mallenco-Chile. Tesis Doctoral. Córdoba, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes.

Girón, M. (2001). Bosques de Palma de Cera. Armenia: Universidad del Quindío-Pronatta. 252 p.

Girón, M; Isaza, M; Córdoba, MP. (2001). Densidad y patrón espacial de la palma de cera *Ceroxylon quindiuense* (Karst) H. Wendl. En: Bosques de Palma de Cera. Armenia: Universidad del Quindío-Pronatta. 91-103 p.

Grinnell, J. (1924). Geografía y evolución. Ecología, 5 (3), 225-229. <https://doi/abs/10.2307/1929447>

Gómez-Zapata, P. A., & Salazar-Yepes, M. (2017). Camarotella colombiana sp. nov. (Phyllachoraceae) sobre *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) en Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 275–279. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.006>

Gómez, M. A. (2021). Las palmeras de cera. Palmelit, 23.

González Pérez, M. (2001). Caracterización Molecular de la Palmera Canaria (*Phoenix Canariensis*) como base para su conservación. Tesis de

- Doctor. Las Palmas de Gran Ingeniería investiga Vol. 1 (1) Julio – diciembre, Canaria, España: DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA.
- Harper JL, White J. (1974). The demography of plants. *Am Rev Ecol System*. 5: 419-63.
- Henderson, A., Galeano, G., y Bernal, R. (1995). The palms of the Amazon. Oxford University Press, Nueva York (USA)
- IPCC. 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4 Agriculture, forestry and other land use. WMO; UNEP, Geneva.
- José, M., y Bernal, R. (2018), The palm stands of *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) in the Cocora Valley, Quindío: perspectives on an iconic Colombian landscape, *Colombia Forestal* Vol. 16(1): 67 - 79 / enero – junio.
- Kahn, F., y Granville de J.J. (1992). Palms in forest ecosystems of Amazonia. Springer Verlag, Berlin.
- León, S; Valencia, R; Pitman, N; Endara, L; Ulloa, CU; Navarrete, H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2º edición. Quito, Ecuador: Publicaciones del herbario QCA.
- Ley N° 26834. (2017). Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Martínez, B., López Camacho, R., Castillo, L. S., & Bernal, R. (2021). Phenology of the endangered palm *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) along an altitudinal gradient in Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 649–664. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.44835>
- Martínez, Blanca. (2022). Fenología de la palma amenazada *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) a lo largo de un gradiente altitudinal en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia; Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Muñoz, J., Felicísimo, A. y Mateo, R. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>

- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (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. y Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, Vol 190/3-4 p 231- 259.
- Pintaud, JC, Galeano G; Balslev, H; Bernal, R; Borchsenius F; Ferreira, E; Granville, J; J. de, Mejía, K; Millán, B; Moraes, M; Noblick, L; Stauffer, FW; Kahn, F. (2008). Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Rev. Perú. Biol.* 15, supl. 1: 7–29.
- Quispe Rojas, Wilder Rolando, & Elias Nuñez, Eduardo. (2020). Distribución potencial de los daños de puya raimondii en escenarios futuros de cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22 (2), 170-181. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.605>
- Rodríguez-Buriticá, S., Orjuela, M. A., y Galeano, G. (2005). Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: an understory palm used as foliage in Colombia. *Forest Ecology and Management*, 211(3), 329-340
- Rojas, GL. (2012). Dieta del guácharo *Steatornis caripensis* Humboldt, 1817 (Aves: Steatornithidae) en el Parque Nacional Natural Chingaza, Cundinamarca – Colombia. Tesis de Magister en Ciencia – Biología. Bogota. Colombia. 97 p.
- Sanín, MJ. (2013). Estudios ecológicos y evolutivos en *ceroxylon* (palmae: ceroxyloideae). Tesis de doctorado en Ciencias-Biología. Bogotá. Colombia Universidad Nacional de Colombia. 267 p.
- Sanín, M. J., Zapata, P., Pintaud, J. C., Galeano, G., Bohórquez, A., Tohme, J., & Hansen, M. M. (2017). Up and down the blind alley: Population divergence with scant gene flow in an endangered tropical lineage of andean palms (*ceroxylon quindiuense* clade: *Ceroxyloideae*). *Journal of Heredity*, 108(3), 288–298. <https://doi.org/10.1093/jhered/esx006>.






SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Pe).2018. SERNANP: que es un ANP (en línea). Consultado 07 jun. (2018). Disponible en <http://www.sernanp.gob.pe/ques-es-un-anp>

Van den Enynden, V; Cueva, E; Cabrera, O. (2004). Edible Palms of Southern Ecuador. Palms, 141-147.

Yáñez, D. J., Lobo, D., y Vaca, M. E. (2015). Aplicación del modelamiento de distribución de *Bradypus variegatus*, para la conservación del nicho ecológico. Palms 10-11: 44-55. <http://hdl.handle.net/10872/21416>



AGRADECIMIENTO

Primeramente, le agradezco a Dios, por ser el motor principal en mi vida, por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar este gran logro.

A mis padres por ser mis guías y brindarme su apoyo incondicional, brindándome tiempo para enseñarme nuevas cosas. Así como también a mi familia por ser mi soporte, a mis amigos, profesores, y demás personas que me apoyaron durante la etapa universitaria, en especial a aquellos que hicieron posible la realización de esta investigación y a todas aquellas personas que me apoyaron a lo largo de este proceso, que siempre tuvieron palabras de aliento y me animaron a seguir cuando más lo necesitaba.

Al Dr. Alexander Huamán Mera y a la M.Sc. Yuriko Sumiyo Murillo Domen, por compartir el conocimiento obtenido mediante su trayectoria profesional, generando nuevas oportunidades de investigación a futuros investigadores. A SeicIFA por ser un excelente grupo de futuros investigadores que guiarán este trabajo de investigación para su futura y prospera mejoría.

Finalmente, a mis amigos Ronal Diaz Diaz y Fiorela Pérez Guevara quienes me acompañaron durante el desarrollo de la ejecución del trabajo de campo de esta tesis.

¡¡¡Gracias Totales!!!

Martin Soberon

Agradezco a Dios por brindarme una familia maravillosa, quienes confían en mí de manera incondicional.

Un agradecimiento muy especial a mis asesores el Dr. Alexander Huamán Mera y la M.Sc. Yuriko Sumiyo Murillo Domen por su tiempo, paciencia y apoyo dedicado de manera constante para hacer posible y realidad el presente Informe Final de tesis.

Finalmente, agradezco a Danna Zhiomara Amaya Reyes por su tiempo y espacio brindado.

Mili Tatiana

DECIDATORIA

Con amor y orgullo dedico este trabajo:

A mis padres Emilio y Lindomira, a mi hermano Diego Alessandro por su amor y apoyo incondicional, dándome siempre ese impulso y motivación tan necesarios.

A mi familia hacedores de mi existencia y que han hecho que mi triunfo sea recompensa de sus múltiples esfuerzos y apoyos morales, económicos, sin interés alguno, quienes han sabido guiar mis pasos correctamente enseñándome a ser un hombre de bien del cual puede sentirse orgullosos, por todo su amor y cariño y brindarme seguridad y confianza en los momentos más difíciles.

A las personas que llevo en mi mente y que están presentes en todo momento, gracias por darme esa fuerza en los momentos realmente importantes.

A la memoria de mi querido abuelo Eleuterio Soberón Martínez †, por su apoyo, paciencia y consejos y por dejarme en el camino y tesoro máspreciado como es mi educación. Hoy en día le diría “Lo lograste, gracias por seguir aquí”.

Martin Soberon

A Dios en primer lugar, quien ha sido mi guía, cuya fidelidad y mano fiel me han acompañado hasta el día de hoy.

A mis padres, Ruberlinda Cervantes Ocupa y Trujidio Flores García, por su motivación, comprensión y apoyo incondicional, permitiéndome alcanzar cada una de mis metas y objetivos propuestos, y a mis hermanos Carlos Manuel y Mary Lisbeth, por su motivación y apoyo único e incomparable.

Mili Tatiana



ANEXOS

Anexo 1. Puntos de colecta de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo.

N	Departamento	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud
1	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74174	-6.23272
2	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74248	-6.23223
3	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74261	-6.23253
4	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74298	-6.23263
5	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.71296	-6.23287
6	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74294	-6.23312
7	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74264	-6.23322
8	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74249	-6.23347
9	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74227	-6.23364
10	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74254	-6.23395
11	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74261	-6.23446
12	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74309	-6.23437
13	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74360	-6.23460
14	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74428	-6.23470
15	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74451	-6.23449
16	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74446	-6.23424
17	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74441	-6.23380
18	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74477	-6.23357
19	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74534	-6.23389
20	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74557	-6.23381
21	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74612	-6.23356
22	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74669	-6.23325
23	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74689	-6.23305
24	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74728	-6.23271
25	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74787	-6.23257
26	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74859	-6.23241
27	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.7496	-6.23238
28	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74844	-6.23372
29	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74804	-6.23368
30	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74787	-6.23370
31	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74744	-6.23382
32	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74826	-6.23324
33	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74817	-6.23307
34	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75122	-6.23344
35	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75388	-6.23319
36	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75423	-6.23233
37	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75457	-6.23214
38	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75479	-6.23206
39	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75529	-6.23170
40	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75584	-6.23079
41	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75606	-6.23005
42	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75648	-6.23000

43	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75697	-6.22973
44	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75800	-6.22925
45	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74834	-6.22359
46	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74902	-6.22374
47	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75134	-6.22424
48	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75520	-6.22435
49	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75647	-6.22553
50	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75695	-6.22649
51	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75790	-6.22635
52	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75824	-6.22624
53	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75832	-6.22596
54	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75825	-6.22554
55	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75830	-6.22513
56	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75853	-6.22482
57	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75882	-6.22484
58	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75923	-6.22416
59	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75957	-6.22406
60	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75001	-6.22394
61	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76067	-6.22234
62	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76096	-6.22338
63	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76188	-6.22294
64	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76218	-6.22313
65	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76383	-6.22319
66	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76352	-6.22403
67	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76268	-6.22468
68	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75962	-6.22708
69	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75931	-6.22728
70	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75803	-6.22761
71	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75784	-6.22765
72	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75752	-6.22785
73	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75648	-6.22879
74	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75636	-6.22888
75	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75491	-6.22937
76	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75451	-6.22925
77	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.7551	-6.22958
78	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75474	-6.22979
79	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75484	-6.23022
80	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75435	-6.23014
81	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75422	-6.23050
82	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75379	-6.23043
83	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75360	-6.23100
84	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75322	-6.23118
85	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74160	-6.23277
86	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74179	-6.23272
87	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74208	-6.23223
88	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74261	-6.23254
89	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74298	-6.23263
90	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74296	-6.23287

91	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74294	-6.23312
92	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74264	-6.23322
93	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74250	-6.23347
94	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74227	-6.23364
95	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74254	-6.23395
96	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74261	-6.23446
97	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74309	-6.23437
98	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74360	-6.23460
99	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74428	-6.23470
100	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74446	-6.23424
101	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74441	-6.23380
102	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74477	-6.23357
103	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74534	-6.23390
104	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74557	-6.23381
105	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74612	-6.23356
106	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74669	-6.23325
107	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74689	-6.23305
108	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74728	-6.23271
109	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74787	-6.23257
110	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74859	-6.23241
111	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74961	-6.23238
112	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74844	-6.23372
113	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74804	-6.23368
114	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74787	-6.23370
115	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74745	-6.23382
116	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74826	-6.23324
117	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74817	-6.23307
118	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74822	-6.23306
119	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75122	-6.23343
120	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75387	-6.23319
121	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75423	-6.23233
122	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75457	-6.23214
123	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75479	-6.23206
124	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75529	-6.23170
125	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75585	-6.23079
126	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75606	-6.23005
127	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75648	-6.23000
128	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75697	-6.22973
129	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75801	-6.22925
130	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74834	-6.22359
131	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74902	-6.22374
132	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75133	-6.22424
133	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75521	-6.22435
134	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75647	-6.22553
135	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75695	-6.22649
136	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75791	-6.22635
137	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75824	-6.22624
138	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75832	-6.22596

139	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75825	-6.22554
140	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75830	-6.22513
141	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75839	-6.22506
142	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75853	-6.22482
143	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75882	-6.22484
144	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75923	-6.22416
145	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75958	-6.22407
146	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76001	-6.22394
147	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76067	-6.22341
148	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76066	-6.22336
149	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76096	-6.22338
150	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76188	-6.22295
151	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76218	-6.22313
152	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76383	-6.22319
153	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76352	-6.22403
154	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76268	-6.22468
155	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75962	-6.22708
156	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75931	-6.22729
157	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75803	-6.22761
158	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75806	-6.22760
159	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75783	-6.22765
160	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75752	-6.22785
161	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75648	-6.22879
162	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75636	-6.22888
163	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75491	-6.22937
164	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75451	-6.22925
165	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75510	-6.22958
166	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75474	-6.22979
167	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75484	-6.23022
168	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75435	-6.23014
169	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75422	-6.23050
170	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75379	-6.23043
171	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75360	-6.23100
172	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75349	-6.23118
173	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75309	-6.23136
174	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75329	-6.23087
175	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75353	-6.23025
176	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75256	-6.22962
177	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75220	-6.22955
178	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75192	-6.22910
179	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75047	-6.22930
180	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75040	-6.22961
181	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74880	-6.22943
182	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74743	-6.22996
183	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74737	-6.23008
184	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74773	-6.23032
185	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74659	-6.23053
186	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74653	-6.23027

187	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74574	-6.23031
188	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74420	-6.23235
189	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74330	-6.23262
190	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74288	-6.23218
191	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74274	-6.23212
192	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74397	-6.20122
193	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74480	-6.20015
194	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74482	-6.20020
195	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74655	-6.19897
196	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75027	-6.19851
197	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75582	-6.19557
198	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75674	-6.19393
199	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75780	-6.19005
200	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76122	-6.19022
201	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76432	-6.19200
202	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76389	-6.19205
203	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76352	-6.19212
204	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76357	-6.19253
205	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76327	-6.19253
206	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76296	-6.19254
207	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76291	-6.19282
208	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76272	-6.19266
209	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76245	-6.19295
210	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76229	-6.19298
211	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76175	-6.19340
212	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76096	-6.19329
213	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76091	-6.19339
214	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75962	-6.19362
215	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75954	-6.19421
216	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75876	-6.19518
217	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75860	-6.19510
218	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75836	-6.19526
219	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75817	-6.19550
220	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75769	-6.19552
221	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75738	-6.19538
222	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75685	-6.19555
223	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75642	-6.19548
224	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75278	-6.19898
225	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75658	-6.20064
226	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75655	-6.20070
227	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75735	-6.20046
228	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75727	-6.20015
229	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75737	-6.20004
230	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75734	-6.20000
231	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75751	-6.20013
232	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75757	-6.19978
233	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75777	-6.19959
234	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75792	-6.19972

235	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75788	-6.19973
236	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75808	-6.19956
237	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75809	-6.19956
238	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75852	-6.19955
239	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75920	-6.19971
240	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75909	-6.19987
241	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75887	-6.20009
242	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75869	-6.20031
243	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75841	-6.20007
244	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75798	-6.19998
245	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75809	-6.20023
246	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75822	-6.20038
247	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75834	-6.20046
248	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75820	-6.20049
249	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75801	-6.20047
250	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75763	-6.20069
251	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75743	-6.20080
252	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75761	-6.20087
253	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75772	-6.20118
254	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75775	-6.20120
255	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75770	-6.20145
256	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75779	-6.20165
257	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75715	-6.20180
258	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75662	-6.20205
259	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75628	-6.20224
260	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75595	-6.20252
261	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75554	-6.20245
262	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.74798	-6.20207
263	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76482	-6.20601
264	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76491	-6.20674
265	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76485	-6.20661
266	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76487	-6.20738
267	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76443	-6.20803
268	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76473	-6.20829
269	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76501	-6.20900
270	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76309	-6.20919
271	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76311	-6.20921
272	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76270	-6.20898
273	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76108	-6.20934
274	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75692	-6.21264
275	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75705	-6.21234
276	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75284	-6.21176
277	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75314	-6.19729
278	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75065	-6.19631
279	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75423	-6.19312
280	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75447	-6.19267
281	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75779	-6.19016
282	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75790	-6.18875

283	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75866	-6.18872
284	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75933	-6.18869
285	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75918	-6.18839
286	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.76376	-6.18849
287	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75491	-6.19732
288	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75504	-6.19729
289	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75506	-6.19730
290	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75545	-6.19868
291	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75508	-6.19864
292	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75423	-6.19835
293	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75402	-6.19827
294	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75410	-6.19882
295	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75521	-6.19914
296	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75561	-6.19966
297	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75516	-6.19975
298	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75533	-6.20039
299	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75567	-6.20163
300	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75467	-6.20127
301	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75373	-6.20257
302	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75328	-6.20191
303	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75236	-6.20193
304	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.75202	-6.20149
305	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.71022	-5.67908
306	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.83353	-6.28240
307	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82823	-6.28166
308	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82493	-6.28163
309	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82244	-6.28185
310	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82217	-6.28177
311	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82152	-6.27456
312	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82102	-6.27481
313	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82069	-6.27475
314	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.82038	-6.27479
315	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.81752	-6.27295
316	Cajamarca	Cutervo	San Andrés de Cutervo	-78.81699	-6.27283

Anexo 2. Solicitud de aprobación automática para SINANP.

**FORMULARIO 4.2 A
SOLICITUD DE APROBACIÓN AUTOMÁTICA**

Sumilla: Autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE.

ING. MARIO RAFAEL TAFUR ROJAS
JEFE DEL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO

A LA JEFATURA DEL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO:

Es grato dirigimos a usted para saludarlo cordialmente, esperando goce hoy de buena salud en compañía de sus seres queridos.

Nosotros, Martín Emilio Soberón Idrogo con DNI N°71641697 con domicilio para estos efectos en Av. San Juan N°1100, distrito de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, y Mili Tatiana Flores Cervantes con DNI N°71895308, con domicilio en Calle Tahuantinsuyo-Parte Baja N° 205 distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento Cajamarca, estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén

De conformidad con el procedimiento N° 4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del SERNANP, solicito autorización para realizar investigación titulada "Distribución potencial de la palmera blanca (*Ceroxylon Quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) en el Parque Nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú.", la misma que no se encuentra los supuestos:

- a) El ingreso a ámbitos de acceso restringido
- b) La colecta de muestras biológicas
- c) Alteración del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional.
- d) Uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional.
- e) Investigación en predios privados

Dicha investigación se realizará en el Parque Nacional de Cutervo; por el plazo de 180 días, para lo cual se adjunta a la presente solicitud el Plan de Investigación respectivo y la(s) fichas de datos de las personas que ingresarán a realizar la investigación.

Finalmente, declaro bajo juramento que no tengo impedimento ni inhabilitación administrativa y/o judicial para contratar con el Estado y tengo pleno conocimiento de los alcances del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM y las Disposiciones del SERNANP, por ende declaro dar fiel cumplimiento a las disposiciones y compromisos que se despendan de la emisión de la autorización.

Por lo expuesto, agradeceré a usted acceder a lo solicitado.

Cajamarca, 04 de enero de 2022



Martín Emilio Soberón Idrogo
DNI: 71641697



Mili Tatiana Flores Cervantes
DNI: 71895308

Contactarme a

Correos Electrónicos: martin.soberon@est.unj.edu.pe - mili.flores@est.unj.edu.pe

Teléfono Móvil : 959003128-925223769

Declaro bajo juramento que toda la información proporcionada es veraz, así como los documentos presentados son auténticos, en caso contrario, me someto al procedimiento y a las sanciones previstas en la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.



Anexo 3. Informe de Evaluación de Solicitud de Autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE.

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SERVICIO NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO

"PARQUE NACIONAL DE CUTERVO"

INFORME N° 003- 2022-SERNANP-PNC/E/EYMM

PARA : Msc. Ing. Mario Tafur Rojas.
Jefe del Parque Nacional de Cutervo.

DE : Ing. Yvan Malaver Mendoza.
Especialista del Parque Nacional de Cutervo.

ASUNTO : Informe de Evaluación de Solicitud de Autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE.

FECHA : 05 de enero del 2022.

Es grato dirigirme a Usted para saludarle cordialmente y presentarle el informe correspondiente a la Solicitud de Autorización para realizar investigación en el Parque Nacional de Cutervo con la investigación titulada "**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ**", presentada por los estudiantes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental **Martín Emilio Soberón Idrogo** con D.N.I **71641697**, **Mili Tatiana Flores Cervantes** con D.N.I **71895308** y colaboradores Alexander Huamán Mera con DNI N° 42094361, Yuriko Sumiyo Murillo Domen con DNI N° 47587873, Luduin Chilcón Tello DNI N° 70890478 y Evelyn Fiorela Pérez Guevara con DNI s/n.

1) ANTECEDENTES.

- Con fecha 05 de enero del 2022 se recepciona el correo electrónico de parte de **Martín Emilio Soberón Idrogo**, estudiante de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, identificado con DNI N° **71641697**, con domicilio en Av. San Juan N°1100 Cutervo, Cajamarca; adjuntando el FORMULARIO 4.2 A - Solicitud De Aprobación Automática, solicitando autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE por el plazo de seis (06) meses. La investigación lleva por título "**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ**".
- Mediante mensaje de WhatsApp del día 05 de enero del 2022, se realiza algunas recomendaciones al solicitante, con la finalidad de detallar más la información contenida en el esquema básico del plan de investigación y de esta manera enriquecer la investigación.
- Mediante mensaje de WhatsApp el día 05 de enero del 2022, el solicitante remite nuevamente el formulario 4.2.A tomando en cuenta las recomendaciones realizadas, procediéndose a continuar con el respectivo trámite de autorización por parte de la jefatura del PNC.

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SERVICIO NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO

"PARQUE NACIONAL DE CUTERVO"

- Hacer de Conocimiento al investigador y colaboradores que al recibir la Autorización de Investigación están obligados a:
 - a) Solicitar la autorización de ingreso al ANP según tu autorización de investigación otorgada para el investigador y colaboradores, indicando un cronograma con fechas precisas para el ingreso al ANP.
 - b) Presentar copia de la autorización de investigación y autorización de ingreso al personal del ANP que lo solicite.
 - c) Solo investigadores considerados en la autorización pueden ingresar al ANP para hacer trabajo en el campo.
 - d) El material audiovisual que se genere durante la investigación, será de uso exclusivo para los fines que persigue la investigación y podrá ser publicado por el SERNANP citando como fuente la investigación y autor. No podrá ser utilizado con ningún fin de lucro personal.
 - e) Confidencialidad. El titular de la autorización de investigación se compromete a guardar la confidencialidad sobre la ubicación específica de los recursos, especies amenazadas o de distribución restringida, así como áreas biológicas sensibles del ANP.
 - f) No ingresar bolsas de plástico de un solo uso, sorbetes plásticos y envases de tecnopor (poliestireno expandido) para bebidas y alimentos de consumo humano en el ámbito del ANP(s).

5) ANEXOS.

- Solicitud - FORMULARIO 4.2 A.

Es todo cuanto informo a usted, para los fines que estime convenientes.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:
MALAVER MENDOZA Ernes
Yvan FAU 20478053178 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 05/01/2022 11:58:40-0500

Cc/Arch EYMM-
2022

Anexo 4. Resolución del jefe del Parque Nacional de Cutervo N° 001- 2022- SERNANP-PNC-JEF



RESOLUCIÓN DEL JEFE DEL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO

N° 001-2022-SERNANP-PNC-JEF

Cutervo, 05 de enero del 2022.

VISTO:

El Informe Técnico N° 003- 2022-SERNANP-PNC/E/EYMM, de fecha 05 de enero del 2022, a través del cual se evalúa la solicitud presentada por los Señores: MARTÍN EMILIO SOBERÓN IDROGO con D.N.I. 71641697 y MILI TATIANA FLORES CERVANTES con D.N.I. 71895308, para realizar investigación en el Parque Nacional de Cutervo, con el título: "DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ"

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la creación del Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado – SERNANP, como un organismo público, 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 técnico - normativa;

Que, en este marco el literal h) del artículo 27° del Decreto establece como funciones de las Jefaturas de las Áreas Naturales Protegidas la de autorizar el ingreso para realizar investigación científica y antrópica;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2012-MINAM, se aprueba el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del SERNANP; cuyo procedimiento administrativo N° 4, regula la autorización para realizar investigación científica en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 287- 2015-SERNANP, de fecha 23 de diciembre del 2015, se aprueba las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas, en materia de investigación, la misma que establece las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas



Firmado digitalmente por:
TAFUR ROJAS Mario Rafael
FAU 20478053178 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05/01/2022 17:07:39-0500

Que, mediante Ley N° 13694 se crea el Parque Nacional Cutervo (PNC) y se amplía por Ley 28860; tiene una extensión de 8,214.23 hectáreas y se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, en la provincia de Cutervo, circunscrito sobre los distritos de San Andrés de Cutervo, Santo Tomas, Pimpingos, Santa Cruz de Cutervo, Callayuc y Santo Domingo de La Capilla. El PNC, tiene la categoría de Uso Indirecto y sus objetivos de creación y conservación son:

- Conservar las grutas de San Andrés y su colonia de guácharos.
- Proteger la flora y fauna del lugar, en especial la colonia de los guácharos (*Steatornis caripensis*).
- Conservar la belleza escénica de la cordillera de los tarros.

Que, mediante Resolución Presidencial N°031-2017-SERNANP, se aprueba el Plan Maestro del Parque Nacional de Cutervo por el periodo de 05 años (2017 – 2021); en él, se especifica la Visión, Objetivos, y las líneas de acción para la gestión efectiva del Área Natural Protegida; en relación a las investigaciones, indica que estas deben realizarse con la finalidad de promover el conocimiento científico del Área Natural Protegida;

Que, mediante Resolución Presidencial N°298-2018-SERNANP, de fecha 06 de diciembre del 2018, se le designa al señor Mario Rafael Tafur Rojas, con DNI N° 16716171, como Jefe del Parque Nacional de Cutervo;

Que, vía correo electrónico, el día 05 de enero del 2022, los investigadores presentan el FORMULARIO 4.2 A - Solicitud De Aprobación Automática, solicitando autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE por el plazo de seis (06) meses; La investigación lleva por título "DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ".

Que, evaluada la solicitud presentada, se ha verificado que cumple con los requisitos exigidos en la Resolución Presidencial N° 287- 2015-SERNANP; además, se cumple con los procedimientos establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2012-MINAM, por lo que resulta procedente el otorgamiento de la autorización correspondiente

Que, en uso de las atribuciones por lo precedido;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°. - Otorgar autorización a los Señores: MARTÍN EMILIO SOBERÓN IDROGO y MILI TATIANA FLORES CERVANTES, a realizar investigación en el Parque Nacional de Cutervo, titulada: "DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ",

ARTICULO 2°. – La autorización tiene una vigencia de 06 meses (enero 2021 – junio 2022); y, acredita a sus colaboradores el ingreso al Parque Nacional de Cutervo (Tabla 01: Relación de colaboradores de la investigación)



Firmado digitalmente por:
TAFUR ROJAS Mario Rafael
FAU 20478053178 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05/01/2022 17:08:07-050

Tabla 01: Relación de colaboradores de la investigación

NOMBRES Y APELLIDOS	NÚMERO DE DNI
Alexander Huamán Mera	42094361
Yuriko Sumiyo Murillo Domen	47587873
Luduín Chilcón Tello	70890478
Evelyn Fiorela Pérez Guevara	

ARTICULO 3°. - Mediante la presente resolución, el investigador, adquiere los siguientes compromisos:

- Deberá informar con anticipación el ingreso al Parque Nacional de Cutervo; así mismo, del personal que le acompañará (identificados en la Tabla 01).
- Deberá aplicar todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de la investigación
- Deberá entregar a la Jefatura del Parque Nacional de Cutervo, una copia físico y digital una vez publicado los resultados de la investigación (archivos base); así mismo autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP
- El material audiovisual que se genere durante la investigación, será de uso exclusivo para los fines que persigue la investigación y podrá ser publicado por el SERNANP, citando como fuente la investigación y autor. No podrá ser utilizado con ningún fin de lucro personal.
- Confidencialidad; el titular de la autorización de investigación se compromete a guardar la confidencialidad sobre la ubicación específica de los recursos, especies amenazadas o de distribución restringida, así como áreas biológicas sensibles del ANP.
- No ingresar bolsas de plástico de un solo uso, sorbetes plásticos y envases de tecnopor (poliestireno expandido) para bebidas y alimentos de consumo humano en el ámbito del ANP(s).

ARTICULO 4°. - Comunicar al interesado para las coordinaciones respectivas con la Jefatura del Parque Nacional de Cutervo

ARTICULO 5°. - Comunicar y solicitar a la Dirección General de Áreas Naturales Protegidas – DGANP, la publicación de la presente Resolución en la página web institucional: www.sernanp.gob.pe

Regístrese y comuníquese.

Msc.Ing. Mario Rafael Tafur Rojas

Jefe del Parque Nacional de Cutervo
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SERNANP



Firmado digitalmente por:
TAFUR ROJAS Mario Rafael
FAU 20478053178 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 05/01/2022 17:08:17-0500

Anexo 5: Oficio de autorización de ingreso con fines de investigación al Parque Nacional de Cutervo

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO
PARQUE NACIONAL DE CUTERVO

Cutervo, 05 de enero del 2022

OFICIO N°004-2022-SERNANP-DGANP-PNC-J/MTR

Señores.

MARTÍN EMILIO SOBERÓN IDROGO
MILI TATIANA FLORES CERVANTES
Investigadores
Presente. –

Asunto: Autorización de investigación del proyecto titulado:
"DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA
(*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE
NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ"

Es grato dirigirme a Ustedes para saludarles cordialmente y, en relación al asunto les informo que su solicitud de autorización de investigación del proyecto titulado: "DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PALMERA BLANCA (*Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ", ha sido aprobado; en tal sentido se le remite la RESOLUCIÓN DEL JEFE DEL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO - N° 001-2022-SERNANP-PNC-JEF

Agradeciendo realizar las coordinaciones respectivas para el ingreso al Área Protegida, me despido

Atentamente

Msc. Ing. Mario Tafur Rojas

Jefe del Parque Nacional de Cutervo
SERNANP


Arch_J/2022
MTR



Firmado digitalmente por:
TAFUR ROJAS Mario Rafael
FAU 20478063178 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 05/01/2022 17:16:32-0500

Av. San Juan 730 – Cutervo – Cajamarca
www.sernanp.gob.pe
0051-076-437457 / 968218420

Anexo 6. Autorización de Ingreso por puesto de control en el Parque Nacional de Cutervo

 **MARTIN EMILIO SOBERON IDROGO** <martin.soberon@est.unj.edu.pe>

SOLICITO INGRESO AL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO CON FINES DE INVESTIGACIÓN

Mario Rafael Tafur Rojas <mtafur@semanp.gob.pe> 2 de agosto de 2022, 12:23
Para: martin.soberon@est.unj.edu.pe
Cc: "Ermes Y. Malaver Mendoza" <emalaver@semanp.gob.pe>

Estimado: MARTIN EMILIO SOBERON IDROGO

Previo saludo, a través del presente autorizo el ingreso al Parque Nacional de Cutervo con fines de investigación.

Agradezco acercarse al Puesto de Vigilancia y Control de San Andrés (Av. Salomon Vilchez S/N - ciudad de San Andrés de Cutervo), imprimiendo el preente


Att


Msc. Ing. Mario Tafur Rojas
Jefe del PNCutervo

De: "pncutervo" <pncutervo@semanp.gob.pe>
Para: "Mario Rafael Tafur Rojas" <mtafur@semanp.gob.pe>
Enviados: Martes, 2 de Agosto 2022 12:18:53
Asunto: Fwd: SOLICITO INGRESO AL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO CON FINES DE INVESTIGACIÓN

De: "MARTIN EMILIO SOBERON IDROGO" <martin.soberon@est.unj.edu.pe>
Para: "pncutervo" <pncutervo@semanp.gob.pe>
CC: "Ermes Y. Malaver Mendoza" <emalaver@semanp.gob.pe>
Enviados: Lunes, 1 de Agosto 2022 17:12:15
Asunto: SOLICITO INGRESO AL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO CON FINES DE INVESTIGACIÓN

[El texto citado está oculto]

 Carta N° 01 Solicito Ingreso al PNC.pdf
194K

 *EM*
Fecha 16-08-22

Mario Tafur

EM

AL

Jesús

Anexo 7: Portal de descargas.

- a. Portal WordClim para descargas de capas bioclimáticas.

Link: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>

WorldClim Home

Historical climate data

This is WorldClim version 2.1 climate data for 1970-2000. This version was released in January 2020.

There are monthly climate data for minimum, mean, and maximum temperature, precipitation, solar radiation, wind speed, water vapor pressure, and for total precipitation. There are also 19 "bioclimatic" variables.

The data is available at the four spatial resolutions, between 30 seconds (~1 km²) to 10 minutes (~340 km²). Each download is a "zip" file containing 12 GeoTiff (.tif) files, one for each month of the year (January is 1, December is 12).

variable	10 minutes	5 minutes	2.5 minutes	30 seconds
minimum temperature (°C)	tmin 10m	tmin 5m	tmin 2.5m	tmin 30s
maximum temperature (°C)	tmax 10m	tmax 5m	tmax 2.5m	tmax 30s
average temperature (°C)	tavg 10m	tavg 5m	tavg 2.5m	tavg 30s
precipitation (mm)	prec 10m	prec 5m	prec 2.5m	prec 30s
solar radiation (kJ m ⁻² day ⁻¹)	srad 10m	srad 5m	srad 2.5m	srad 30s
wind speed (m s ⁻¹)	wind 10m	wind 5m	wind 2.5m	wind 30s
water vapor pressure (kPa)	vapr 10m	vapr 5m	vapr 2.5m	vapr 30s

Below you can download the standard (19) WorldClim Bioclimatic variables for WorldClim version 2. They are the average for the years 1970-2000. Each download is a "zip" file containing 19 GeoTiff (.tif) files, one for each month of the variables.

variable	10 minutes	5 minutes	2.5 minutes	30 seconds
Bioclimatic variables	bio 10m	bio 5m	bio 2.5m	bio 30s

- b. Portal Geoservidor Perú para descarga de shaples de ecorregiones, limite departamental y distrital Link: <https://geoservidor.minam.gob.pe/>

Aplicaciones Gmail YouTube Maps Noticias Traducir

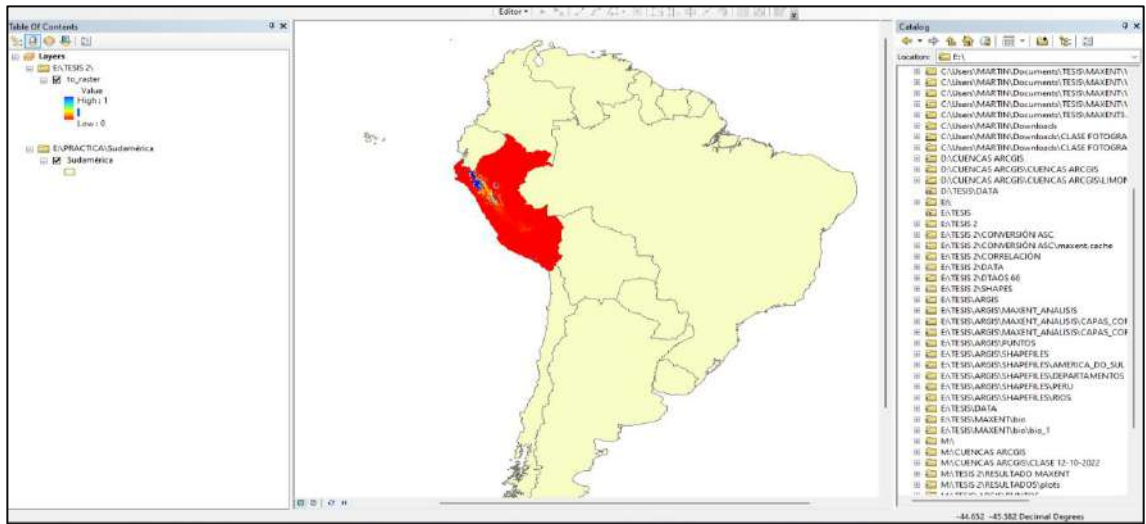
PERU Ministerio de Ambiente geoservidor

ACERCA DEL GEOSERVIDOR SERVICIOS DE CONSULTA MONITOREO Y EVALUACIÓN PUBLICACIONES CONTACTO

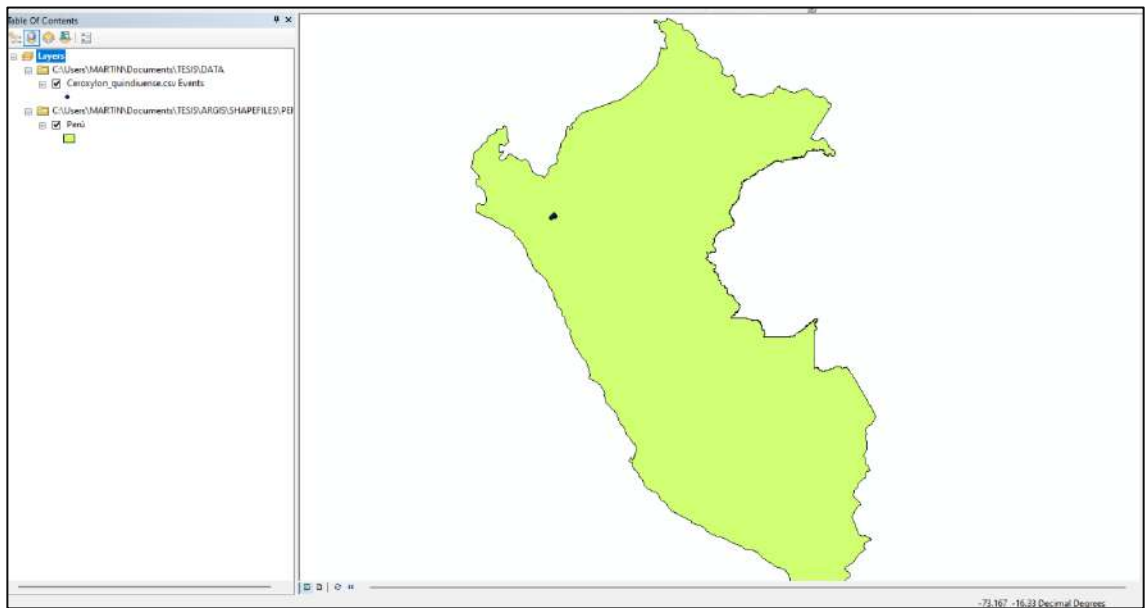
PLATAFORMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL AMBIENTAL

Anexo 8. Proceso gráfico

a) Exportación del mapa de Perú



b) Ingreso de puntos colectados en campo.



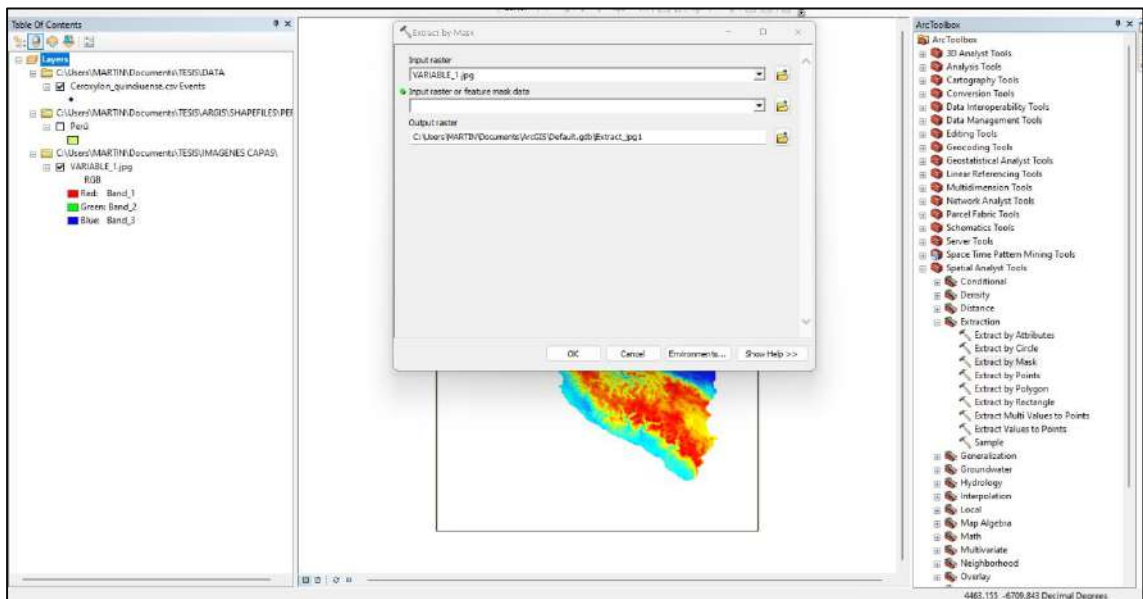
Martín

Elm

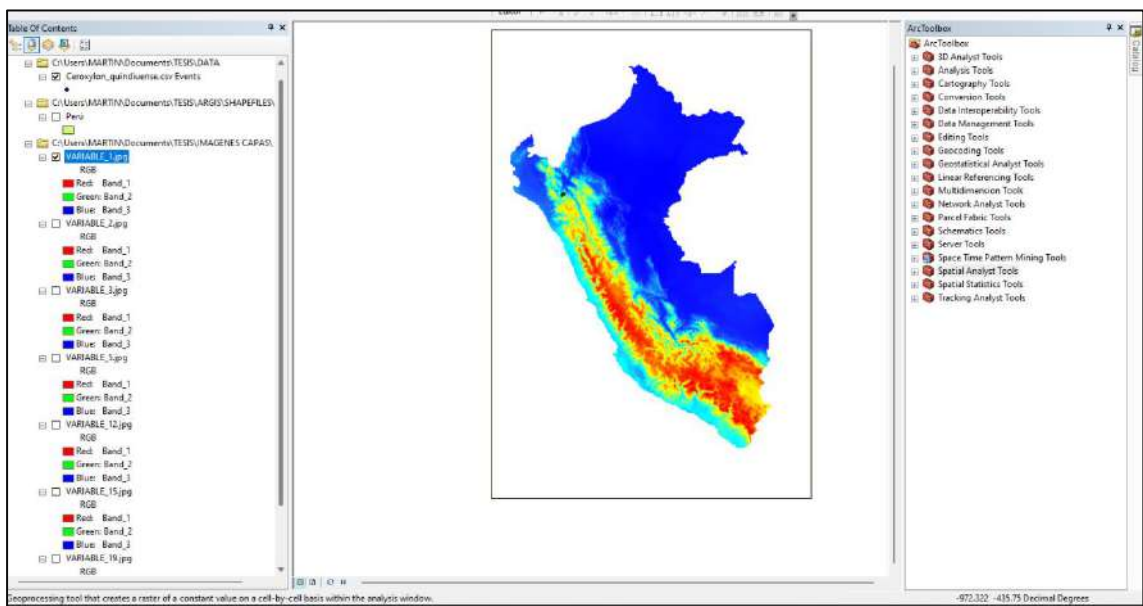
AL

Jesús

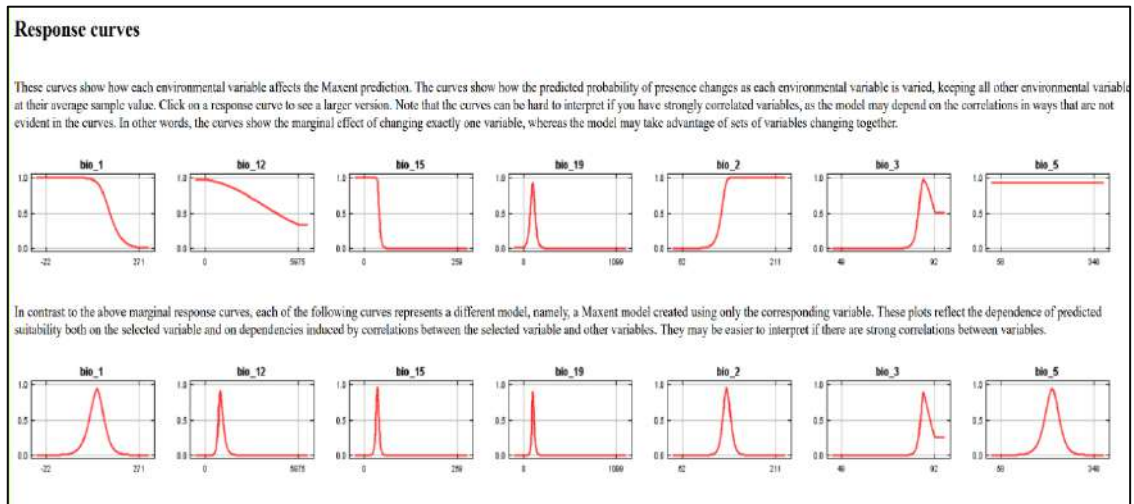
c) Recorte de capas bioclimáticas al área de estudio



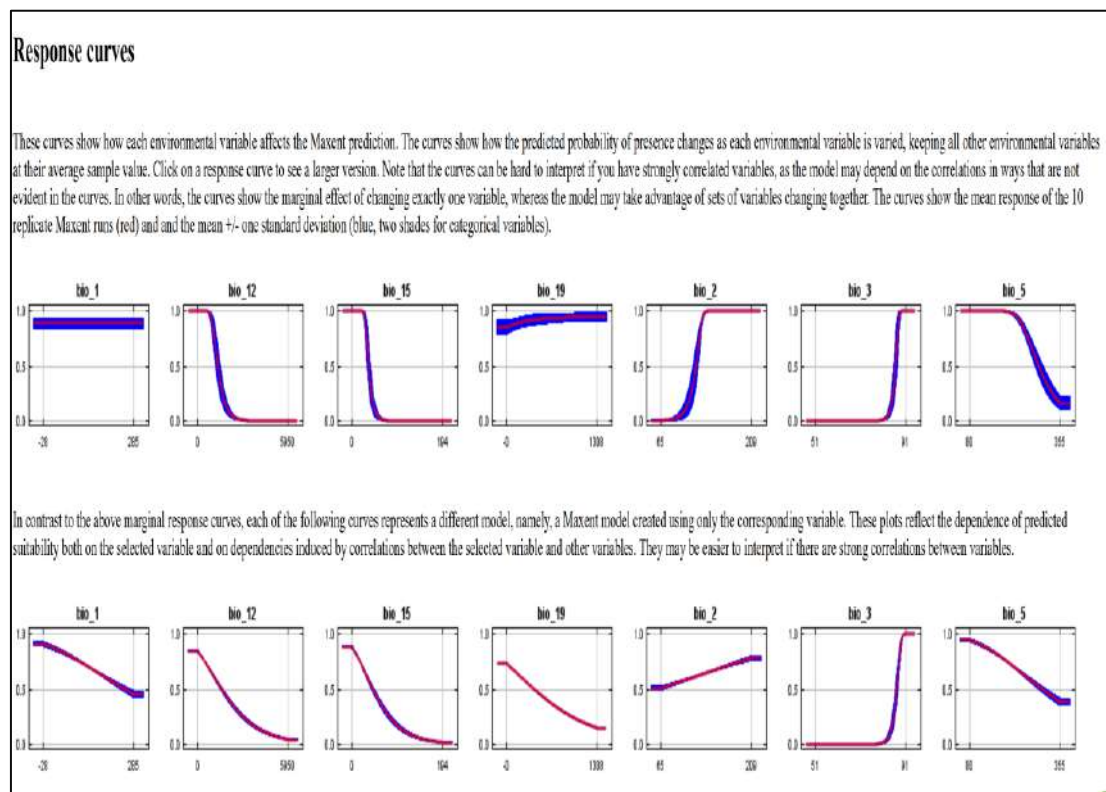
d) Agregado de las siete capas bioclimáticas al área de estudio



Anexo 9: Curvas de respuesta de las variables bioclimáticas seleccionadas en tiempo actual (Antes de la revolución Industrial).



Anexo 10: Curvas de respuesta de las variables bioclimáticas seleccionadas en tiempo futuro.



M. J. P.

E. J. P.

A. J.

J. J. P.

Anexo 11: Tabla de recolección de datos de ejemplares de Palmera Blanca (*Ceroxylon quindiuense*)

N° DE PALMERA	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTURA	OBSERVACIONES
		Latitud	Longitud		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Anexo 12: Panel Fotográfico



Fotografía 1. Identificación de individuos de *Ceroxylon quindiuense*



Fotografía 2. Ubicación de *Ceroxylon quindiuense* en bosque montano.

M. J. P.

E. H.

A. C.

J. S. D.



Fotografía 3. Ingreso al área protegida



Fotografía 5. Tesistas Investigadores



Fotografía 6. Georreferenciación de los individuos de *Cerroxylon quindiuense*



Fotografía 7. Georreferenciación de los puntos más altos geográficamente.

M. J. P.

E. H.

A. G.

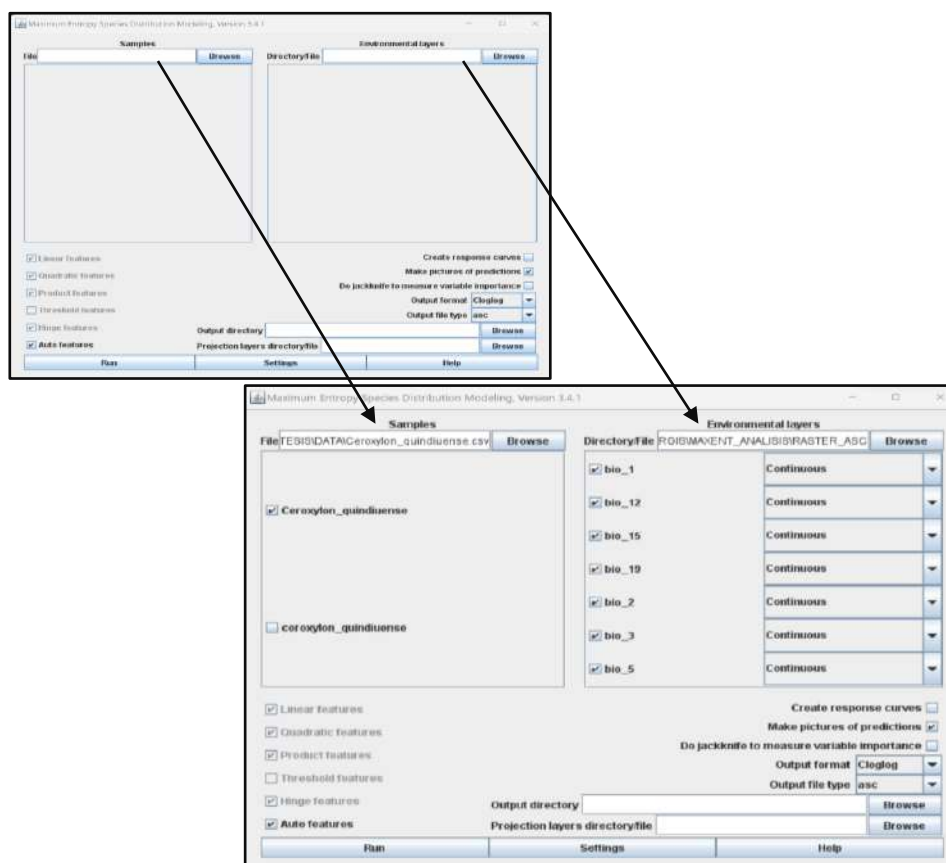
J. S. D.

Anexo 13. Ejecución del modelo de distribución potencial en MaxEnt para tiempo Presente.

Al conseguir la base de datos de presencia y variables bioclimáticas predictoras de acuerdo a los formatos requeridos por el software MaxEnt, se ingresa a su interfaz la cual presenta 3 áreas de trabajo: el panel izquierdo denominado “Samples” donde se ingresa el archivo de coordenadas geográficas de la especie que se va modelar en formato (csv), por otro lado hacia el panel derecho denominado “Environmental layers” se agregaron los rásters provenientes de las variables bioclimáticas seleccionadas para el modelamiento en formato ASCII (asc).

Imagen 1.

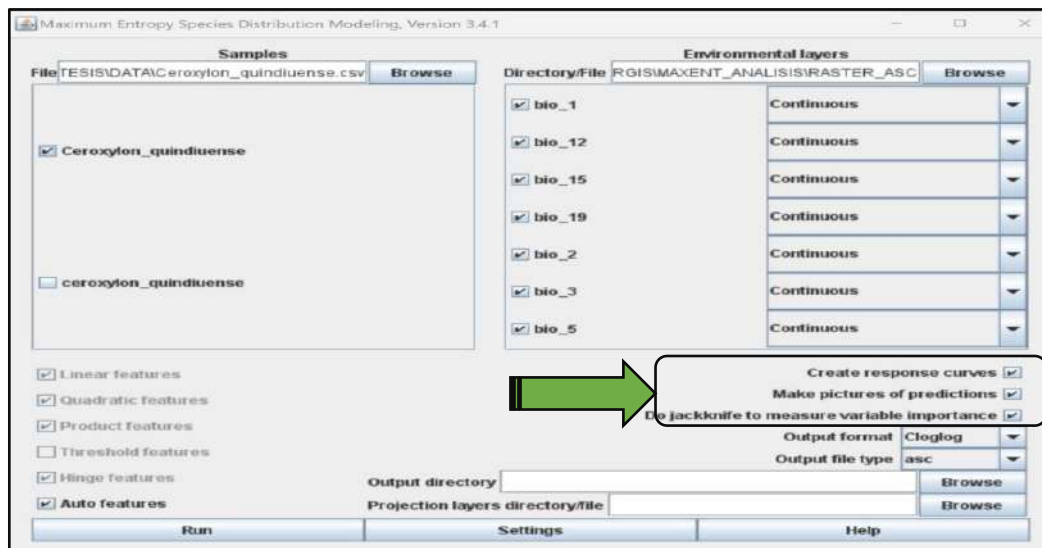
Interface de MaxEnt con archivos del estudio en los paneles de trabajo “Samples” y “Environmental layers”.



En la imagen 2, en la parte inferior de la pantalla encontramos la configuración del análisis, donde activamos los indicadores “Create response curves”, “Make pictures of predictions” y “Do jackknife to measure variable importance”, estableciendo el rango de distribución ligado a cada una de las variables predictoras, como gráficas y un test de contribución de cada variable.

Imagen 2.

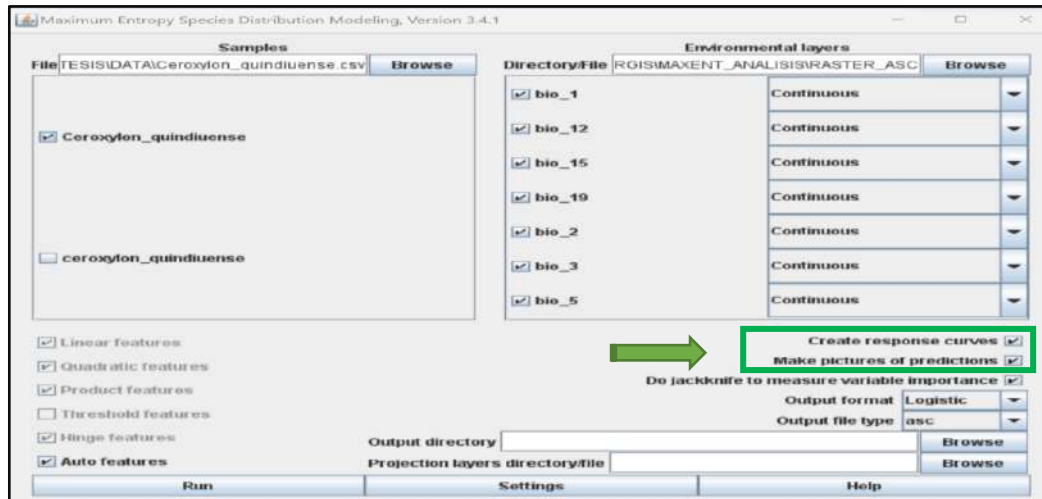
Activación de indicadores en el área inferior de trabajo de MaxEnt



En la imagen 3, nos dirigimos hacia “Output format” donde seleccionamos la opción Logistic, puesto que nos brinda una estimación de 0 a 1 para la probabilidad de presencia de la especie en estudio y en “Output file type” seleccionamos formato (asc).

Imagen 3.

Selección de las opciones “Logistic” y “asc” en el área inferior de trabajo de MaxEnt.



En la imagen 4, la sección “Output directory” indicamos en que carpeta se han de guardar los resultados a obtener tras la ejecución de dicho software y debemos tomar en cuenta que la opción “Auto features” se encuentre seleccionada

Imagen 4.

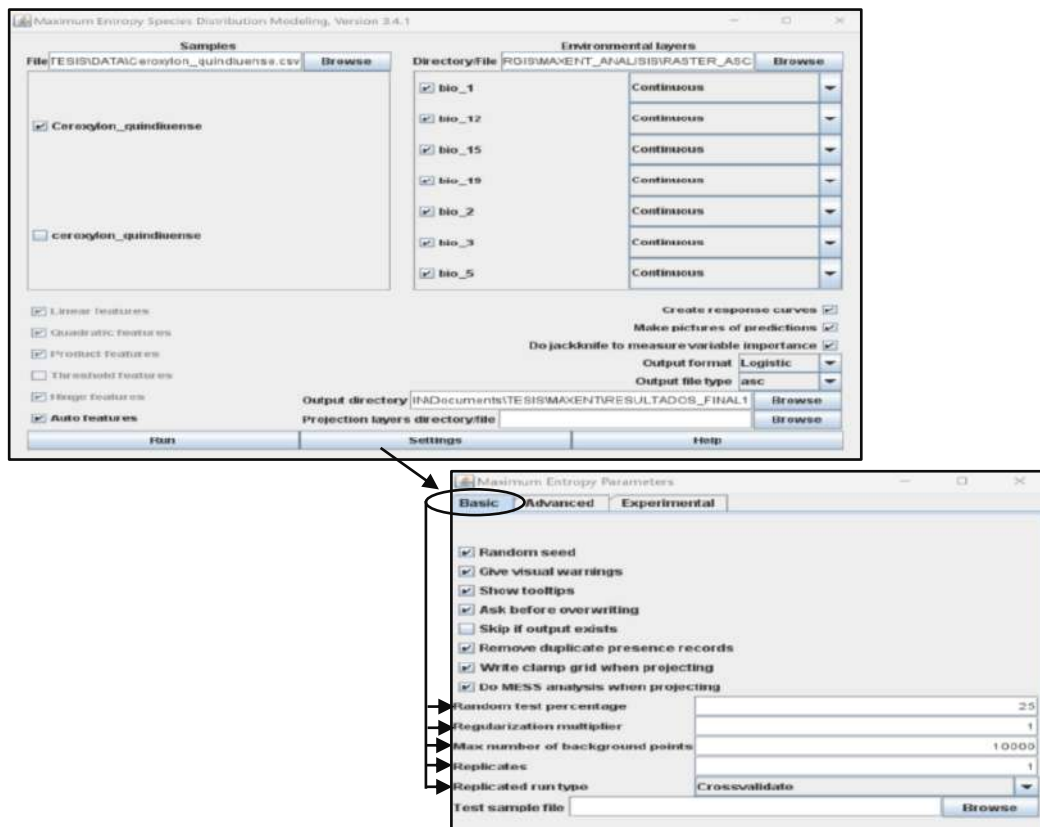
Selección de una carpeta destino para guardar los resultados del análisis y la activación de la opción “Auto features”.



La imagen 5, muestra que al dar click en “Settings” tendremos las pestañas Basic, Advanced y Experimental. En la pestaña “Basic” se verificó la selección de las opciones Give visual warnings, Show tooltips, Ask before overwriting, Remove duplicate presence records, Write clamp grid when projecting, Do MESS analysis when projecting y que en el apartado train Random test percentage, colocamos 25 lo cual va indicarle al programa que debe escoger de manera aleatoria y tomar el 25% de los registros que se tiene de muestras para emplearlo en el modelo para llevar a cabo análisis estadísticos. Asimismo, en el apartado “Max number of background points” se coloca el número 10 000 que representa los puntos de control de manera aleatorio en el área de estudio y muestra la variabilidad de variables bioclimáticas que se tiene en la base de datos. Por otro lado, en el apartado “Replicate run type” seleccionamos la opción Crossvalidate.

Imagen 5.

Activación de opciones en la pestaña “Basic” de la interfaz



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

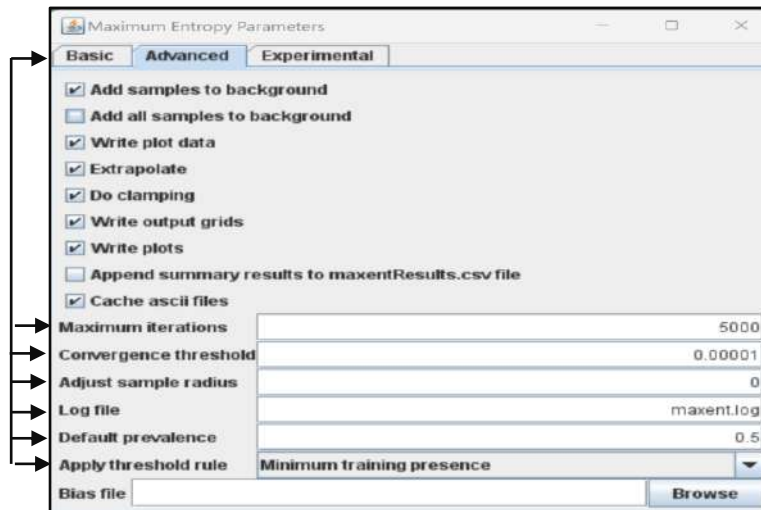
[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

De acuerdo a la imagen 6, en la pestaña “Advanced”, debe tener un valor de 500 en el Maximum iterations, y en Default prevalence por defecto el valor de 0.5 y en la opción Apply threshold rule tiene que estar activa en comando de Minimum training presence.

Imagen 6.

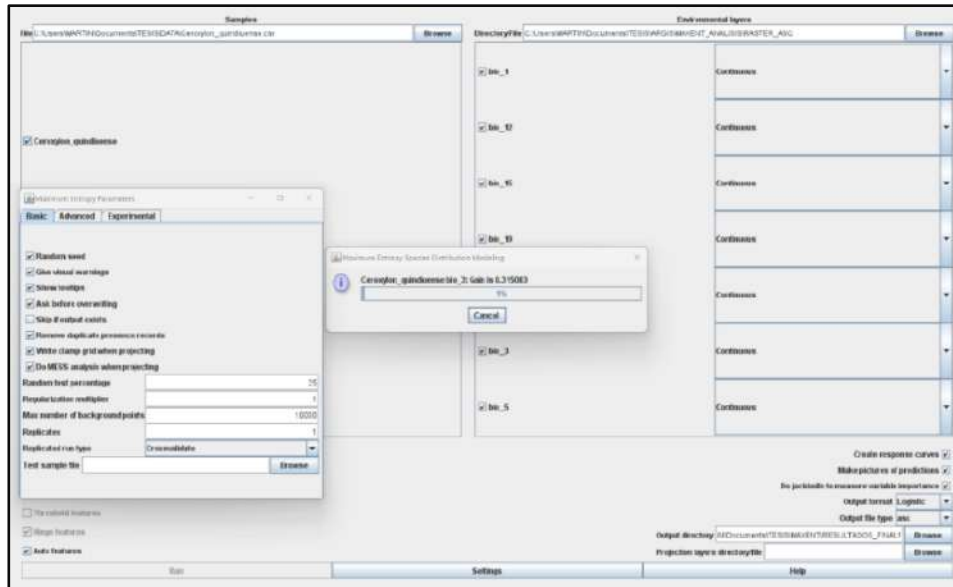
Activación de opciones en la pestaña “Advanced”



Tras tener los archivos donde corresponden y las opciones activadas, procedemos a ejecutar dicho análisis con la opción “run”, apareciéndonos un monitor de progreso que muestra los pasos que son tomados.

Imagen 7.

Monitor de progreso en ejecución del software MaxEnt



Se observa en la imagen 8, cuando el MaxEnt genera archivos de salida en formato csv donde tendremos Predictions (probabilidades de ocurrencia de los puntos de muestreo), Averages (promedio de cada una de las variables), Omission (resultados del modelo vs. Azar), asc muestra stddev (desviación estándar), min (valores mayores de la predicción), median (media de predicción), max (valores altos de la predicción), avg (total de réplicas).

Imagen 8.

Archivos de salida generados tras la ejecución del software MaxEnt

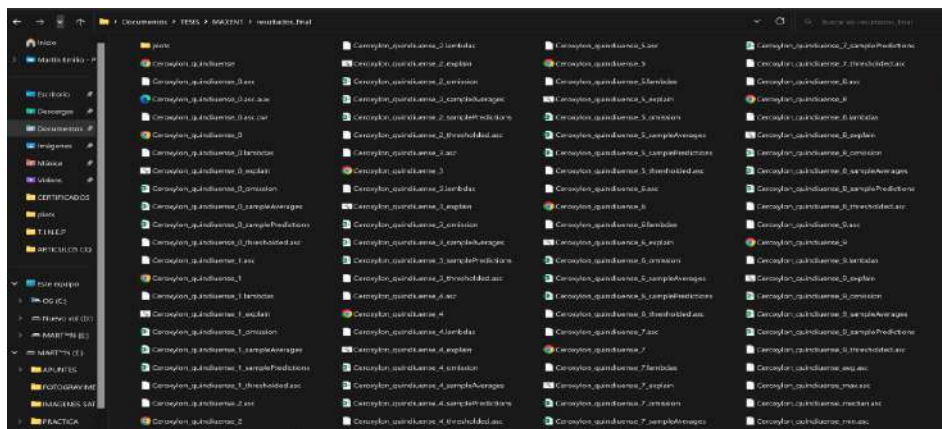
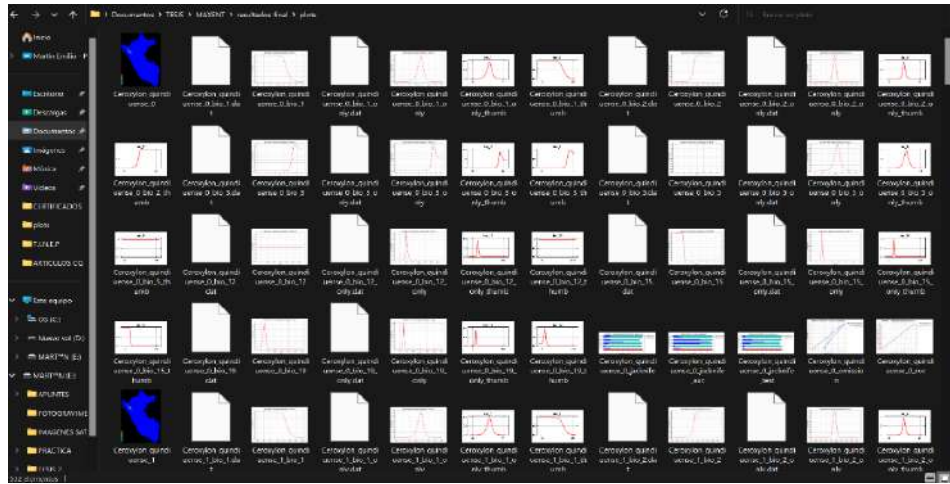


Imagen 9.

Archivo de salida “plots” que contiene imágenes y gráficas por cada variable



Finalmente, en la imagen 10 se muestran los archivos en formato HTML se visualizan en una ventana de nuestro explorador, son el resumen de todo el análisis del modelo que servirá para interpretar nuestros resultados donde se muestran gráficas de las estimaciones obtenidas (Omission/Commission, Sensitivity vs Specificity es el AUC, Curvas de respuesta, Análisis de contribución %, Prueba de Jackknife e imágenes del modelo de predicción)

Imagen 10.

Archivo HTML con los resultados obtenidos

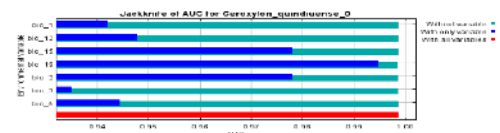
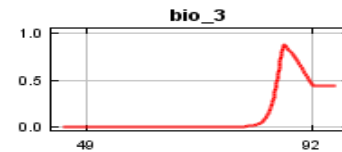
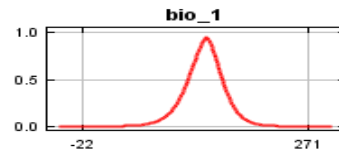
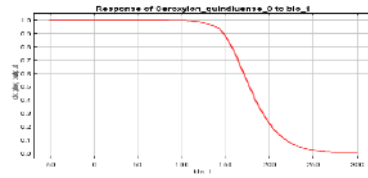
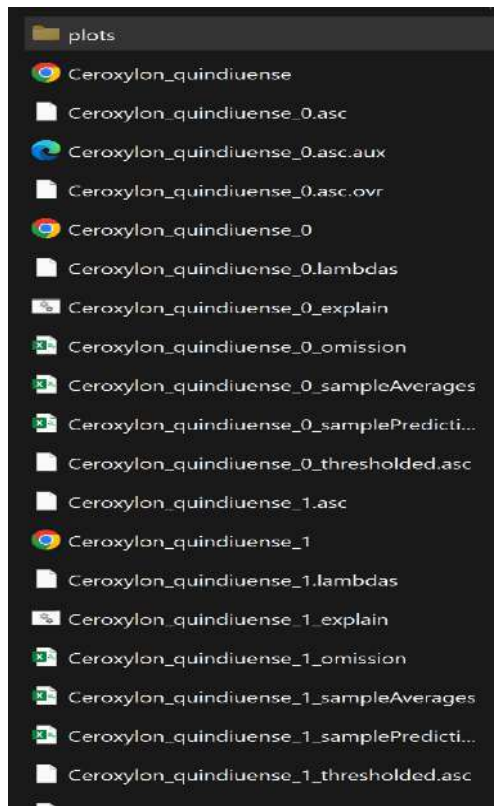


Imagen 11.

Modelo MaxEnt replicado para *Ceroxylon quindiuense* para el tiempo presente

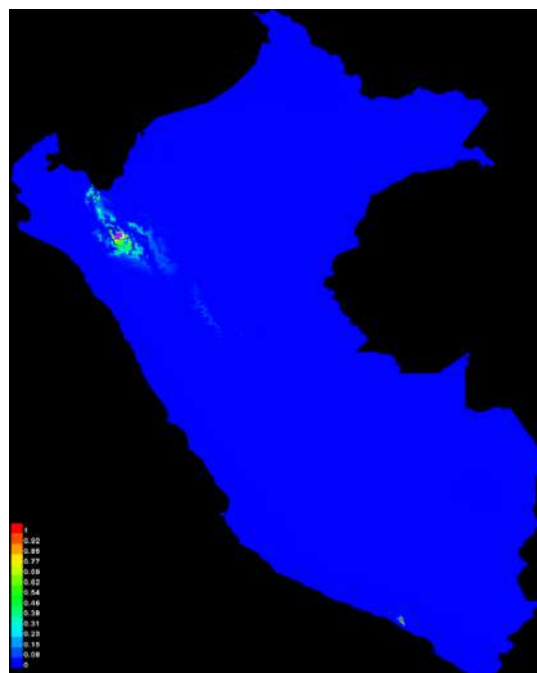
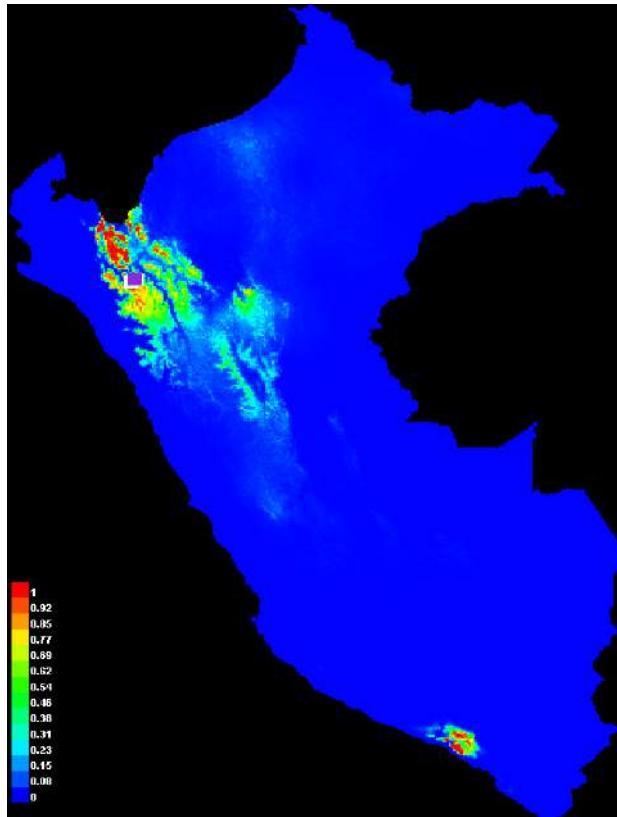


Imagen 12.

Modelo MaxEnt replicado para *Ceroxylon quindiuense* para el tiempo futuro a 70k(LIG)



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]