

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

Patrones de Distribución del Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* Spp., Coleoptera, Curculionidae, Entiminae) en la Región Andina del Cusco

**Para optar al Título
Profesional de Biólogo**

Presentado por:

Bach. Arnol Loayza Huillca

Asesor:

Dr. Erick Yábar Landa

Co asesor:

M. Sc. Pavel Joser Atauchí
Rojas

CUSCO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis adorados padres:

Hermenegildo Loaiza y Simona T. Huillca

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la facultad de Ciencias, a la escuela profesional de Biología y al laboratorio de Entomología por transmitirme conocimiento y guiarme por el camino de la investigación.

Un infinito agradecimiento a mi maestro Dr. Erick Yábar Landa por su asesoramiento, confianza, comprensión y el inmenso apoyo que me dio en todo el desarrollo de la tesis. Sin el no hubiese sido posible realizar esta tesis.

A mi co-asesor de tesis Mag. Pavel Joser Atauchí Rojas por su amistad, paciencia, y apoyo incondicional en la realización de esta investigación. Gracias Hermano

A mis padres, por todo el amor que me dieron, por motivarme a seguir adelante, por todas sus enseñanzas y por los valores que me inculcaron. Siempre fueron y serán un ejemplo.

A mis hermanos Alberth y Jhobert por creer en mi y por impulsarme a seguir adelante.

A los revisores por sus recomendaciones y observaciones en la mejora del presente trabajo.

A Javier, Lilia, Edgar, Aracely, Jorge, Melany y todos los estudiantes de la Ceuc que hicieron posible la realización de esta tesis.

A todos los docentes de la escuela profesional de biología. Por todas las lecciones que me inculcaron y el acompañamiento en mi formación.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| RESUMEN..... | I |
| INTRODUCCIÓN..... | II |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | III |
| FORMULACION DEL PROBLEMA..... | IV |
| JUSTIFICACIÓN..... | V |
| OBJETIVOS | VI |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. GENERALIDADES..... | 4 |
| 1.2.1. GORGOJO DE LOS ANDES | 4 |
| 1.2.2. TAXONOMIA | 6 |
| 1.2.3. ESPECIES DE <i>Premnotrypes</i> | 7 |
| 1.2.4. DAÑOS..... | 7 |
| 1.2.5. DISTRIBUCIÓN | 8 |
| MARCO CONCEPTUAL..... | 10 |
| 1.3. CONCEPTO DE ESPECIE | 10 |
| 1.4. BIOGEOGRAFIA | 10 |
| 1.4.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES..... | 10 |
| 1.4.1.1. ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN | 10 |

| | |
|--|----|
| 1.4.1.2. FACTORES QUE DETERMINAN LAS ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN | 11 |
| 1.4.1.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIE | 11 |
| 1.4.1.4. CONCEPTO DE NICHOS ECOLÓGICOS | 12 |
| 1.4.1.5. UNIDADES BIOGEOGRÁFICAS | 12 |
| 1.4.2. REGIÓN ANDINA | 12 |
| 1.5. ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA | 15 |
| CAPÍTULO II | 16 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 2.1. ÁREA DE ESTUDIO | 16 |
| 2.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO | 18 |
| 2.1.2. ÁREAS DE CALIBRACIÓN | 18 |
| 2.2. MATERIALES | 23 |
| 2.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO | 23 |
| 2.2.2. DE CAMPO | 23 |
| 2.2.3. DE LABORATORIO | 23 |
| 2.2.4. VARIABLES | 24 |
| 2.3. METODOLOGÍA | 25 |
| 2.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 25 |
| 2.3.2. TRABAJO DE CAMPO | 25 |
| 2.3.3. TRABAJO DE LABORATORIO | 26 |
| 2.3.4. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICOS | 26 |

| | |
|---|----|
| 2.3.4.1. DATOS DE OCURRENCIA DE <i>Premnotrypes</i> spp | 26 |
| 2.3.4.2. VARIABLES AMBIENTALES | 28 |
| 2.3.4.3. MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS | 28 |
| 2.3.4.4. ÁREA DE CALIBRACIÓN | 29 |
| 2.3.4.5. CALIBRACIÓN DE MODELOS | 29 |
| 2.3.4.6. EVALUACIÓN DE MODELOS | 29 |
| 2.3.4.7. ANÁLISIS DE RIQUEZA DE ESPECIES | 30 |
| 2.3.4.8. ANÁLISIS GEOGRÁFICO..... | 30 |
| CAPITULO III..... | 31 |
| RESULTADOS | 31 |
| 3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO | 31 |
| 3.1.1. GÉNERO <i>Premnotrypes</i> | 31 |
| 3.1.2. <i>Premnotrypes latithorax</i> | 31 |
| 3.1.3. <i>Premnotrypes solaniperda</i> | 34 |
| 3.1.4. <i>Premnotrypes pusillus</i> | 35 |
| 3.1.5. <i>Premnotrypes suturicallus</i> | 37 |
| 3.2. OCURRENCIA DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES | 38 |
| 3.3. MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS..... | 38 |
| 3.3.1. CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES A LOS MODELOS | 38 |
| 3.3.2. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE <i>Premnotrypes</i> <i>latithorax</i> | 40 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE <i>Premnotrypes solaniperda</i> | 43 |
| 3.3.4. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE <i>Premnotrypes pusillus</i> | 46 |
| 3.3.5. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE <i>Premnotrypes suturicallus</i> | 49 |
| 3.4. RIQUEZA DE ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO | 52 |
| 3.5. ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE <i>PREMNOTRYPES</i> | 54 |
| 3.5.1. DISTRIBUCIÓN DE <i>P. lathitorax</i> EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO..... | 54 |
| 3.5.2. DISTRIBUCIÓN DE <i>P. solaniperda</i> EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO..... | 57 |
| 3.5.3. DISTRIBUCIÓN DE <i>P. pusillus</i> EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO..... | 60 |
| 3.5.4. DISTRIBUCIÓN DE <i>P. suturicallus</i> EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO..... | 63 |
| 3.6. RIQUEZA DE ESPECIES EN LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE LA REGIÓN ANDINA DEL CUSCO | 67 |
| 3.7. DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN | 69 |
| CAPITULO IV | 70 |
| DISCUSIÓN..... | 70 |

| | |
|--|----|
| CONCLUSIONES | 76 |
| RECOMENDACIONES | 77 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 78 |
| ANEXOS | 85 |
| 1. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS DEL USO DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES | 85 |
| 2. CLAVE DE ESPECIES DE <i>Premnotrypes</i> (Kuschel, 1956) | 86 |
| 3. CLAVE PARA LAS ESPECIES DE <i>Premnotrypes</i> ACTUALIZADA POR Yabar (2014) EN BASE A LAS CLAVES DE Kuschel 1956 Y DE Alcázar & Cisneros 1997)..... | 88 |
| 4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL COMPLEJO GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA | 90 |
| 5. Base de datos de las especies estudiadas | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Fenología del cultivo de papa y ciclo biológico del gorgojo de los Andes | 5 |
| Figura 2. Mecanismo de protección de huevos de gorgojo de los andes contra ataques de predadores | 6 |
| Figura 3. Distribución de las especies de gorgojo de los Andes en Sudamérica... | 9 |
| Figura 4. Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies..... | 11 |

| | |
|--|----|
| Figura 5.. Mapa del area de estudio correspondinte al area andina segun la clasificacion del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) del 2017 y puntos de ocurrencia | 17 |
| Figura 6. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie <i>P. lathitorax</i> : puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo (negro)..... | 19 |
| Figura 7. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie <i>P. solaniperda</i> : puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo (negro | 20 |
| Figura 8. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie <i>P. pusillus</i> : puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo (negro)..... | 21 |
| Figura 9. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie <i>P. suturicallus</i> : puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo (negro)..... | 22 |
| Figura 10. <i>Premnotrypes latithorax</i> , A) vista frontal, B) vista lateral | 32 |
| Figura 11. <i>P. solaniperda</i> , A) vista frontal, B) vista lateral | 34 |
| Figura 12. <i>pusillus</i> , A) vista frontal, B) vista lateral..... | 36 |
| Figura 13. . <i>P. suturicallus</i> , A) vista frontal, B) vista lateral..... | 37 |
| Figura 14. Gráfica de rendimiento del modelo de <i>P. lathitorax</i> | 41 |
| Figura 15. Modelo de distribución de <i>P. lathitorax</i> en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco. | 42 |
| Figura 16. Gráfica de rendimiento del modelo de <i>P. solaniperda</i> | 44 |
| Figura 17. Modelo de distribución de <i>P. solaniperda</i> en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco. | 45 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Gráfica de rendimiento del modelo de <i>P. pusillus</i> | 47 |
| Figura 19. Modelo de distribución de <i>P. pusillus</i> en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco. | 48 |
| Figura 20. Gráfica de rendimiento del modelo de <i>P. suturicallus</i> | 50 |
| Figura 21. Modelo de distribución de <i>P. suturicallus</i> en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco. | 51 |
| Figura 22. Riqueza de especies de <i>Premnotrypes spp</i> en la región andina de Cusco | 53 |
| Figura 23. Área ocupada por <i>P. lathitorax</i> en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco. | 55 |
| Figura 24. Porcentaje de área ocupada por <i>P. lathitorax</i> en base a la ZEE de la región andina del cusco | 57 |
| Figura 25. Área ocupada por <i>P. solaniperda</i> en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco. | 58 |
| Figura 26. Porcentaje de área ocupada por <i>P. solaniperda</i> en base a la ZEE de la región andina del Cusco | 60 |
| Figura 27. Área ocupada por <i>P. pusillus</i> en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco. | 61 |
| Figura 28. Porcentaje de área ocupada por <i>P. pusillus</i> en base a la ZEE de la región andina del Cusco | 63 |
| Figura 29. Área ocupada por <i>P. pusillus</i> en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco | 64 |
| Figura 30. Porcentaje de área ocupada por <i>P. suturicallus</i> en base a la ZEE de la región andina de Cusco. | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 31. Resumen del porcentaje de área ocupada por las especies de <i>Premnotrypes</i> en base a la clasificación de uso de suelos de la región andina del Cusco | 67 |
| Figura 32. Tamaño de área ocupada por especies en zonas agroecológicas de la región andina | 68 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Nombre popular del gorgojo de los andes en diferentes países | 5 |
| Tabla 2. Especies conocidas de gorgojo de los andes <i>Premnotrypes sp</i> | 7 |
| Tabla 3. Clasificación Biogeográfica de la Región Andina | 13 |
| Tabla 4. Regionalización biogeográfica de la región Andina | 14 |
| Tabla 5. Clasificación por pisos zoogeográficos para el Departamento de Cusco | 15 |
| Tabla 6. Datos de ocurrencia de las especies en estudio fuente, número de puntos y años de colecta | 27 |
| Tabla 7. Datos considerados en el presente estudio a diferentes escalas espaciales para el modelamiento de nicho ecológico bajo condiciones ambientales. | 38 |
| Tabla 8. Resumen de la contribución porcentual de las variables a los modelos de nicho ecológico de las especies de gorgojo de los andes <i>Premnotrypes spp.</i> | 39 |
| Tabla 9. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie <i>P. lathitorax</i> | 40 |
| Tabla 10. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de <i>P. lathitorax</i> | 40 |

| | |
|---|----|
| Tabla 11. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie <i>P. solaniperda</i> | 43 |
| Tabla 12. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie <i>P. solaniperda</i> | 43 |
| Tabla 13. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie <i>P. pusillus</i> | 46 |
| Tabla 14. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de <i>P. pusillus</i> | 46 |
| Tabla 15. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie <i>P. suturicallus</i> | 49 |
| Tabla 16. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de <i>P. suturicallus</i> | 49 |
| Tabla 17. Área ocupada por <i>P.lathitorax</i> basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco | 56 |
| Tabla 18 .Área ocupada por <i>P. solaniperda</i> basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco | 59 |
| Tabla 19. Área ocupada por <i>P. pusillus</i> basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco | 62 |
| Tabla 20. Área ocupada por <i>P. suturicallus</i> basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco | 65 |
| Tabla 21. Áreas con riqueza de especies por zonas agroecológicas | 67 |

RESUMEN

La presente tesis busca modelar el nicho ecológico (área ambientalmente adecuada) de 4 especies de gorgojo de los andes del género *Premnotrypes* (*Premnotrypes lathitorax*, *P. solaniperda*, *P. pusillus* y *P. suturicallus*) con el objetivo de encontrar patrones de distribución que expliquen la distribución de cada especie, los objetivos específicos fueron 1) identificar las especies de gorgojos presentes en la región andina de Cusco, 2) identificar las variables ambientales de mayor influencia sobre el hábitat de adecuación para las especies de *Premnotrypes spp*, 3) determinar áreas con mayor riqueza de especies y 4) realizar un análisis geográfico en base a la ZEE del Cusco. La elaboración del presente documento se hizo entre el 2019 y 2020, siendo 2019 el año en que se realizaron las colectas. Para cumplir los objetivos de la tesis se elaboraron modelos de nicho ecológico en el software MaxEnt, empleando datos de ocurrencias de las especies provenientes de colectas en campo, material bibliográfico y material de la colección CEUC; a la vez se utilizaron variables ambientales (temperatura y precipitación) las cuales fueron seleccionadas mediante la correlación de Pearson. Se determinó que cada especie posee un patrón de distribución propio el cual está influenciada por las variables ambientales, de esta manera *P. lathitorax* depende principalmente de la Temperatura media del trimestre más caliente (24.2%), *P. solaniperda* depende de la Temperatura media del trimestre más frío (40.5%), la distribución de *P. pusillus* es dependiente de la Precipitación anual (40.7%) y *P. suturicallus* está fuertemente influenciado por la Temperatura media del trimestre más caliente (72.7%). La evaluación de los modelos se efectuó bajo 3 métricas: AUC ratio, tasa de omisión mínima y AICc (criterio de información de Akaike). Se calculó el área potencial de cada especie en la región andina de Cusco, siendo *P. solaniperda* (28119.17 km²) y *P. lathitorax* (15344.45 km²) las especies con mayor rango de distribución, seguidos de *P. pusillus* (6654.16 km²) y *P. suturicallus* (6154.01 km²). Se identificó las áreas con mayor riqueza de especies ubicadas en Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media correspondientes en su mayor parte a las provincias de Canchis, Quispicanchi y Paucartambo. Finalmente las áreas al interior de las zonas agrícolas fueron de 6750 km² para *P. solaniperda*, 2964.59 km² para *P. lathithorax*, 824.65km² para *P. pusillus* y 672.62 km² para *P. suturicallus*.

INTRODUCCIÓN

La familia Curculionidae es la más grande en Curculionoidea, con más de 51000 especies conocidas, consta de 10 subfamilias (Oberprieler, et al., 2007). Dentro de ellas Entiminae incluye aproximadamente 1150 géneros y 12.200 especies distribuidas en todas las regiones biogeográficas (Marvaldi, 1998). Al ser un grupo altamente diverso suelen ser muy frecuentes y abundantes, son eminentemente organismos fitófagos y en algunos casos representan plagas de cultivos (Girón, 2015).

El gorgojo de los Andes constituye la principal plaga de cultivos de papa, agrupa un complejo de géneros y especies de la familia Curculionidae siendo el género *Premnotrypes* el más importante. De este género se conocen 14 especies las cuales esta distribuidas en la región andina de Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, a altitudes entre los 2,500 y 4,700 m. (Alcázar, 2002; Yábar, 2014).

Las mayoría de las especies de *Premnotrypes* se encuentran principalmente en Perú (Alcázar & Cisneros, 1997a). Específicamente en el sur del país entre Apurímac Cusco. (Kuschel, 1956; Yábar, 2011, 2015). Las cuales podrían ser consideradas zonas de mayor riqueza de especies.(Yábar, 2014). La gran variabilidad de climas en Cusco y Perú posibilita la diversidad de estos organismos y que trae consigo el ingreso, establecimiento y dispersión de las mismas hacia nuevas localidades y/o regiones geográficas (SENASA, 2017)

Teniendo en cuenta la ecología y el análisis de distribuciones se realiza el siguiente estudio que contribuirá al entendimiento de los patrones de distribución del “gorgojo de los andes” (gen: *Premnotrypes*) como una plaga de gran importancia en la region andina.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La precipitación y la temperatura son factores ambientales importantes que afectan de manera diferente a las especies, estos factores limitan la distribución de las especies y modifican los patrones de distribución a través del tiempo. En el caso del gorgojo de los andes al ser una plaga de gran importancia, no se sabe con certeza como están distribuidas las especies.

FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo está representado el modelo de nicho ecológico en las especies de *Premnotrypes* gorgojo de los andes? ¿Qué variables son de mayor importancia y cómo influyen en los patrones de distribución?

JUSTIFICACIÓN

El género *Premnotrypes* conocido como gorgojo de los andes es uno de los problemas entomológicos más importantes en los cultivos de papa, debido a que en el estadio de larvas barrenan los tubérculos tornándolos inservibles provocando así altos niveles de pérdida económica. La incidencia de este insecto se reporta para varias regiones en el Perú, entre ellas el Cusco donde no se cuenta con información sobre las especies que atacan los cultivos de papa.

Con este trabajo se pretende construir modelos de distribución de las especies de *Premnotrypes* que permitan identificar las variables ambientales que tienen mayor influencia en los patrones de distribución. La presente investigación ayudará a conocer el área de adecuación ambiental de las especies de *Premnotrypes*, lo cual posibilita un estudio aún más detallado sobre las causas que influyen en la distribución de las diferentes especies. Ello permitirá a la vez una mejor toma de decisiones para el manejo integrado de plagas focalizado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los patrones de distribución de las especies de gorgojos de los Andes (*Premnotrypes spp.* Coleoptera, Curculionidae, Entiminae) en la región andina del Cusco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las especies de *Premnotrypes spp.* en la región andina del Cusco.
2. Identificar las variables ambientales que determinan la distribución de las especies de *Premnotrypes spp.*
3. Identificar las áreas con mayor riqueza de especies en la región Cusco.
4. Analizar el impacto de la distribución potencial de las especies de *Premnotrypes* al interior de las zonas agroecológicas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Kuschel (1956) elaboró una clave de identificación para 11 especies de *Premnotrypes* y a su vez incluyó a este género en la tribu Premnotrypini. Todos los géneros y especies incluidas en esta tribu se hallan distribuidas desde Colombia hasta el extremo norte de Chile.

Delgado (2005) estudió la distribución y abundancia de gorgojos en 2 zonas agroecológicas de Puno: Circunlacustre y Suni. En base a colectas realizadas con trampas de caída identificó dos especies de *Premnotrypes* y determinó una mayor abundancia de *P. solaniperda* (68.3 %) en comparación con *P. latithorax* (15.1%)

Ochoa (2005) en base a las ecorregiones propuestas por Brack y el esquema biogeográfico propuesto por Ceballos, estudió los patrones de distribución de escorpiones y definió zonas biogeográficas para el sur peruano: Desierto costero, Lomas, Serranía esteparia, Puna, Queswa, Valles interandinos cálidos y Yungas.

Escalante et al., (2009) modelaron el nicho ecológico de 19 especies del género *Eurymetopum* (Coleoptera, Cleridae) en la zona de transición sudamericana y la región andina de Chile y Argentina. Utilizaron variables ambientales y variables topográficas en el programa MaxEnt para hallar la distribución potencial de cada especie e identificaron patrones de riqueza de especies en la provincia biogeográfica de Santiago.

Jarandilla (2010) estudió la dinámica poblacional de *Premnotrypes* en la provincia de Aroma La Paz. Utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar el nivel de correlación entre las variables climáticas y la densidad poblacional, encontrando una asociación positiva ($r= 0.76$) entre las variables precipitación y densidad poblacional de gorgojos, así mismo determinó la abundancia de *Premnotrypes solaniperda* (66.1%) y *P. lathitorax* (33.9%)

Yábar (2011) en la localidad de Quecayoc - Cusco, identificó 3 especies de *Premnotrypes* en papa bajo condiciones de almacenamiento: *Premnotrypes latithorax*, *P. solaniperda* y *P. suturicallus*

Parsa et al., (2012) modelaron la distribución espacial de gorgojos de los andes en campos de papa en 4 localidades de Huancavelica utilizando el software estadístico JMP. Utilizaron variables explicativas tomando en cuenta las características locales y paisajísticas de las localidades en estudio, bajo un enfoque de eco informática facilitada, encontraron que las infestaciones de *P. suturicallus* y *P. piercei* disminuyen a una mayor elevación.

Fiaboe (2012) modelaron la distribución potencial del “picudo rojo de las palmeras” *Rhynchophorus ferrugineus* especie plaga de las palmeras, utilizando el enfoque de modelo de nicho ecológico. Utilizaron 2 técnicas de modelamiento GARP y MaxEnt encontrando un mejor desempeño de este último el cual proporcionó resultados más significativos. En este estudio calibraron el modelo en un área M o área de calibración el cual proyectaron globalmente.

Yábar (2014) realizó la filogenia y la revisión sistemática de la tribu Premnotrypini, redescubrió las 12 especies de *Premnotrypes* descritos en la literatura y describió 2 nuevas especies para este género: *P. beleni* y *P. cuzquensis* para la región Cusco. Elaboró mapas de distribución potencial con DivaGis identificando zonas de alta riqueza de especies del género *Premnotrypes* entre Apurímac y Cusco.

Wang et al., (2017) modelaron la distribución actual y futura del “escarabajo de la papa de Colorado” *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) plaga devastadora e invasora en América del norte. Utilizaron datos históricos de distribución de la especie plaga y su hospedante principal y realizaron el análisis de componentes principales (PCA) para seleccionar el conjunto de variables no correlacionadas. Posteriormente utilizaron modelos de máxima entropía (MaxEnt) para predecir la distribución actual y la expansión del rango global bajo un escenario de cambio climático.

Coronado et al., (2018) realizaron el modelo fenológico de *Premnotrypes suturicallus* con el programa ILCYM en base tablas de vida a temperaturas constantes de 5°C, 10°C, 15°C, 20°C y 25 °C en el Valle Mantaro – Junin. Encontrando que las poblaciones de gorgojos se desarrollan en un rango de temperatura de 9 °C y 21 °C.

Del Rio et al., (2019) modelaron la distribución potencial de dos especies de gorgojos entiminos partenogénéticos: *Parapantomorus fluctuosus* y *Pantomorus cinerosus* en cítricos de Argentina y Brasil utilizando MaxEnt. En este trabajo se menciona los procedimientos necesarios para un buen modelamiento que van desde el ajuste de los modelos explorando los valores del multiplicador de regularización y diferentes clases de entidades hasta la evaluación del rendimiento de los modelos mediante las tasas de omisión y el AUC.

1.2. GENERALIDADES

1.2.1. GORGOJO DE LOS ANDES

Los agricultores colectivamente denominan "gorgojo de los Andes" o "gusanos blancos" a un grupo de gorgojos cuyas larvas se alimentan de tubérculos de papa (REDESA, 2006). La literatura lo consideran como especies que se desarrollan en la papa y/o son dependientes de este tubérculo (Alcázar, 2002; Alcázar & Cisneros, 1997; Calderón et al., 2004; Carrasco, 1956; Cisneros, 2010) se considera dentro de este complejo a los géneros *Premnotrypes*, *Phyrdenus* y *Rhigopsidius* porque su ciclo biológico o parte de él depende casi únicamente de papa (Alcázar & Cisneros, 1997a; Calderón et al., 2004). En el trabajo efectuado por Cañedo et al., (2010) referido a insectos fitófagos presentes en papa mencionan además del género *Premnotrypes* a los géneros *Adioristus*, *Scotoeborus*, *Amitrus*, *Cylindrorhinus* y *Puranius*. Por otra parte Yabar (2014) en su estudio de curculionidos asociados a papa en condiciones de almacenamiento menciona sobre una posible asociación de los géneros *Listroderes*, *Puranius* y *Cylindrorhinus*. De esta manera es posible encontrar muchas especies de gorgojos en campos de papa pero no se ha demostrado si pueden o no completar su ciclo biológico en este tubérculo para ser considerados dentro del complejo "gorgojo de los andes" (Yábar, 2011)

Este complejo grupo de insectos poseen alta incidencia en varios países de Sudamérica por lo que son consideradas plagas razón por la que han adquirido diversos nombres de acuerdo al lugar e idioma. En inglés la denominación que reciben estos insectos - plaga no varía de modo que se les conoce como "Andean potato weevil" para referirse a gorgojos principalmente del género *Premnotrypes*. En Cusco, la mayoría de los agricultores parece coincidir con el nombre que le dan a la larva a la que denominan como "papa kuro" o "Qara kasaca". En la Tabla 01, se puede observar todos los nombres que se atribuye al gorgojo de los andes en Sudamérica.

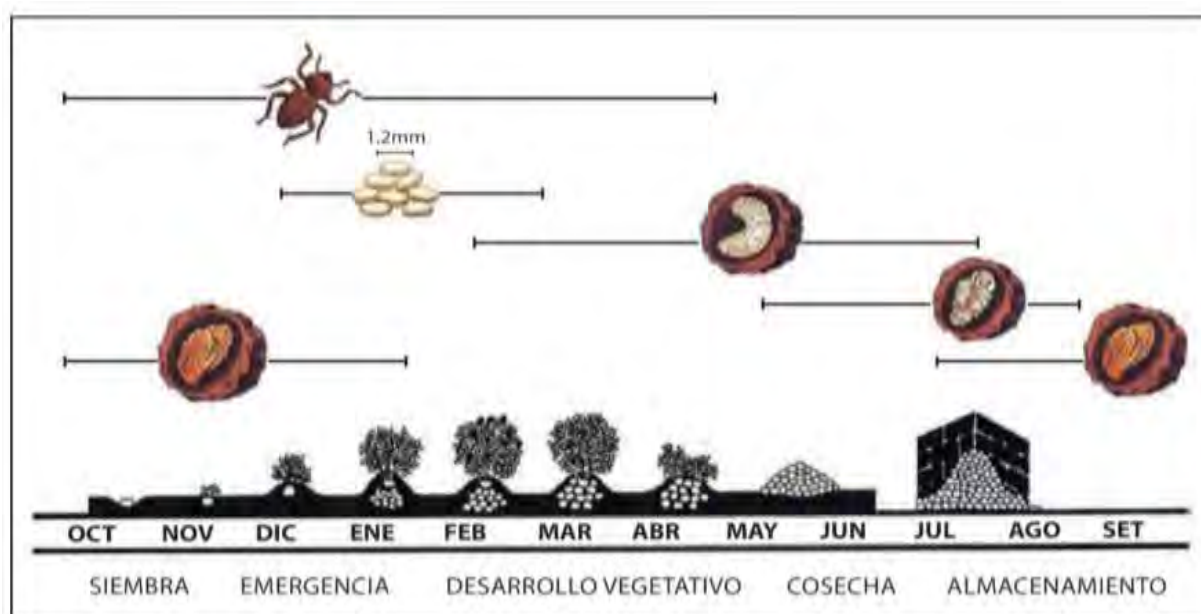
Tabla 1. Nombre popular del gorgojo de los andes en diferentes países

| País | Nombre popular de la larva | Nombre popular del adulto |
|-----------|--|---|
| Colombia | <u>Gusano blanco</u> , Cusca | Cucarrón de la papa |
| Ecuador | <u>Gusano blanco</u> , Arrocino, mosco blanco, yurag kuro | Gorgojo de los Andes, Picudo Andino de la papa, K'aracasaca, Papa Kuru mama, Uti-uti, Palla-palla Kuro, Cuhi-cuchi, Nabos Kuru, Jusipacha Kuru, Tanapusca, Ucha Kuru, Jachu- jachu, Laqha Kuru, Tankallo, Curco, Ticshincunca, Capacho Kuro, Capa Kuro, Ata Kuro, Zorro-zorro, Utu kuro |
| Peru | <u>Papa Kuro</u> , gusanera de la papa, kara casaca, Tuksa, Allpa Kuru, Ichu-Kuro, Shacra, Ita Kuru, Manko, Champa mayakuru, Gusano arroz, Kulo Kuru, Sajra kuro, Acsho Kuru, Barrenador | |
| Bolivia | Gusano blanco | Gorgojo de los Andes |
| Argentina | Chitupa | |

*Según Kühne et al., 2007

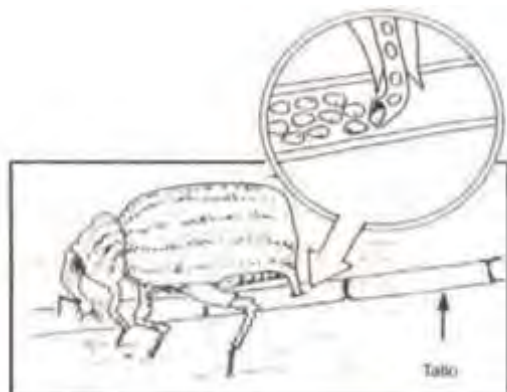
El gorgojo de los Andes, presenta una metamorfosis completa debido a que su ciclo de vida atraviesa consecutivamente por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto presentando una generación por año. (Puma & Calderon, 2016; Yábar, 2014). La duración del ciclo biológico desde huevo hasta adulto es de 234 a 301 días y la longevidad del adulto tiene una duración promedio de 156 a 255 días. (Alcázar, 2002)

Figura 1. Fenología del cultivo de papa y ciclo biológico del gorgojo de los Andes



*Kroschel et al., 2012

Figura 2. Mecanismo de protección de huevos de gorgojo de los andes contra ataques de predadores



*Gallegos et al., 1998

1.2.2. TAXONOMIA

La mayoría de especies de *Premnotrypes* fueron descritas entre 1914 y 1956 (Yábar, 2014) y se incluía al género dentro de la subfamilia Leptopiinae. Actualmente el género está considerado dentro del grupo de los “gorgojos entiminos” en la subfamilia Entiminae cuyas características principales son la presencia de cicatriz mandibular y por presentar un rostro corto y ancho (Girón & Franz, 2014).

Phyllum: Arthropoda, Siebdt y Stannius (1845)

Subphyllum: Mandibulata, Me. Leay (1821)

División: Phytophagoides, Peyerinhott (1933)

Clase: Insecta o Hexapoda, Linneus (1758)

Subclase: Pterygota

Orden: Coleoptera, Linneus (1758)

Sub orden: Poliphaga, Comstock (1940)

Serie: Rhynchophora

Super familia: Curculionoidea, Hopkins (1911)

Familia: Curculionidae, Latraille (1804)

Subfamilia: Entiminae, Schöenherr (1826)

Tribu: Premnotrypini, Kuschel (1956)

Género: *Premnotrypes*, Pierce (1914)

Especie: *lathitorax*, Pierce (1914)

1.2.3. ESPECIES DE *Premnotypes*

La mayor parte de trabajos realizados menciona la existencia de 12 especies del género *Premnotypes*, las mismas que fueron descritas y re descritas por diferentes autores. El trabajo más reciente que incluye a todas las especies del género es el de Yabar (2014) quien realizó la revisión de toda la Tribu Premnotrypini describiendo nuevas especies de *Premnotypes* para Cusco, con lo que la cantidad de especies descritas hasta la actualidad llegaría a 14 especies válidas (Tabla 2).

Tabla 2. Especies conocidas de gorgojo de los andes *Premnotypes sp*

| Orden y Familia | Tribu y Subfamilia | Género y especie | Autor |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Coleoptera: Curculionidae | Premnotrypini: Entiminae | <i>Premnotypes solaniperda</i> | Kuschel (1956) |
| | | <i>P. latithorax</i> | (Pierce) (1914) |
| | | <i>P. sanfordi</i> | (Pierce) (1918) |
| | | <i>P. pusillus</i> | Kuschel (1956) |
| | | <i>P. piercei</i> | Alcalá (1979) |
| | | <i>P. suturicallus</i> | Kuschel (1956) |
| | | <i>P. fractirostris</i> | Marshall (1936) |
| | | <i>P. solani</i> | Pierce (1914) |
| | | <i>P. vorax</i> | (Hustache) (1933) |
| | | <i>P. solanivorax</i> | (Heller) (1935) |
| | | <i>P. clivosus</i> | Kuschel (1956) |
| | | <i>P. zischkai</i> | Kuschel (1956) |
| | | <i>P. beleni</i> | Yabar (2014) |
| | | <i>P. cusquensis</i> | Yabar (2014) |

*Modificado de Kühne et al., 2007

1.2.4. DAÑOS

1.2.4.1. DAÑOS OCASIONADOS POR EL ADULTO:

Se producen cuando éstos se alimentan, ocasionando comeduras redondeadas en el borde de las hojas, también ocasionan daños en el cuello de la planta, estolones y tubérculos. En algunos casos, cuando la población de adultos es alta, llega a defoliar totalmente la planta (Alcalá & Alcazar, 1976; SENASA, 2017).

1.2.4.2. DAÑOS OCASIONADOS POR LA LARVA:

Se producen cuando éstas se alimentan de los tubérculos, realizando galerías y dejando excrementos a su paso, lo que hace inservible el producto por causar endurecimiento en las zonas afectadas (esclerificaciones). El daño que ocasionan las larvas afecta directamente a la productividad y evidentemente en la calidad del producto (SENASA, 2017).

En una fuerte infestación las larvas ocasionan pérdidas enormes, llegando a afectar el 81.07% de la cosecha (Carrasco, 1961). No obstante se ha reportado pérdidas de hasta 100% de tubérculos cosechados (Yábar, 1988). Esta plaga ataca a todas las variedades de papa, lo que indica que su propagación es total.

Los tubérculos dañados por el gorgojo de los andes se venden a un precio inferior que las papas sanas. Con altos grados de ataque los tubérculos no sirven para semilla ni para consumo (Esprella et al., 2002).

1.2.5. DISTRIBUCIÓN

El “gorgojo de los Andes” se distribuye en toda la región andina de Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Bolivia, Chile y Argentina entre los 2,500 y 4,700 m (Alcázar, 2002). A estas alturas el cultivo de plantas es muy restringido, y la papa constituye el alimento y cultivo comercial más importante. (Alcázar & Cisneros, 1997a)

Según Yábar (2014), el género *Premnotrypes* y los otros dos géneros pertenecientes a la tribu Premnotrypini se presentan en la subregión Páramo Puneña de la región Andina de Cabrera & Willink (1973) y de acuerdo al esquema de Morrone (2006) en las provincias del Páramo Andino Norteño y de la Puna de la Zona de Transición Sudamericana.

De todas las especies de *Premnotrypes* estudiadas hasta la actualidad, *Premnotrypes vorax*, *P. suturicallus* y *P. latithorax*, destacan por su predominancia y amplia distribución en el área que comprende la región andina. (Alcázar, 2002).

Figura 3. Distribución de las especies de gorgojo de los Andes en Sudamérica



* Kühne et al., 2007

MARCO CONCEPTUAL

1.3. CONCEPTO DE ESPECIE

Especie es un conjunto de poblaciones naturales cuya unidad procede de su origen mono filetico y se mantiene en los límites espacio - temporales en cuyo marco las subunidades discretas que, en cada momento lo integran (individuos) mantienen su cohesión reproductivo - genética interno y la independencia de su pool génico y, en consecuencia, interactúa de manera unitaria con el medio ambiente (Zunino & Palestrini, 1991).

1.4. BIOGEOGRAFIA

Piera & Sanmartín (1999) refieren que la biogeografía es una Disciplina científica consagrada al estudio de los patrones de distribución espacial de los organismos y las causas o procesos históricos y ecológicos que la determinan, en esta definición se subrayan las dos aproximaciones esenciales al estudio de distribución de los organismos: la que indaga las causas próximas que operan en el presente (escala ecológica) y la que estudia las causas pasadas de gran magnitud espacio- temporal (escala histórica).

1.4.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES

1.4.1.1. ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN

Se denomina área de distribución a la superficie de tierra ocupada por una entidad biológica determinada, es decir el conjunto de localidades que ocupa esa entidad. Puede hablarse de familias, géneros, especies, variedades o cualquier otra categoría taxonómica (Cabrera & Willink, 1973). Entendida de esta forma el área de distribución podría considerarse como un atributo difícil de estimar debido a la discontinuidad en la distribución de las especies a lo largo del planeta. Se sabe que el área de distribución de las especies cambia con el tiempo por lo que el concepto debiera involucrar no solo el lugar, sino también la forma en como la especie se presenta. En este entender el área de distribución de una especie puede definirse como una *“porción de espacio geográfico en el que una especie está presente e interactúa de*

manera no efímera con el ecosistema” (Zunino & Palestrini, 1991). Aun siendo un concepto concreto, es evidente que las áreas de distribución, involucran procesos y/o patrones verdaderamente complejos como la historia evolutiva, ecológica y las necesidades fisiológicas de una especie (Maciel et al., 2015)

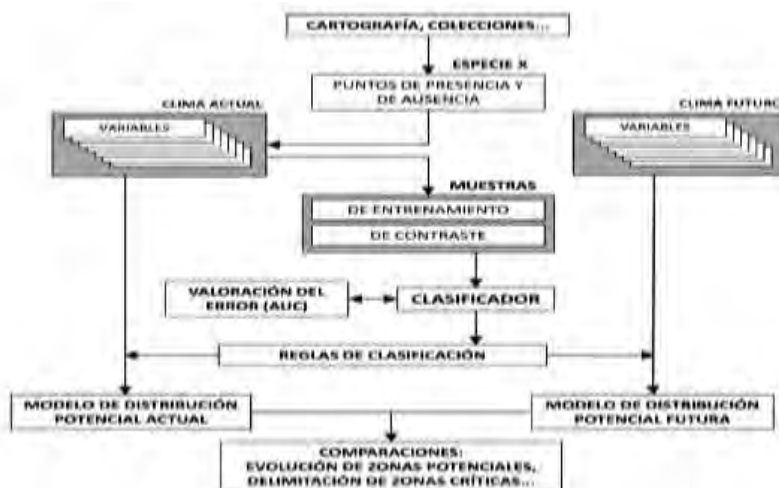
1.4.1.2. FACTORES QUE DETERMINAN LAS ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN

Según Soberon & Peterson (2005) existen 4 factores que determinan las áreas en la que se encuentra una especie, estas operan con diferentes intensidades y a diferentes escalas como las condiciones abióticas, factores bióticos, las regiones que son accesibles a la dispersión por especies de alguna zona original y la capacidad evolutiva de las poblaciones para adaptarse a nuevas condiciones.

1.4.1.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIE

Los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación. Estas variables pueden ser geológicas, topográficas o climáticas y se espera que con algunas de ellas, individualmente o en combinación, se puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables para la presencia de la especie (Guisan & Zimmermann, 2000)

Figura 4. Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies.



*Mateo et al., 2011

1.4.1.4. CONCEPTO DE NICHOS ECOLÓGICOS

El concepto de nicho ha sido uno de los más importantes conceptos en la historia de la ecología. Por lo que ha estado sujeta a diferentes transformaciones a lo largo del tiempo. Grinnell (1924) definió nicho como la unidad distribucional principal dentro de la cual, cada especie se mantiene debido a sus limitaciones instintivas y estructurales. En este concepto se enfatiza el concepto espacial del nicho.

Posteriormente, Hutchinson (1957) definió nicho como un hipervolumen presente en un espacio multidimensional, donde las dimensiones representan las variables ambientales que afectan a la especie. Según esta definición, cada dimensión del nicho representa una variable ambiental importante para la supervivencia de la especie y cada punto en el hipervolumen representa una combinación de valores de dichas variables, que permite a la especie sobrevivir (Silva & Berovides, 1982)

Un concepto reciente define nicho como un subconjunto de condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de una especie tienen tasas de crecimiento positivas. Estas dimensiones ambientales caracterizan principalmente a factores climáticos u otros factores físicos. (Chase & Leibold, 2003; Peterson et al., 2011)

1.4.1.5. UNIDADES BIOGEOGRÁFICAS

Las unidades biogeográficas comprenden territorios que albergan especies y comunidades vegetales propias conocidas como biotas, y por lo tanto están relacionadas con factores ecológicos e históricos del medio. Estas unidades se organizan de modo jerárquico: reino, región, dominio, provincia y distrito (Morrone, 2017).

1.4.2. REGIÓN ANDINA

Kuschel, (1969) propuso la Subregión Patagónica que coincide en forma gruesa con la Subdivisión llamada Provincia Chilena. Señala que la fauna Andina del Sur de Perú hasta Tierra del Fuego no muestra diferencias notorias con la de la Patagonia. Algunos géneros dominantes (e.g. *Listroderes*, *Puranius*, *Scotoeoborus*) ocurren en los

Andes del Norte como en la Patagonia y otros, con muchas especies, se relacionan directamente con estos y presentan distribuciones similares.

Morrone, (2001) propuso para el dominio Andino-Patagónico de Cabrera & Willink (1973) la subregión Páramo-Puneña tomando como indicadores coleópteros: Broscini, Migadopini, *Pseudocnides* y *Trechisibus* (Carabidae), *Cylydrorhinus* y *Listroderina* (Curculionidae), Faroninae (Pselaphidae), y Nyctelini y Scotobiini (Tenebrionidae); dípteros: grupos de especies de *Gigantodax brophyi* y *G. wrighti* (Simuliidae); himenópteros: *Dorymyrmex*, *Lasiophanes* y *Nothidris* (Formicidae), *Chirodamus* y *Pompilocalus hirticeps* (Pompilidae), y *Gayella* spp. (Vespidae); lepidópteros: *Heliothis tergemina* (Noctuidae); ortópteros: Tristiridae

Morrone, (2002) propone una nueva clasificación biogeográfica (Tabla 3). En esta clasificación la Región Andina se extiende a lo largo de las altas cordilleras de Venezuela, Colombia y Ecuador, a través del Desierto Costero y la Puna de Perú, Bolivia, norte de Chile y norte de Argentina, hasta la Patagonia argentino-chilena

Tabla 3. Clasificación Biogeográfica de la Región Andina

| Región | Sub-regiones | Provincias |
|------------|---------------------|--------------------------|
| Andina | Páramo Puneña | Páramo Norandino |
| | | Desierto Peruano Costero |
| | | Puna |
| | | Atacama |
| | | Prepuna |
| | | Chilena Central |
| | Subantártica | Coquimbo |
| | | Santiago |
| | | Islas Juan Fernández |
| | | Maule |
| | | Bosque Valdiviano |
| | | Bosque Magallánico |
| | | Páramo Magallánico |
| Patagónica | Islas Malvinas | |
| | Patagonia Central | |
| | Patagonia Subandina | |

*Tomado de Morrone (2002)

Morrone (2014) hace una nueva propuesta de regionalización biogeográfica de la Región Andina (Tabla 4)

Tabla 4. Regionalización biogeográfica de la región Andina

| Zona de Transición | Provincias | Distritos |
|---------------------------------|------------|-----------|
| Zona de transición Sudamericana | Puna | Boliviano |
| | | Central |
| | | Cuyano |
| | | Jujuyano |
| | Prepuna | |

*Tomado y adaptado de Morrone (2014)

El mismo año propone como área taxonómica la Provincia Rondonia: Sur y centro de Brasil, Sur de Perú, Noroeste de Bolivia y norte del Paraguay y cita como taxa endémicos ARTHROPODA. Apidae: *Geotrigona fulvatra*, *G. fulvohirta* y *Partamona subtilis* (Camargo & Moure, 1996; Camargo & Pedro, 2003); Buthidae: *Ananteris mariaterezae* (Lourenço, 1986) ; Curculionidae: *Prosicoderus xingu* (Vanin, 1986) Stygnidae: *Protimesius albilineatus*, *Stygnus marthae* y *S. weyrauchi* (Pinto-da-Rocha, 1997)(Morrone, 2014).

Morrone, (2015) propuso una regionalización biogeográfica de la región Andina como una clasificación jerárquica de sub-regiones, sub-provincias y distritos, basada en el análisis biogeográfico de animales y plantas terrestres. La región Andina comprende las sub-regiones Chilena central, Subantártica y Patagónica y la zona de Transición Sudamericana.

1.4.2.1. PROVINCIA ANDINA DEL CUSCO

Una de las primeras propuestas conocidas para el Departamento de Cusco se refiere a la clasificación de pisos zoogeográficos en base a criterios altitudinales (Ceballos, 1970) que considera Provincias, Distritos y Pisos. Propone los siguientes pisos biogeográficos para el departamento del Cusco: 1) Piso de Cordillera (más de 4500 m), 2) Piso de Puna (3700-4500 m), 3) Piso de Qheshwa o de Quebrada (Valles interandinos, 3700-2500 m), 4) Piso de Valles Serranos o Interandinos (Valles interandinos, 2500-1900 m), 5) Piso de la Ceja de Montaña o Ceja de Selva

(Vertientes orientales, 3800-1800 m), 6) Piso de Yunka (1800–800 m) Además, divide el piso de Quebrada en dos subpisos, el superior o Qheshwa alta, también llamado subpuna y que va entre 3000 a 3700 m, y el inferior o Qheshwa baja, también llamado mesoandino, y que abarca de 2500 a 3000 m. (Tabla 5)

Tabla 5. Clasificación por pisos zoogeográficos para el Departamento de Cusco

| Provincias | Distritos | Pisos | Altitud |
|------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| Andina | Altoandino (Andino) | Cordillera | |
| | | Puna | 3,700 a 4,500m |
| | Bajoandino (Subandino) | Qheshwa | 2,500 a 3,700m |
| Amazónica | Selva Alta | Valles Interandinos | 1,900 a 2,500m |
| | | Ceja de Montaña | 3800 a 1,800m |
| | Yunka | 1800 a 800m | |
| | Selva baja | Hylaea | |

*Adaptado de Ceballos (1970)

1.5. ZONIFICACION ECOLOGICA Y ECONOMICA

La zonificación es un proceso de sectorización de un territorio en unidades espaciales relativamente homogéneas de acuerdo al criterio que se utilice. Estos criterios pueden variar, de acuerdo a los propósitos de la zonificación y generalmente incluyen criterios físicos, biológicos y socioeconómicos. La zonificación económica y ecológica permite en un territorio determinado identificar potencialidades y limitaciones, se utiliza como un instrumento estratégico para la planificación y gestión del territorio, suministra información para facilitar las negociaciones democráticas entre los gobernantes y la sociedad civil en el proceso de definición de políticas públicas de cara al desarrollo sostenible (Gobierno regional del Cusco, 2005).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

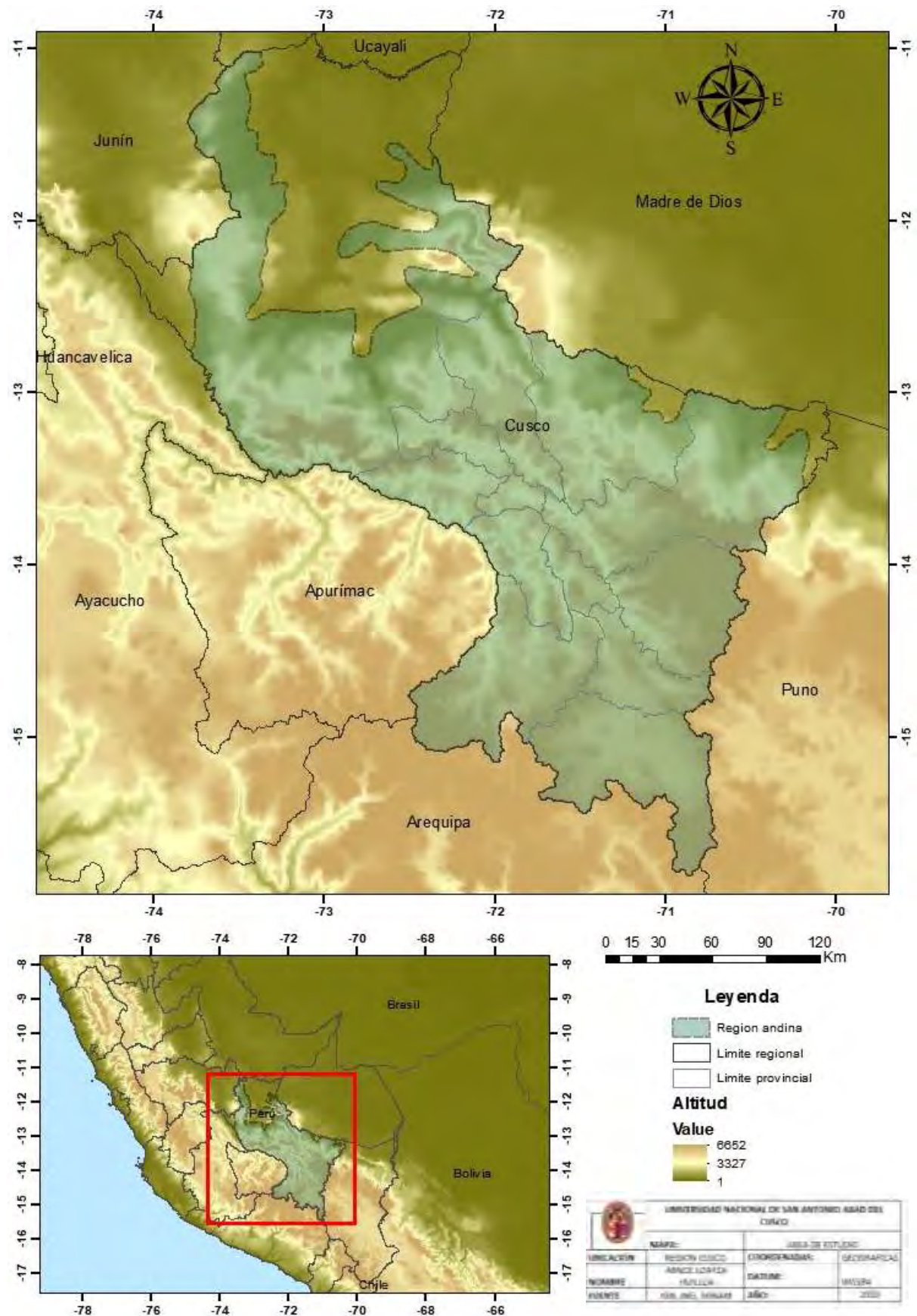
2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente trabajo comprende la región andina de Cusco que incluye sus 13 provincias. Cabe mencionar que los límites del área andina no están claramente definidos en la literatura por ello se ha optado por tomar en cuenta el rango altitudinal a la que se desarrollan las especies de *Premnotrypes* en este caso a partir de los 2500 metros de altitud a más. La clasificación geográfica que se aproxima a este límite altitudinal es la de Ceballos (1970) que establece el piso biogeográfico de Qheshwa (2500-3700 m) y Puna (3701- 4500 m.) en la provincia Andina. A la vez estos dos pisos biogeográficos conforman la mayor parte del Cusco, representan el área andina y abarcan la mayor parte de sus provincias. Se ha tomado en cuenta también la clasificación realizada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) debido a que todos los registros de ocurrencia se presentan en las ecorregiones propuestas en esta clasificación (Central Andean wet Puna, Peruvian Yungas, Central Andean Puna). (Fig. 5)

Las colectas en campo para complementar los registros de ocurrencia, se hicieron en localidades que están dentro del área de estudio en los distritos de:

- Catca (Ccopi bajo)
- Ocongate (Tinki),
- Andahuaylillas (Mancco),
- San Sebastián (Quircas),
- Cusco (Tambomachay),
- Huancarani
- Espinar
- Santo Tomas,
- Anta (Chakan)
- Chincheros (Koricancha).

Figura 5.. Mapa del area de estudio correspondiente al area andina segun la clasificacion del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) del 2017 y puntos de ocurrencia



2.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO

El clima de la región andina de Cusco es muy variable debido a su fisiografía accidentada y varía desde templado - seco, templado - frío y frío-seco. Desde los 3701 hasta los 4500 en el piso de Puna la vegetación está conformada principalmente por pajonales, tolares y pequeños bosquecillos de *Polylepis*, en cuanto a la aptitud agrícola en este piso se cultivan papas, lisas, ocas y quinua. El piso de "Puna" abarca las provincias de Chumbivilcas, Espinar y Canas, gran parte de Acomayo, Paruro, Canchis y Quispicanchi.(Ceballos 1970).

El piso de "Qheshwa" está comprendida entre 2501 hasta los 3700 metros de altitud, la vegetación característica es de tipo arbustivo y subarbustivo con asociaciones de "mutuy" (*Senna birostris*), "p'ata kiska" (*Austrocylindropuntia subulata*), "marqhu" (*Ambrosia arborescens*), "llaulli" (*Barnadesia horrida*), "tara" (*Caesalpinea spinosa*), "pisonay" (*Eritryna falcata*), "molle" (*Schinus molle*), "chaminco" (*Datura stramonium*), "cedronsillo o muña" (*Mintostachis setosa*), "huaranhuai" (*Tecoma mollis*). Este piso se puede clasificar en "Qheshwa alta" (comprendida entre Anta, Cusco, Urcos, Sicuani, Yanaoca y parte de Acomayo, Paruro y Paucartambo) y "Qheshwa baja" (comprendida entre Calca, Urubamba, Ollantaytambo) (I. Ceballos, 1970)

2.1.2. ÁREAS DE CALIBRACIÓN

El área de calibración para el modelamiento de cada especie fue diferente al área de estudio y fue determinada utilizando datos de ocurrencia (puntos de ocurrencia con coordenadas) obtenidos de la colección entomológica, en la literatura y en las colectas de campo realizadas durante este estudio. Las áreas calibradas abarcaron en algunos casos parte de Bolivia. (Fig. 6-9) Posterior al modelamiento se realizó el corte utilizando como mascara el polígono de Cusco.

Figura 6. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie *P. lathitorax*: puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo



Figura 7. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie *P. solaniperda*: puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo (negro)

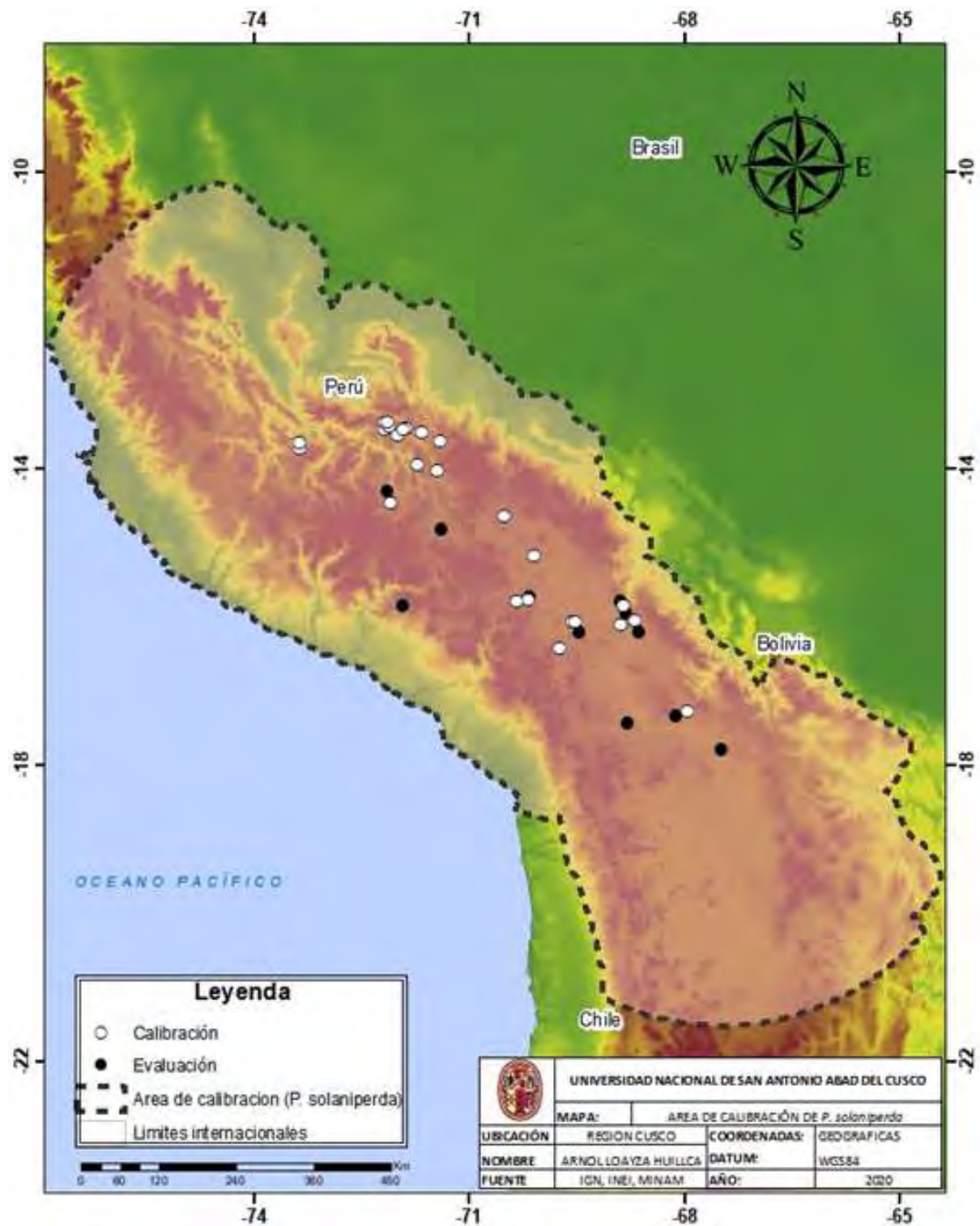


Figura 8. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie *P. pusillus*: puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo



Figura 9. Mapa del área de calibración con todos los puntos de ocurrencia de la especie *P. suturicallus*: puntos para calibración del modelo (blanco) y puntos para la evaluación del modelo



2.2. MATERIALES

2.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO

- Especímenes adultos de “gorgojo de los Andes”

2.2.2. DE CAMPO

- Recipientes para muestras
- Alcohol 70° - 96°
- Pinzas
- GPS
- Libreta de apuntes
- Bolsas de plástico o polietileno (Para la colección de muestras)
- Plumón marcador
- Cámara fotográfica
- Agua
- Pinzas

2.2.3. DE LABORATORIO

- Alfileres entomológicos
- Alcohol 96°
- Hidróxido de potasio (KOH)
- Papel toalla
- Microscopio estereoscopio
- Laptop
- Tecnoport
- Gradilla entomológica
- Etiquetas
- Libreta de apuntes
- Claves de identificación (Guillermo Kuschel, 1956)
- Bibliografía especializada
- Placas Petri
- Potes de plástico (de 1000 ml y 250 ml)
- Gaveta entomológica.

2.2.4. VARIABLES

2.2.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES

- Datos de ocurrencia histórica de *Premnotrypes lathitorax*
- Datos de ocurrencia histórica de *Premnotrypes solaniperda*
- Datos de ocurrencia histórica de *Premnotrypes pusillus*
- Datos de ocurrencia histórica de *Premnotrypes suturicallus*
- Datos de ocurrencia histórica de *Premnotrypes vorax*

2.2.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- BIO1 = Temperatura media anual
- BIO2 = Rango medio diurno (media mensual (Temperatura máx. – Temperatura mínima))
- BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
- BIO4 = Temperatura Estacional (desviación estándar *100)
- BIO5 = Temperatura máxima del mes más caliente
- BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío
- BIO7 = Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
- BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo
- BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco
- BIO10 = Temperatura media del trimestre más caliente
- BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío
- BIO12 = Precipitación anual
- BIO13 = Precipitación del mes más húmedo
- BIO14 = Precipitación del mes más seco
- BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
- BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo
- BIO17 = Precipitación del trimestre más seco
- BIO18 = Precipitación del trimestre más caliente
- BIO19 = Precipitación del trimestre más frío

2.3. METODOLOGÍA

2.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Correlacional – Explicativa, correlacional porque se relacionan variables ambientales con puntos de presencia para estimar la distribución y explicativa porque se intenta explicar los posibles factores que influyen en la distribución de las especies y los impactos causados en la agricultura.

2.3.2. TRABAJO DE CAMPO

Para la presente investigación se realizó la colecta de los especímenes en diferentes localidades de Cusco en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril de 2019, se priorizó lugares donde no se contaba con información precisa sobre la presencia de gorgojos de la papa. En cada localidad se efectuó la búsqueda en la mayor cantidad posible de campos de papa. Todos los especímenes fueron colectados de forma directa debajo de piedras, en terrones, cuellos de planta, hojarasca, situados principalmente en bordes de cultivos de papa. Posteriormente fueron llevados en frascos con alcohol, en algunos casos fue necesario el uso de cámara letal (Cianuro de potasio al 10%)

Las colectas se hicieron teniendo en cuenta el rango altitudinal a la que se puede encontrar el género en base a las siguientes citas:

- Alcazar (2002) refiere que el género *Premnotrypes* se encuentra entre los 2500 y 4700 m.
- La mayoría de especies y variedades de papa presentan un desarrollo óptimo entre los 2500 y 3800 m (Tapia & Fries, 2007). Por encima de estas altitudes se desarrollan algunas variedades de papa amarga.

Todas las variedades de papa incluyendo las variedades amargas son atacadas por el gorgojo de los andes debido a que el ciclo biológico de estos insectos depende única y exclusivamente de este tubérculo. (Alcázar & Cisneros, 1997a)

2.3.3. TRABAJO DE LABORATORIO

2.3.3.1. COLECCIÓN

Debido a que estos insectos pasan la mayor parte de su vida en el suelo, fue necesario realizar la limpieza de cada ejemplar encontrado. Posteriormente los especímenes fueron procesados con técnicas estandarizadas de colección y montaje de acuerdo al método de Márquez (2005).

2.3.3.2. IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL

La identificación del material colectado en campo se realizó con ayuda de claves elaboradas por Kuschel (1956) y con las redesccripciones posteriores de las especies del género *Premnotrypes* hechas por diferentes autores (Alcázar & Cisneros, 1997a; Yábar, 2014, 2015)

2.3.4. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICO

2.3.4.1. DATOS DE OCURRENCIA DE *Premnotrypes* spp

Los datos de ocurrencia fueron el insumo más importante para la elaboración del presente trabajo y se obtuvieron de 3 fuentes: colección, colectas en campo y literatura.

La mayor parte de los datos de ocurrencia se obtuvieron principalmente de la colección entomológica de la UNSAAC (CEUC), la cual cuenta con datos históricos de ocurrencia de las especies en estudio desde 1992. Fueron necesarias las colectas en campo para corroborar la presencia de las especies, además de los datos procedentes de fuentes bibliográficas (P. Delgado, 2005; Jarandilla, 2010; Parsa, et al., 2012; Paz, 2009; Tito, 2014). (Tabla 6)

Tabla 6. Datos de ocurrencia de las especies en estudio fuente, número de puntos y años de colecta

| Especies | Fuente | Número de puntos | Años de colecta |
|------------------------|---------------|------------------|-----------------|
| <i>P. lathitorax</i> | CEUC | 33 | 1992-2019 |
| <i>P. lathitorax</i> | ESTE ESTUDIO | 12 | 2019 |
| <i>P. lathitorax</i> | P. DELGADO | 4 | 2005 |
| <i>P. lathitorax</i> | C. JARANDILLA | 2 | 2010 |
| <i>P. lathitorax</i> | A. PAZ | 3 | 2009 |
| <i>P. solaniperda</i> | CEUC | 19 | 1992-2019 |
| <i>P. solaniperda</i> | ESTE ESTUDIO | 6 | 2019 |
| <i>P. solaniperda</i> | P. DELGADO | 4 | 2005 |
| <i>P. solaniperda</i> | C. JARANDILLA | 2 | 2010 |
| <i>P. solaniperda</i> | A. PAZ | 3 | 2009 |
| <i>P. pusillus</i> | CEUC | 10 | 1993-2008 |
| <i>P. pusillus</i> | ESTE ESTUDIO | 4 | 2019 |
| <i>P. suturicallus</i> | CEUC | 8 | 2006-2014 |
| <i>P. suturicallus</i> | R. Tito | 1 | 2014 |
| <i>P. suturicallus</i> | S. Parsa | 1 | 2012 |

Se trató de obtener la mayor cantidad de datos posibles, posteriormente fueron sistematizadas en Excel con las siguientes casillas:

- a) **Nombre científico:** Dentro de la base datos se utilizaron solo especímenes que fueron identificados a nivel de especie.
- b) **Provincia y Distrito:** Se anotó la Provincia y distrito de cada ejemplar colectado.
- c) **Localidad:** para este caso se colocó comunidad y/o centro poblado.
- d) **Altitud:** La altitud se determinó con GPS y Google Earth
- e) **Colector:** Se anotó a la persona quien realizo la colecta.
- f) **Latitud y Longitud:** para este caso se usó las coordenadas decimales, estos datos fueron los más importantes ya que fue la base para encontrar la distribución de la especie. Para el caso del material proveniente de la colección se hizo una verificación con Google Earth para determinar si las coordenadas corresponden a la localidad que se muestra en la etiqueta . Las coordenadas que mostraron alguna inconsistencia fueron excluidas del estudio
- g) **Fecha:** Se considera la Fecha de colecta.

2.3.4.2. VARIABLES AMBIENTALES

Se emplearon variables climáticas (capas ambientales) de 30 segundos de arco ($\sim 1\text{km}^2$ de resolución) que fueron obtenidas del portal Worldclim ver.1.4 (Hijmans et al., 2005). La información correspondiente a cada celda de la capa representa los valores ambientales interpolados a partir de datos observados durante 50 años desde 1950 al 2000.

Con las 19 variables ambientales disponibles se realizó un proceso de selección analizando la matriz de correlación removiendo una entre cada par de variables mediante la correlación de Pearson. De esta matriz se eliminaron sucesivamente variables hasta conseguir una correlación máxima de 0,7 ($r > 0.7$). Con este proceso se disminuye la multicolinealidad entre variables, reduciéndose la información redundante proporcionada a los algoritmos. Este análisis se efectuó con el paquete sdStaf para R-core (Atauchi et al., 2018) y rstructBio (Atauchi et al., 2020).

Posteriormente las variables ambientales seleccionadas para cada especie fueron transformadas al formato ASCII que es el formato que usa MaxEnt

Para la conversión de formato de las capas, se empleó la herramienta de conversión de ArcToolBox (ArcToolBox \rightarrow Covertion Tools \rightarrow FromRaster \rightarrow Fromraster to ASCII).

Para todos los casos el formato de entrada (input) correspondió al formato *.tif y el de salida (output) aun un archivo con el mismo nombre pero con la extensión *.asc.

2.3.4.3. MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICO

Maxent, es un programa utilizado para el modelamiento de la distribución geográfica de las especies, este utiliza un algoritmo de distribución de Máxima Entropía. Emplea los datos disponibles para encontrar la distribución probabilística de la máxima entropía (la más uniforme) de los datos de presencia de la especie en relación a los valores de las variables ambientales en los lugares en los que se encuentra. (Phillips, 2017; Phillips et al., 2006)

En este trabajo se construyeron modelos de distribución solo para aquellas especies que poseen más de 10 registros. Todos los registros de presencia de las especies fueron colocados en Excel en el formato *.csv, ya que MaxEnt requiere este formato de entrada para modelar la distribución potencial de las especies.

2.3.4.4. ÁREA DE CALIBRACIÓN

El área de calibración para cada especie fue determinada de acuerdo a los datos de ocurrencia y unidades biogeográficas. Esta área en teoría debiera ser el área accesible para la especie tomando en cuenta su capacidad máxima de dispersión. Para este caso todas las especies están limitadas solamente a la región andina y al interior de provincias biogeográficas, y con una máxima dispersión de 300 km

2.3.4.5. CALIBRACIÓN DE MODELOS

Se realizó el protocolo de calibración con la finalidad de reducir la complejidad de modelos. Se construyeron modelos usando el 70% de registros de presencia, el 30 % restante se utilizó para la evaluación bajo diferentes combinaciones de multiplicadores de regularización y clases de entidad (respuestas de modelo)

Se han evaluado 56 000 modelos candidatos, con parámetros que reflejan todas las combinaciones de 7 configuraciones de multiplicador de regularización (0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2), 8 combinaciones de clases de entidad: lq, lp, q, qp, lqp, lqpt, lqpth, lqph (l= lineal, q= cuadrático, h= bisagra, p= producto, t= umbral y 2 conjuntos distintos de variables ambientales).

2.3.4.6. EVALUACIÓN DE MODELOS

La performance del modelo se evaluó en función de la significancia estadística de la prueba parcial ROC, las tasas de omisión más bajas (OR) y el criterio de información de Akaike corregido para tamaños de muestra pequeños (AICc). Este análisis se efectuó con la función `ku_enm_ceval` implementada en el paquete `ku_enm` de R. (Cobos et al., 2019)

2.3.4.7. ANALISIS DE RIQUEZA DE ESPECIES

El mapa de riqueza fue elaborado con la finalidad de identificar áreas o lugares donde se presentan la mayor cantidad de especies, y se expresa como la suma ponderada de las distribuciones potenciales de las especies de *Premnotrypes*. Para ello se utilizó la calculadora raster de ArcGis.

2.3.4.8. ANÁLISIS GEOGRÁFICO

Posterior al modelamiento de la distribución se realizó el cálculo de áreas (áreas potenciales de distribución, distribución del género e impacto potencial sobre zonas de cultivo) para lo cual se convirtieron las coordenadas geográficas en coordenadas UTM.

El análisis del impacto potencial de la distribución de las especies de *Premnotrypes* sobre las áreas de cultivo fueron determinadas usando la zonificación ecológica y económica (ZEE) de la región Cusco (Gobierno regional de Cusco, 2005). La ZEE contiene información acerca de las potencialidades del territorio y sus limitaciones desde el punto de vista físico, biológico, social, económico y cultural (MINAM).

Para esta tesis se ha tomado en cuenta únicamente las zonas de producción para uso agropecuario en sierra donde las condiciones de suelos presentan aptitud para el desarrollo de cultivos en limpio, cultivos temporales y actividades de pastoreo.

Todas estas zonas son aptas para el cultivo de papa y por lo tanto representan áreas afectadas por el gorgojo de o andes:

- Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos.
- Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media.
- Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio.
- Zonas para pastos de calidad agrológica alta en zonas de alto valor bioecológico.
- Zonas para pastos de calidad agrológica media asociadas a cultivo en limpio.
- Zonas para pastos de calidad agrológica baja asociadas a protección.

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO

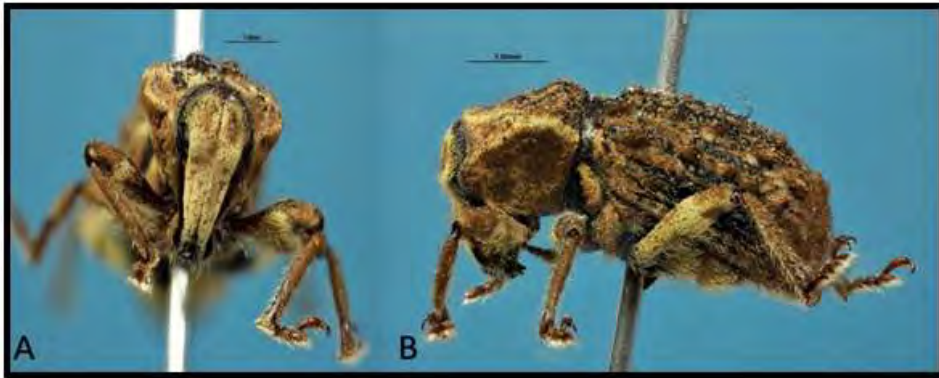
3.1.1. GÉNERO *Premnotrypes*

Especies con cuerpo de aspecto rugoso, con superficie dorsal esculpida, revestimiento con escamas densamente poblados. Rostro más largo que la cabeza, con curvatura dorsal muy pronunciada o suave; escrobas ensanchadas hacia atrás y flexionadas hacia abajo. Epistoma bajo o elevado. Antenas con escapo dilatado; funículo de siete segmentos; clava oval alargada. Mandíbulas plurisetosas y con cicatriz grande. Prementón ancho, cubre las maxilas, setoso. Protórax en vista anterior con forma de trapecio invertido o más o menos redondeado, base truncada, ápice convexo; con lóbulo ocular muy desarrollado que cubre gran parte del ojo. Élitros con declive vertical, más o menos giboso. Interestrías dorsales con tubérculos pequeños o grandes.

3.1.2. *Premnotrypes latithorax*

Escapo con escamas abundantes. Setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia adelante. Epistoma prominente, elevada, convexa, su caída hacia atrás abrupta. Estría 8 regular, puntos en hilera simple. Curvatura dorsal del rostro suave. Diente inferior de las mandíbulas agudo; nódulos basales laterales del pronoto romos (Fig. 10)

Figura 10. *Premnotrypes latithorax*, A) vista frontal, B) vista lateral



Material colectado:

Perú, Cusco, Anta, Anta, Ccpp Chakan, -13.4316, -72.1197, 3588m, 26/01/2019 Perú, Cusco, Chumbivilcas, Santo Tomas, Santo Tomas, -14.4473, -72.0911, 3686m, 10/02/2019 Perú, Cusco, Cusco, San Sebastian, Quircas, -13.599, -71.9056, 3949m, 18/02/2019 Perú, Cusco, Cusco, Cusco, Tambomachay, -13.4825, -71.959, 3740m, 27/04/2019 Perú, Cusco, Espinar, Espinar, Espinar, -14.8017, -71.3835, 3946m, 09/02/2019 Perú, Cusco, Paucartambo, Huancarani, Huancarani, 13.5092, -71.656, 3909m, 27/01/2019 Perú, Cusco, Quispicanchi, Andahuaylillas, Mancco, -13.7119, -71.7319, 3883m, 12/01/2019 Perú, Cusco, Quispicanchi, Ocongate, Ccpp Tinki, -13.6701, -71.3105, 3851m, 02/02/2019 Perú, Cusco, Quispicanchi, Ocongate, Ocongate, -13.6171, -71.3983, 3565m, 02/02/2019 Perú, Cusco, Quispicanchi, Catca, Ccopi Bajo, -13.6025, -71.5723, 3721m, 20/04/2019 Perú, Cusco, Urubamba, Chinchero, Korikanca, -13.4109, -72.0021, 3822m, 17/02/2019 Perú, Cusco, Urubamba, Maras, Mahuaypampa, -13.3689, -72.1617, 3496m, 11/04/2019

Material de la CEUC:

Perú, Ancash, Yungay, Yungay, Anipe, -9.136, -77.76, 3014m, 11/10/2015 Perú, Ancash, Corongo, Cusca, Tarica, -8.6, -77.766, 2802m, 22/10/2011 Perú, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho, , -13.1583, -74.2239, 2748m, Perú, Junin, Tarma, Tarma, , -11.4197, -75.6908, 3061m, Perú, Cusco, Anta, Huarcocondo, Andenes, -13.43, -72.23, 3525m, 30/12/1974 Perú, Cusco, Anta, Anta, Aparquilla, -13.46, -72.18, 3327m, 12/01/1993 Perú, Cusco, Anta, Chinchaypucyo, Chinchaypucyo, -13.62, -72.33, 3226m, 08/10/1992 Perú, Cusco, Anta, Ancahuasi, Huamanchacona, -13.46, -72.34, 3600m, 22/11/1993 Perú, Cusco, Calca, Pisac, Pisac, -13.41, -71.81,

3655m, Perú, Cusco, Calca, Taray, Ccaccacollo, -13.45, -71.88, 3554m, 09/06/1993
 Perú, Cusco, Calca, Pisac, Chahuaytire, -13.3849, -71.76, 3799m, 22/10/1993 Perú,
 Cusco, Calca, San Salvador, Huanca, -13.49, -71.78, 3011m, 24/09/1992 Perú,
 Cusco, Calca, Taray, Rayanniyoc, -13.46, -71.91, 3777m, 11/09(1992 Perú, Cusco,
 Canchis, Checacupe, Checacupe, -14.02, -71.44, 3792m, 15/02/1999 Perú, Cusco,
 Canchis, Sicuani, Hercca, -14.31, -71.24, 3589m, Perú, Cusco, Chumbivilcas,
 Quiñota, Huañacahua, -14.29, -72.13, 3789m, Perú, Cusco, Urubamba, Chinchero,
 Chinchero, -13.39, -72.05, 3720m, 15/12/1996 Perú, Cusco, Urubamba,
 Huayllabamba, Huatata, -13.37, -72.07, 3766m, 15/02/2002 Perú, Cusco, Urubamba,
 Maras, Qollana, -13.37, -72.13, 3514m, Perú, Apurímac, Andahuaylas, San
 Jerónimo, Cupisa, -13.65, -73.36, 3004m, 12/11/2006 Perú, Apurímac, Andahuaylas,
 Andahuaylas, Huancabamba, -13.65, -73.38, 3108m, 13/11/2006 Perú, Apurímac,
 Andahuaylas, Andahuaylas, Nueva Esperanza, -13.65, -73.42, 2917m, 14/11/2006
 Perú, Puno, El Collao, Pilcuyo, Wilamaya, -16.0533, -69.5227, 3826m, 05/03/2019
 Perú, Puno, Yunguyo, Yunguyo, Tahuaco, -16.3183, -69.0583, 3870m, 20/05/2019
 Perú, Puno, Puno, Atuncolla, Sillustani, -15.7211, -70.1583, 3862m, 21/05/2019 Perú,
 Puno, Chucuito, Juli, , -16.241, -69.451, 3988m, Perú, Puno, Puno, Mañazo, , -15.79,
 -70.34, 3920m, BOLIVIA, , , , Colomi, -17.35, -65.8667, 3446m, BOLIVIA, , , , , -
 16.717, -69.0861, 3833m, BOLIVIA, , , , Kalaque, -16.1, -68.8833, 3860m, BOLIVIA,
 , La Paz, , , -16.5, -68.15, 3789m, BOLIVIA, , Yunguyo, Yunguyo, San Juantahuaco,
 -17.4089, -68.7831, 3913m, CHILE, , , , -18.2, -69.5833, 3384m

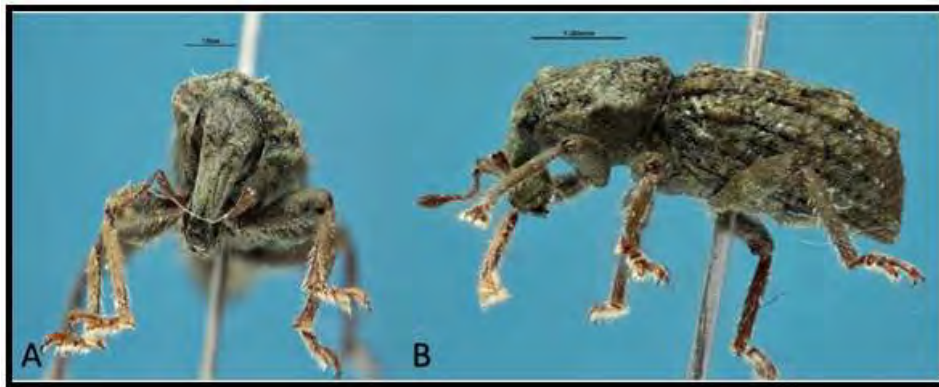
Datos bibliográficos:

Perú, Puno, El Callao, ilave, Wilamaya, -16.0519, -69.5611, 3829m Perú, Puno,
 Puno, Cap Achica , Capachica, -15.7561, -70.1742, 3869m Perú, Puno, Chucuito,
 Juli, Irupalca, -16.4042, -69.7258, 4187m Perú, Puno, Azangaro, San José, Chaupi
 Sahuacasi, -14.6383, -70.515, 4072m Bolivia, La Paz, Aroma, Mun. Umala, Vinto
 Coopani , -17.3294, -68.1216, 3983m Bolivia, La Paz, Aroma, Mun Patacamaya,
 Jatuquira, -17.2723, -67.9605, 3839m Bolivia, La Paz, Omasuyos, Ancoraimos,
 Chinchaya, -15.926, -68.794, 3.856m Bolivia, La Paz, Omasuyos, Ancoraimos,
 Calahuancane Baja, -15.839, -68.8469, 4.095m Bolivia, La Paz, Omasuyos,
 Ancoraimos, Chojñapata , -15.7879, -68.8766, 4.313m

3.1.3. *Premnotrypes solaniperda*

Escapo con escamas abundantes. Setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia adelante. Epistoma evidente pero no prominente, casi plano, su caída posterior tenue. Estría 8 regular, puntos en hilera simple. Metatarsómero 2 claramente más largo que ancho tubérculos de interestrías 3 y 5 de tamaño similar (Fig. 11)

Figura 11. *P. solaniperda*, A) vista frontal, B) vista lateral



Material colectado:

Perú, Cusco, Anta, Anta, Ccpp Chakan, -13.4316, -72.1197, 3588m, 26/01/2019 Perú,
Cusco, Chumvivilcas, Santo Tomas, -14.4473, -72.0911, 3686m, 10/02/2019 Perú,
Cusco, Cusco, Santiago, Ramiro Priale, -13.5344, -71.9871, 3492m, 19/01/2019 Perú,
Cusco, Espinar, Espinar, -14.8017, -71.3835, 3946m, 09/02/2019 Perú, Cusco,
Paucartambo, Huancarani, -13.5092, -71.656, 3909m, 27/01/2019 Perú, Cusco,
Quispicanchi, Ocongate, -13.6171, -71.3983, 3565m, 02/02/2019

Material de la CEUC

Perú, Apurimac, Andahuaylas, San Jeronimo, , -13.65, -73.36, 3004m, 12/11/2006
Perú, Apurimac, Andahuaylas, Andahuaylas, , -13.7333, -73.35, 3632m, 13/11/2006
Perú, Cusco, Acomayo, Acos, Acos, -13.94, -71.71, 3200m, Perú, Cusco, Anta, Anta,
Aparquilla, -13.46, -72.16, 3338m, Perú, Cusco, Calca, Taray, Rayanniyoc, -13.46, -
71.91, 3776m, 11/09/1992 Perú, Cusco, Calca, Taray, Ccaccacollo, -13.45, -71.88,
3555m, 09/06/1993 Perú, Cusco, Canchis, Checacupe, Checacupe, -14.02, -71.44,

3791m, 08/12/1995 Perú, Cusco, Chumbivilcas, Quiñota, Huañacahua, -14.29, -72.13, 3788m, 08/03/1993 Perú, Cusco, Urubamba, Maras, Qollana, -13.37, -72.13, 3514m, 29/07/1992 Perú, Cusco, Urubamba, Maras, Mahuaypampa, -13.3689, -72.1617, 3496m, 11/04/2019 Perú, Arequipa, Cailloma, Lluta, Chucura, -15.8475, -71.9208, 4364m, 25/03/2019 Perú, Puno, Puno, Atuncolla, Sillustani, -15.7211, -70.1583, 3862m, 21/05/2019 Perú, Puno, El Collao, Pilcuyo, Wilamaya, -16.0533, -69.5227, 3826m, 05/03/2019 Perú, Puno, Chucuito, Juli, , -16.2013, -69.4578, 3828m, 22/11/2004 Perú, Puno, Puno, Mañazo, Mañazo, -15.79, -70.34, 3920m, 04/02/2004 Bolivia, , , , -16.05, -68.6833, 3843m, Bolivia, , , , -16.2, -68.6333, 3842m, Bolivia, , , , La Joya, -17.7817, -67.5025, 3747m, Bolivia, , , , Kalaque, -16.1, -68.8833, 3860m,

Datos bibliográficos

Perú, Puno, El Callao, Llave, Wilamaya, -16.0519, -69.5611, 3829m, 2005 Perú, Puno, Puno, Cap Achica , Capachica, -15.7561, -70.1742, 3870m, 2005 Perú, Puno, Chucuito, Juli, Irupalca, -16.4042, -69.7258, 4189m, 2005 Perú, Puno, Azángaro, San José, Chaupi Sahuacasi, -14.6383, -70.515, 4072m, 2005 Bolivia, La Paz, Aroma, Mun. Umala, Vinto Coopani , -17.3294, -68.1216, 3983m, 2010 Bolivia, La Paz, Aroma, Mun Patacamaya, Jatuquira, -17.2723, -67.9605, 3839m, 2010 Bolivia, La Paz, Omasuyos, Ancoraimos, Chinchaya, -15.926, -68.794, 3.856m, 2009 Bolivia, La Paz, Omasuyos, Ancoraimos, Calahuancane Baja, -15.839, -68.8469, 4.095m, 2009 Bolivia, La Paz, Omasuyos, Ancoraimos, Chojñapata , -15.7879, -68.8766, 4.313m, 2009

3.1.4. *Premnotrypes pusillus*

Escapo sin escamas o éstas poco conspicuas. Escamas y setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia atrás. Disco del pronoto prácticamente sin escamas, brillante; algunas escamas dispuestas a los lados del pronoto. Curvatura dorsal del rostro suave. (Fig.12)

Figura 12. *pusillus*, A) vista frontal, B) vista lateral



Material colectado

Perú, Cusco, Quispicanchi, Andahuaylillas, Comunidad Mancco, -13.7119, -71.7319, 3883m, 12/01/2019 Perú, Cusco, Paucartambo, Huancarani, Huancarani, -13.5092, -71.656, 3909m, 27/01/2019 Perú, Cusco, Quispicanchi, Ocongate, Ccpp Tinki, -13.6701, -71.3105, 3851m, 02/02/2019 Perú, Cusco, Anta, Anta, Ccpp Chakan, -13.4316, -72.1197, 3588m, 26/01/2019

Material de la CEUC

Perú, Pasco, Pasco, Huayllay, , -10.9167, -76.333, 4151m, Perú, Junin, Yauli, La Oroya, La Oroya, -11.5333, -75.9, 3960m, Perú, Apurimac, Andahuaylas, San Jeronimo, Cupisa, -13.6666, -73.2666, 3665m, 12/11/2006 Perú, Apurimac, Aymaraes, Huayllo, Pochccota, -14.0833, -73.2666, 2600m, 13/11/2006 Perú, Apurimac, Andahuaylas, San Jeronimo, Cupisa, -13.6828, -73.2786, 3718m, Perú, Cusco, Anta, Anta, Iscuchaca, -13.4631, -72.1553, 3339m, 1949 Perú, Cusco, Cusco, Cusco, Sacsayhuaman, -13.5077, -71.9789, 3563m, 02/07/2008 Perú, Cusco, Calca, Taray, Quecayoc, -13.4697, -71.8522, 4129m, Perú, Cusco, Cusco, San Jeronimo, Pata Pata, -13.54, -71.86, 3520m, 1949 Perú, Cusco, Anta, Ancahuasi, Saratohuaylla, -13.46, -72.34, 3601m, 18/03/1993

3.1.5. *Premnotrypes suturicallus*

Escapo sin escamas o éstas poco conspicuas. Escamas y setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia atrás. Curvatura dorsal del rostro suave. Disco del pronoto densamente cubierto con escamas. Con nódulos (“callo”) en la sutura elitral en la parte media del declive elitral. (Fig. 13)

Figura 13. . *P. suturicallus*, A) vista frontal, B) vista lateral



Material de la CEUC

Perú, Apurímac, Andahuaylas, Andahuaylas, Tunacancha, -13.65, -73.38, 3111m,
12/11/2006 Perú, Cusco, Calca, Taray, Quecayoc, -13.4697, -71.8522, 4129m, 2008
Perú, Junín, Jauja, Masma Chicche, Anexo Nununhuayo, -11.7852, -75.3723,
3724m, Perú, Ayacucho, La Mar, Santa Rosa, Usmay, -12.8628, -73.8962, 3990m,
16/11/2006 Perú, Huancavelica, Tayacaja, Pazos, Pazos, -12.2644, -75.0678, 3842m,
2014 Perú, Junín, Junín, Carhuamayo, Carhuamayo, -10.9167, -76.0333,
4270m, Perú, Junín, Yauli, La Oroya, La Oroya, -11.5333, -75.9, 3960m, Perú,
Junín, Jauja, Acolla, Chocón, -11.7706, -75.5267, 3478m.

Datos bibliográficos

Perú, Huancavelica, Angaraes, Lircay, Ahuay, -12.9122, -74.6922, 3630m,
2013, Perú, Huancavelica, Acobamba, Paucara, Chopca, -12.7491, -74.7265,
3765m, 2009.

3.2. OCURRENCIA DE LAS ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES

Los registros de ocurrencia de las especies de gorgojo de los andes fueron obtenidas a partir de colectas propias, muestras de colección y fuentes bibliográficas, estas fueron agrupadas a su vez en puntos de presencia a diferentes escalas como lo muestra la tabla 7, se puede apreciar que la mayor parte de datos utilizados para este estudio, en el caso de *P. lathitorax*, *P. solaniperda* y *P. pusillus*, son de Cusco. Exceptuando el caso de *P. suturicallus* cuyos datos de ocurrencia en su mayoría se presentan en el centro del país, el único registro local que se tiene de esta especie corresponde a la localidad de Quecayoc en Calca.

La totalidad de datos de ocurrencia de las especies de gorgojos fue mucho mayor al número mostrado en la tabla 7 debido a la aglomeración que presentaban en determinadas localidades fueron removidos y excluidos del estudio. De modo que los puntos restantes mostrados en la tabla corresponden a datos utilizados para el modelamiento de distribución.

Tabla 7. Datos considerados en el presente estudio a diferentes escalas espaciales para el modelamiento de nicho ecológico bajo condiciones ambientales.

| ESPECIE | REGIONAL (REGION CUSCO) | NACIONAL (FUERA DE CUSCO) | INTERNACIONAL (FUERA DE PERU) | TOTAL |
|------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------|
| <i>P. lathitorax</i> | 27 | 16 | 11 | 54 |
| <i>P. solaniperda</i> | 14 | 11 | 9 | 34 |
| <i>P. pusillus</i> | 9 | 5 | 0 | 14 |
| <i>P. suturicallus</i> | 1 | 9 | 0 | 10 |

3.3. MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS

3.3.1. CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES A LOS MODELOS

Los modelos presentados de acuerdo a puntos de presencia y variables climáticas seleccionaron variables por medio de la correlación de Pearson y se muestran en la tabla 8, cada una de estas posee un porcentaje de contribución las cuales se traducen en variables de importancia para la especie. El resto de variables que no se muestran

fueron eliminados del estudio debido a que incorporan información redundante o incertidumbre espacial.

Para los modelos de *P. latithorax* y *P. suturicallus* la variable de mayor contribución fue la temperatura del trimestre más cálido (Bio10) referido a los meses de diciembre, enero y febrero con 24.2% y 72.7% respectivamente. Para el caso de *P. solaniperda* fue la Temperatura media del trimestre más frío (bio9), meses de junio, julio y agosto con 40.5%, mientras que para *P. pusillus* la variable que aportó con mayor contribución fue la precipitación anual (Bio12) con 40.7%. Asimismo, la variable en común para todos los modelos fue la isothermalidad (Bio3), aportando entre 5.9% y 23.9% de contribución. (Tabla 8)

Tabla 8. Resumen de la contribución porcentual de las variables a los modelos de nicho ecológico de las especies de gorgojo de los andes *Premnotrypes spp.*

| Variable | Descripción | <i>P. latithorax</i> | <i>P. solaniperda</i> | <i>P. pusillus</i> | <i>P. suturicallus</i> |
|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| Bio2 | Rango medio mensual de T° | 15.6 | | | |
| Bio3 | Isotermalidad | 12.4 | 5.9 | 11.3 | 23.9 |
| Bio4 | Estacionalidad de la T° | | 12.5 | | |
| Bio5 | T° máxima del mes más cálido | | 8 | | |
| Bio7 | Rango anual de T° | | 0.2 | 7.2 | |
| Bio10 | T° media del trimestre más cálido | 24.2 | | | 72.7 |
| Bio11 | T° media del trimestre más frío | | 40.5 | 22.7 | |
| Bio12 | Pcpt anual | | | 40.7 | |
| Bio13 | Pcpt del mes más húmedo | 11.9 | | 2 | |
| Bio14 | Pcpt del mes más seco | 21.4 | 0.1 | | |
| Bio15 | Estacionalidad de la pcpt | 14.5 | 32.7 | 2.1 | |
| Bio16 | Pcpt del trimestre más lluvioso | | | 14.1 | 1 |
| Bio17 | Pcpt del trimestre más seco | | 26.4 | | 2.5 |

De acuerdo a los valores expresados en la tabla anterior, cada especie de *Premnotrypes* responde a una o más variables en forma independiente no encontrándose un patrón en común.

3.3.2. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICO DE LA ESPECIE *Premnotrypes latithorax*

La tabla 9 muestra las variables de mayor contribución para esta especie siendo la Temperatura media del trimestre más caliente (diciembre, enero y febrero) y la Precipitación del mes más seco (julio) las variables con mayor aporte al modelo con un 45.60% de contribución.

Tabla 9. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie *P. latithorax*

| Variable | Descripción | Porcentaje de contribución | Mínima | Máxima |
|----------|--|----------------------------|--------|--------|
| Bio2 | Rango diurno medio | 15.6 | 6.1 | 20.9 |
| Bio3 | Isotermalidad | 12.4 | 4.8 | 9.1 |
| Bio10 | Temperatura media del trimestre más caliente | 24.2 | -3.1 | 27.2 |
| Bio13 | Precipitación del mes más húmedo | 11.9 | 0 | 888 |
| Bio 14 | Precipitación del mes más seco | 21.40 | 0 | 273 |
| Bio15 | Estacionalidad de la precipitación | 14.5 | 0 | 214 |

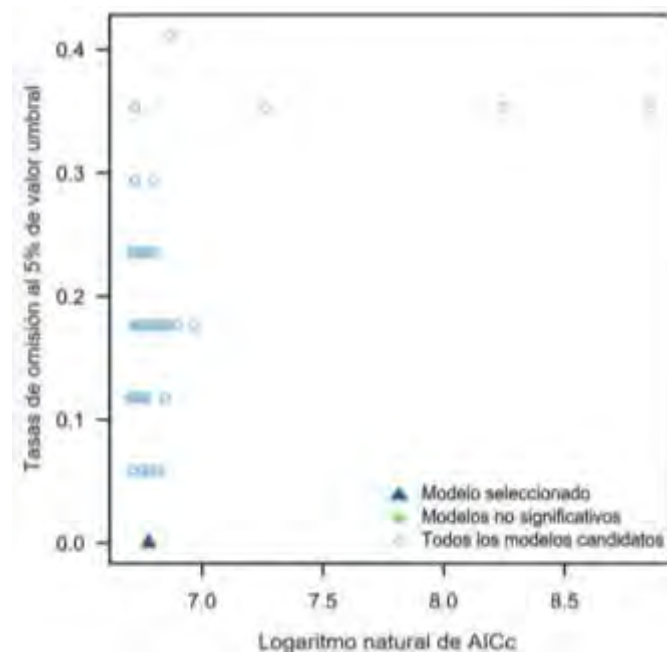
El modelo menos complejo y con mejor rendimiento evaluado mediante los valores de media de AUC ratio, tasa de omisión mínima y AICc (criterio de información de Akaike) se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de *P. latithorax*

| Especie | Modelo | Media_AUC ratio | pval pROC | Tasa de Omisión_5% | AICc | Delta AICc | N_parametros |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------|--------------------|---------|------------|--------------|
| <i>P. latithorax</i> | M_0.25_F_lp_Set_1 | 2.668 | <0.001 | 0 | 878.526 | 0 | 15 |

La figura 14 muestra la posición de los modelos seleccionados en la distribución de todos los modelos candidatos en términos de significancia estadística, tasas de omisión y valores AICc.

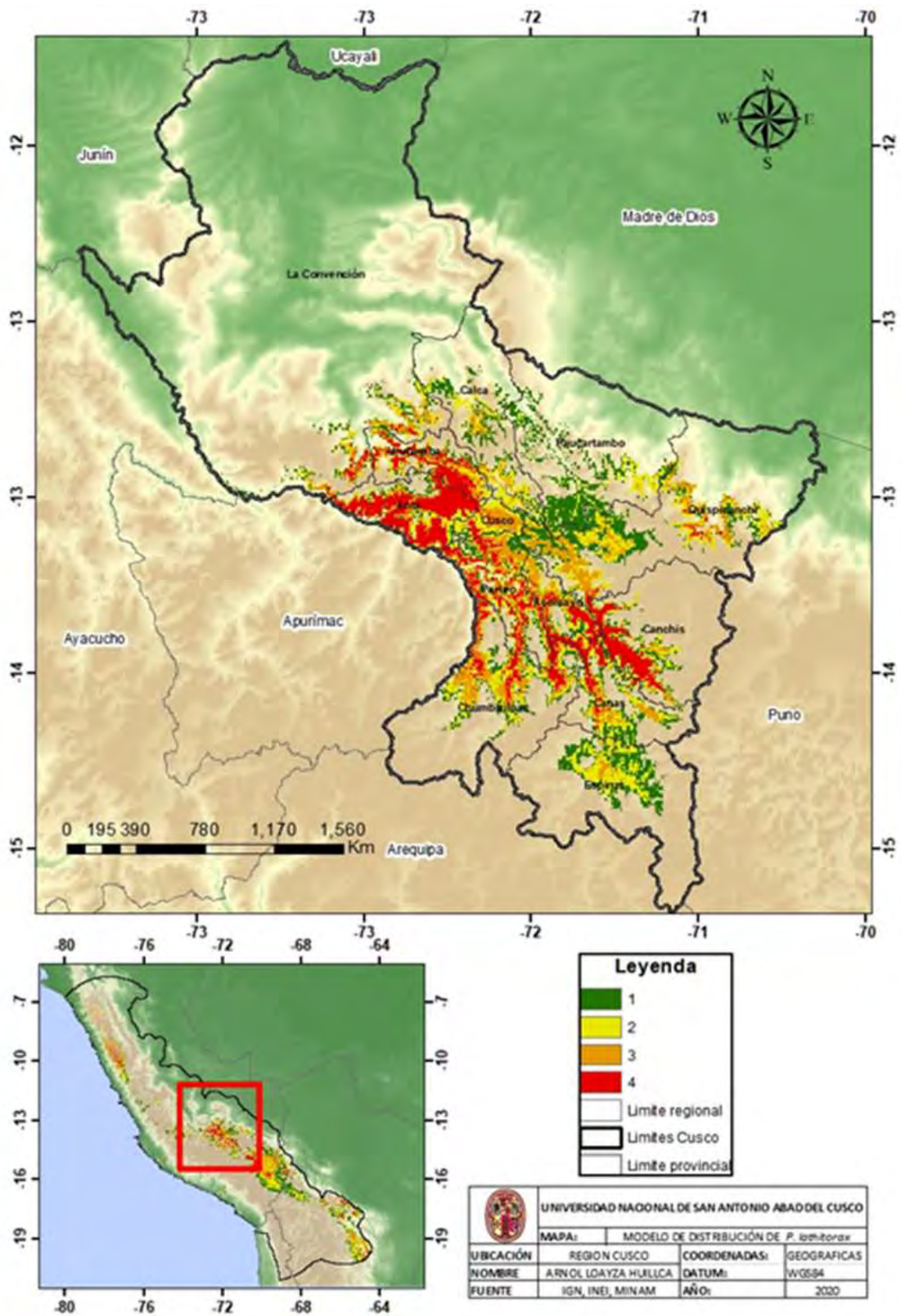
Figura 14. Gráfica de rendimiento del modelo de *P. lathitorax*



La figura 15 muestra el modelo de distribución de la especie *P. lathitorax*: el color rojo y naranja indican zonas de alta idoneidad de hábitat para la especie en la region andina de Cusco, representado principalmente por las provincias de Urubamba, Anta, Cusco, Acomayo, Paruro y Canchis. Mientras que las tonalidades amarillentas y verdes representan condiciones típicas para el desarrollo de la especie, estas están representadas por el resto de provincias del Cusco.

La distribución potencial de esta especie abarca una superficie aproximada de 15344.450 km² (alrededor del 49.46% del área potencial del género).

Figura 15. Modelo de distribución de *P. lathitorax* en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco.



3.3.3. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE LA ESPECIE *Premnotrypes solaniperda*

La tabla 11 muestra las variables de mayor contribución para la especie *Premnotrypes solaniperda* siendo la Temperatura media del trimestre más frío (bio11) la variable con mayor aporte la cual proporcionó el 40.5% de contribución al modelo seguido de la Estacionalidad de la precipitación (bio15) con 32.7%. Ambas variables aportan con el 73.2 % al modelo. El resto de variables que se muestran son de menor importancia debido al bajo porcentaje que aportan para la construcción del modelo.

Tabla 11. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie *P. solaniperda*

| Variable | Descripción | Porcentaje de contribución | Mínima | Máxima |
|----------|--|----------------------------|--------|--------|
| Bio3 | Isotermalidad | 5.9 | 5 | 8.7 |
| Bio4 | Estacionalidad de la temperatura | 12.5 | 40.2 | 40.35 |
| Bio5 | Temperatura máxima del mes más caliente | 8 | 7.3 | 32.9 |
| Bio7 | Rango anual de temperatura | 0.2 | 12.4 | 30.7 |
| Bio11 | Temperatura media del trimestre más frío | 40.5 | -7.6 | 25.4 |
| Bio13 | Precipitación del mes más húmedo | | 0 | 950 |
| Bio14 | Precipitación del mes más seco | 0.1 | 0 | 284 |
| Bio15 | Estacionalidad de la precipitación | 32.7 | 0 | 192 |

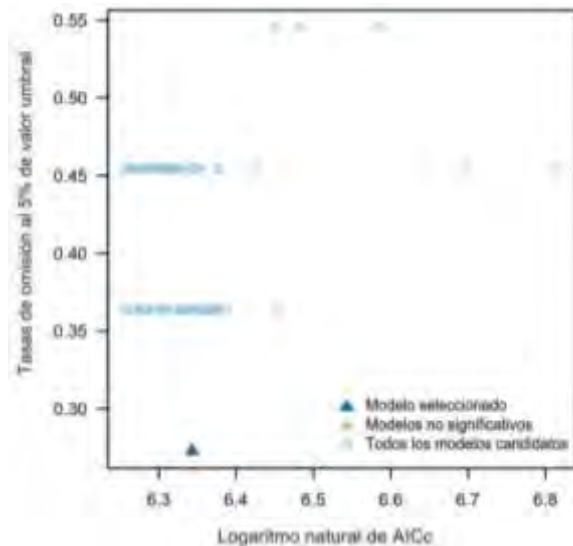
El modelo menos complejo y con mejor rendimiento evaluado mediante los valores de media de AUC ratio, tasa de omisión mínima y AICc (criterio de información de Akaike) se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie *P. solaniperda*

| Especie | Modelo | Media_AUC_ratio | pval pROC | Tasa de Omisión_5% | AICc | Delta AICc | N_parametros |
|-----------------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------|---------|------------|--------------|
| <i>P. solaniperda</i> | M_1_F_q_Set_2 | 2.280 | <0.001 | 0.273 | 568.483 | 0 | 7 |

La figura 16 muestra la posición de los modelos seleccionados en la distribución de todos los modelos candidatos en términos de significancia estadística, tasas de omisión y valores AICc.

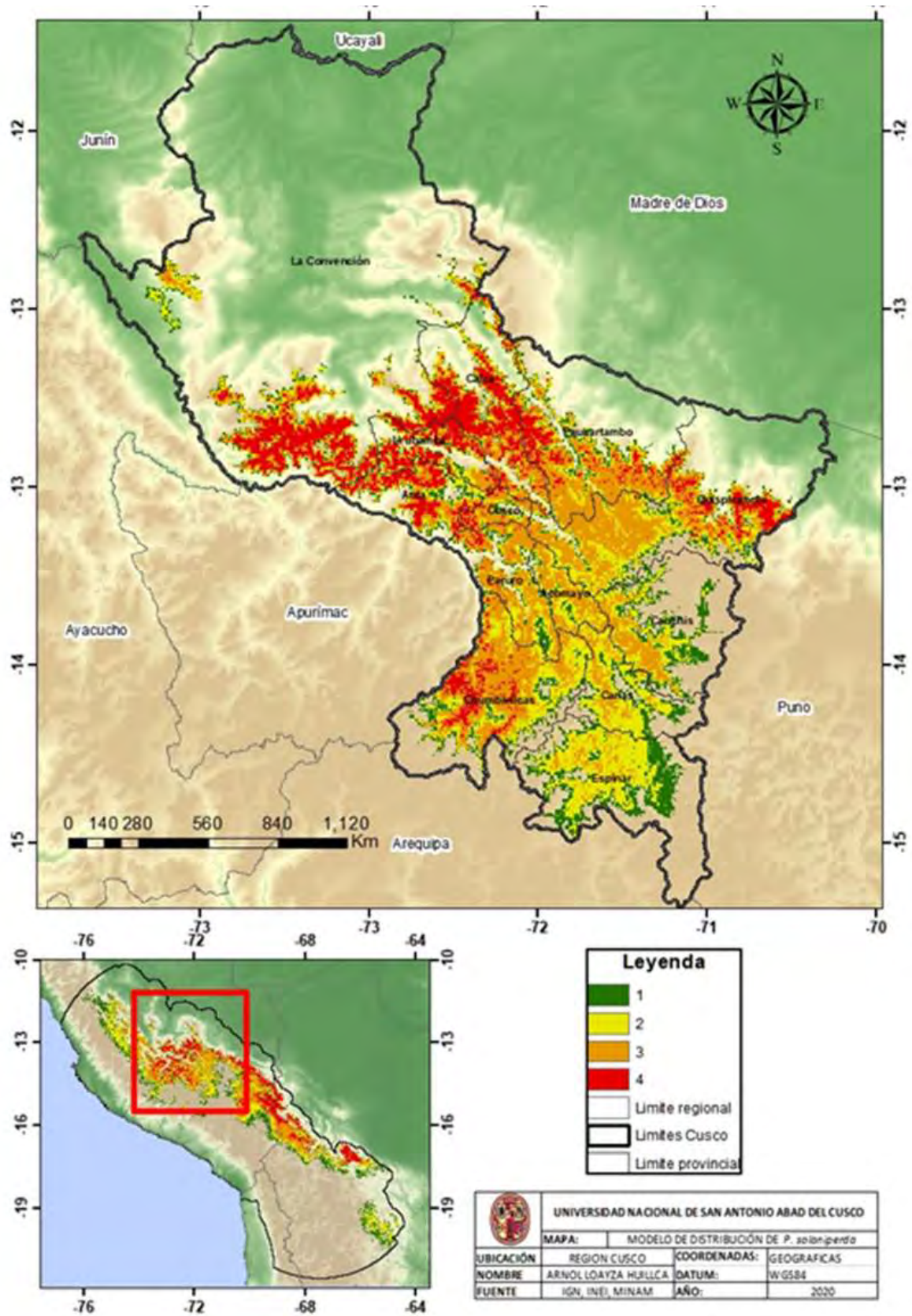
Figura 16. Gráfica de rendimiento del modelo de *P. solaniperda*



La figura 17 muestra el modelo de distribución de la especie *P. solaniperda*, el cual posee un área de alta idoneidad de hábitad que abarca casi la totalidad de provincias del Cusco incluido parte de La Convención. Se observa de color amarillo y verde las zonas con condiciones típicas para el desarrollo de la especie en el sur del Cusco (Espinar y Canas)

La distribución potencial de esta especie abarca una superficie aproximada de 28119.166 km² (alrededor de 90.63% del área potencial del género).

Figura 17. Modelo de distribución de *P. solaniperda* en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco.



3.3.4. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICO DE LA ESPECIE *Premnotrypes pusillus*

La tabla 13 muestra las variables de mayor contribución para la especie *P. pusillus* siendo la Precipitación anual (bio12) la variable con mayor aporte la cual proporciona el 40.7% seguido de la Temperatura media del trimestre más frío (bio1) con 22.7%. Ambas variables proporcionan el 63.4% de contribución.

Tabla 13. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie *P. pusillus*

| Variable | Descripción | Porcentaje de contribución | Mínima | Máxima |
|----------|--|----------------------------|--------|--------|
| Bio3 | Isotermalidad | 11.1 | 6.3 | 9.2 |
| Bio7 | Rango anual de temperatura | 7.2 | 12.4 | 30.7 |
| Bio11 | Temperatura media del trimestre más frío | 22.7 | -6.6 | 25.9 |
| Bio12 | Precipitación anual | 40.7 | 23 | 6210 |
| Bio13 | Precipitación del mes más húmedo | 2 | 6 | 975 |
| Bio15 | Estacionalidad de la precipitación | 2.1 | 27 | 171 |
| Bio16 | Precipitación del trimestre más húmedo | 14.1 | 15 | 2554 |

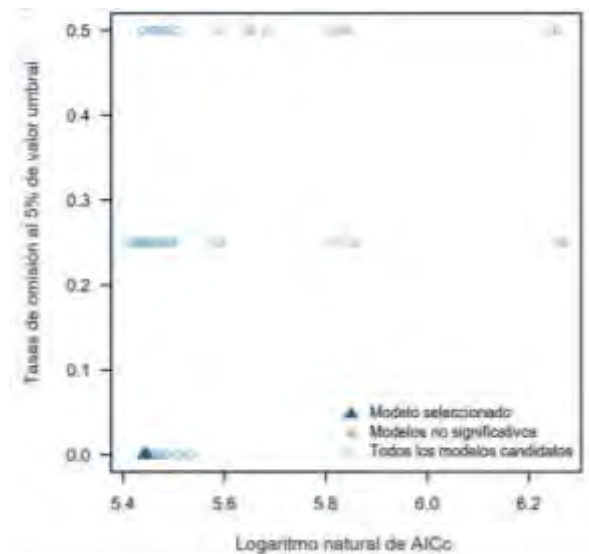
El modelo menos complejo y con mejor rendimiento evaluado mediante los valores de media de AUC ratio, tasa de omisión mínima y AICc (criterio de información de Akaike) se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de *P. pusillus*

| Especie | Modelo | Media_AUC_ratio | pval pROC | Tasa de Omisión_5% | AICc | Delta AICc | N_parametros |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------|--------------------|---------|------------|--------------|
| <i>P. pusillus</i> | M_1.5_F_lp_Set_2 | 2.000 | <0.001 | 0 | 230.680 | 0 | 2 |

La figura 18 muestra la posición de los modelos seleccionados en la distribución de todos los modelos candidatos en términos de significancia estadística, tasas de omisión y valores AICc.

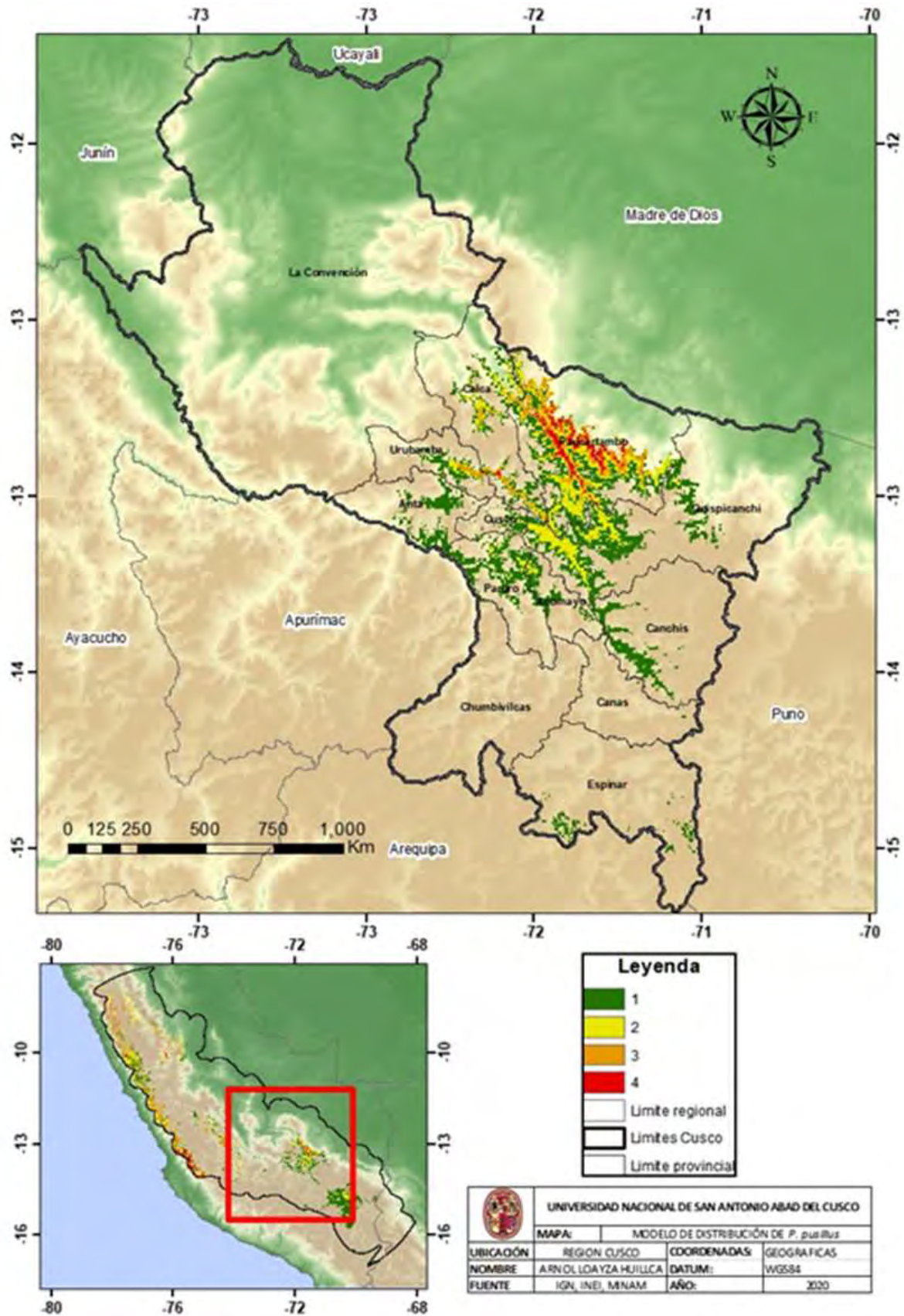
Figura 18. Gráfica de rendimiento del modelo de *P. pusillus*



La figura 19 muestra el modelo de distribución de la especie *P. pusillus*, el cual posee un área de alta idoneidad de hábitat ubicado principalmente en la provincia de Paucartambo y pequeñas zonas entre Urubamba y Calca. Se observa de color amarillo y verde las zonas con condiciones típicas para el desarrollo de la especie ubicado en las provincias de Anta, Cusco, Paruro, Acomayo, Canchis y Quispicanchi.

La distribución potencial de esta especie abarca una superficie aproximada de 6654.156 km² (alrededor de 21.45 % respecto al área potencial del género).

Figura 19. Modelo de distribución de *P. pusillus* en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco.



3.3.5. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICO DE LA ESPECIE *Premnotrypes suturicallus*

La tabla 15 muestra las variables de mayor contribución e importancia para la especie *P. suturicallus* siendo la Temperatura media del trimestre más caliente (bio10) la variable con mayor aporte la cual proporciona el 72.7% de contribución al modelo seguido de la Isotermalidad (bio3) con 23.9%, ambas variables proporcionan el 96.6% de contribución para el modelo.

Tabla 15. Variables climáticas utilizadas en el modelo de nicho ecológico de la especie *P. suturicallus*

| Variable | Descripción | Porcentaje de contribución | Mínima | Máxima |
|----------|--|----------------------------|--------|--------|
| Bio3 | Isotermalidad | 23.9 | 6.4 | 9.2 |
| Bio10 | Temperatura media del trimestre más caliente | 72.7 | 0 | 27 |
| Bio16 | Precipitación del trimestre más húmedo | 1 | 17 | 2462 |
| Bio17 | Precipitación del trimestre más seco | 2.5 | 0 | 870 |

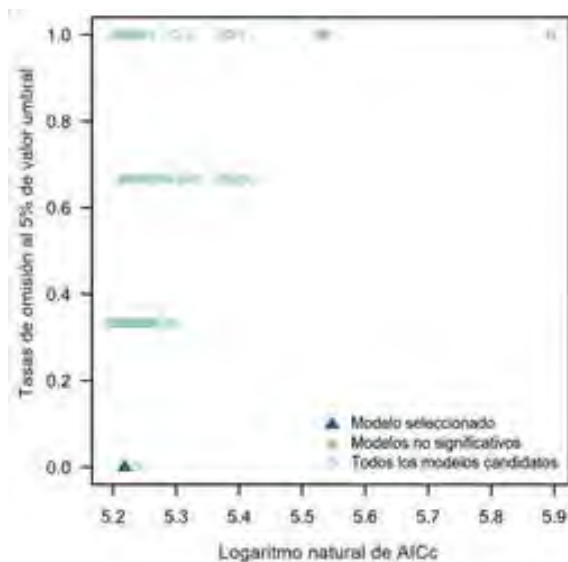
El modelo menos complejo y con mejor rendimiento evaluado mediante los valores de media de AUC ratio, tasa de omisión mínima y AICc (criterio de información de Akaike) se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Configuración de parámetros con mejor rendimiento usados para calibrar el modelo de nicho ecológico de *P. suturicallus*

| Especie | Modelo | Media_AUC_ratio | pval pROC | Tasa de Omisión_5% | AICc | Delta AICc | N_parametros |
|------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|---------|------------|--------------|
| <i>P. suturicallus</i> | M_2_F_lp_Set_2 | 1.999 | <0.001 | 0 | 184.583 | 0 | 1 |

La figura 20 muestra la posición de los modelos seleccionados en la distribución de todos los modelos candidatos en términos de significancia estadística, tasas de omisión y valores AICc

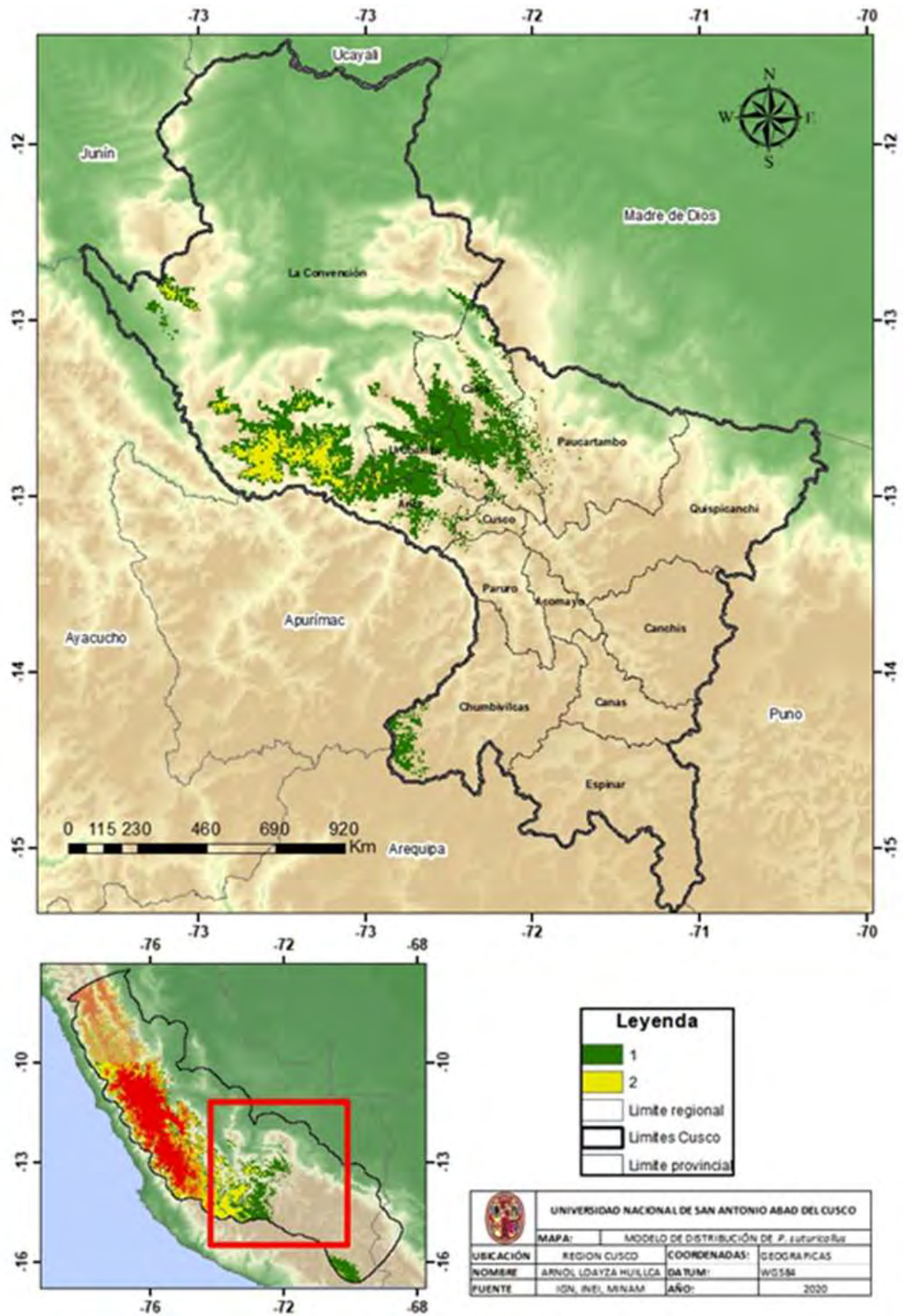
Figura 20. Gráfica de rendimiento del modelo de *P. suturicallus*



La figura 21 muestra el modelo de distribución de la especie *P. suturicallus*, el cual posee un área con condiciones típicas para el desarrollo de la especie ubicado principalmente en la provincia de La Convención y parte de las provincias de Anta, Urubamba y Calca

La distribución potencial de esta especie abarca una superficie aproximada de 6154.010 km² (alrededor de 19.83 % respecto al área potencial del género).

Figura 21. Modelo de distribución de *P. suturicallus* en base a condiciones climaticas en la region andina de Cusco.

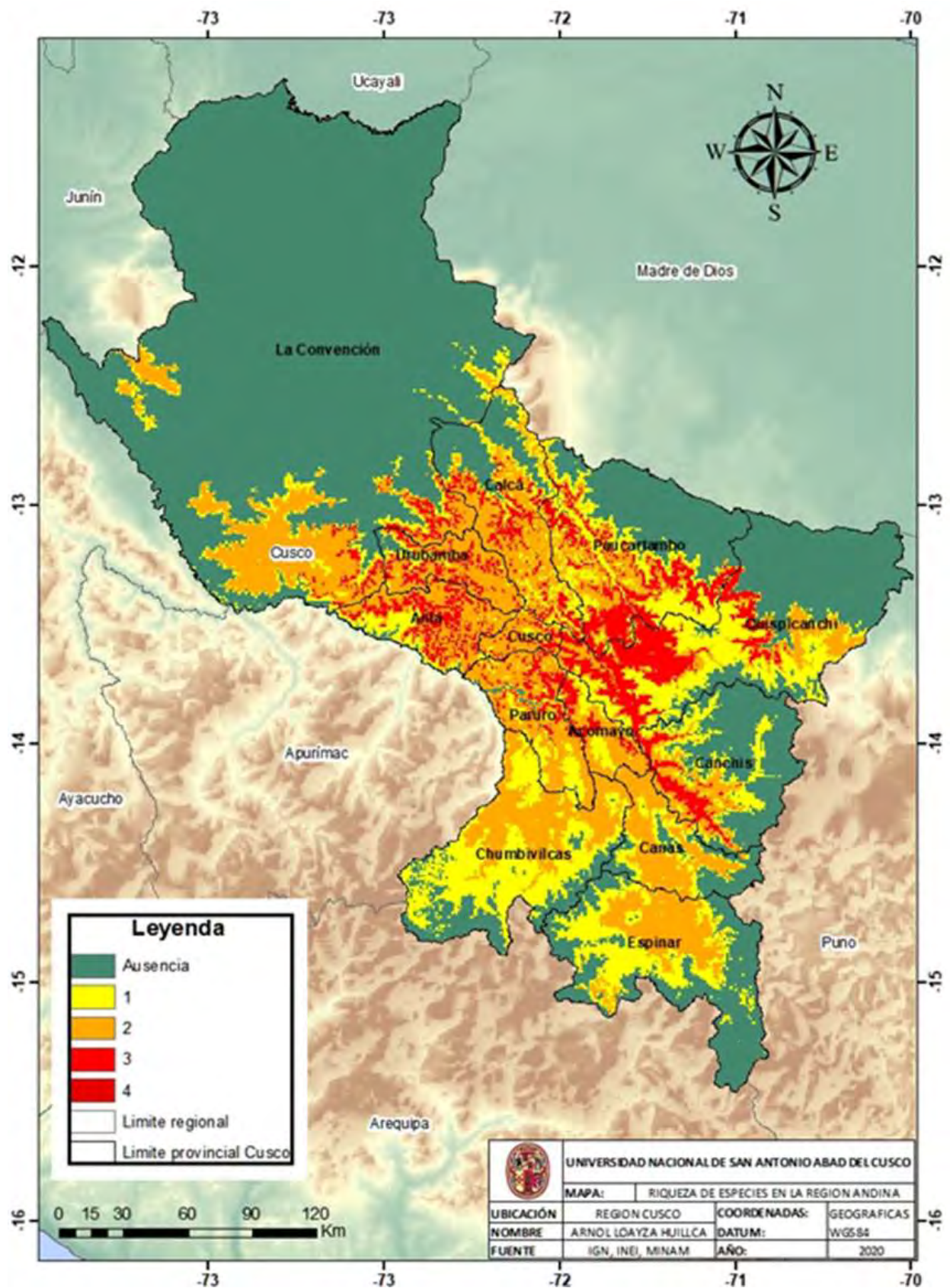


3.4. RIQUEZA DE ESPECIES DE GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA DE CUSCO

En la figura 22, se puede identificar de color rojo áreas potencialmente adecuadas para las especies de *Premnotrypes* en términos de riqueza las cuales representan una superficie de 5039.45 km². Estas áreas están comprendidas principalmente en las provincias de Canchis, Quispicanchi y Paucartambo. Una posible explicación podría ser el hecho de que estos lugares presentan condiciones ambientales similares para el desarrollo de estas especies al tratarse de provincias vecinas, se debe tomar en cuenta que estas zonas no cuentan con abundantes registros.

Realizando una inspección más detallada del mapa se puede observar áreas discontinuas (parches) que representan áreas con mayor riqueza de especies las cuales están comprendidas en las provincias vecinas de Anta, Urubamba y Calca. Es posible que en estas zonas se tengan discontinuidades ambientales que afecten a una o dos especies, resultando a consecuencia estos parches.

Figura 22. Riqueza de especies de *Premnotypes spp* en la región andina de Cusco



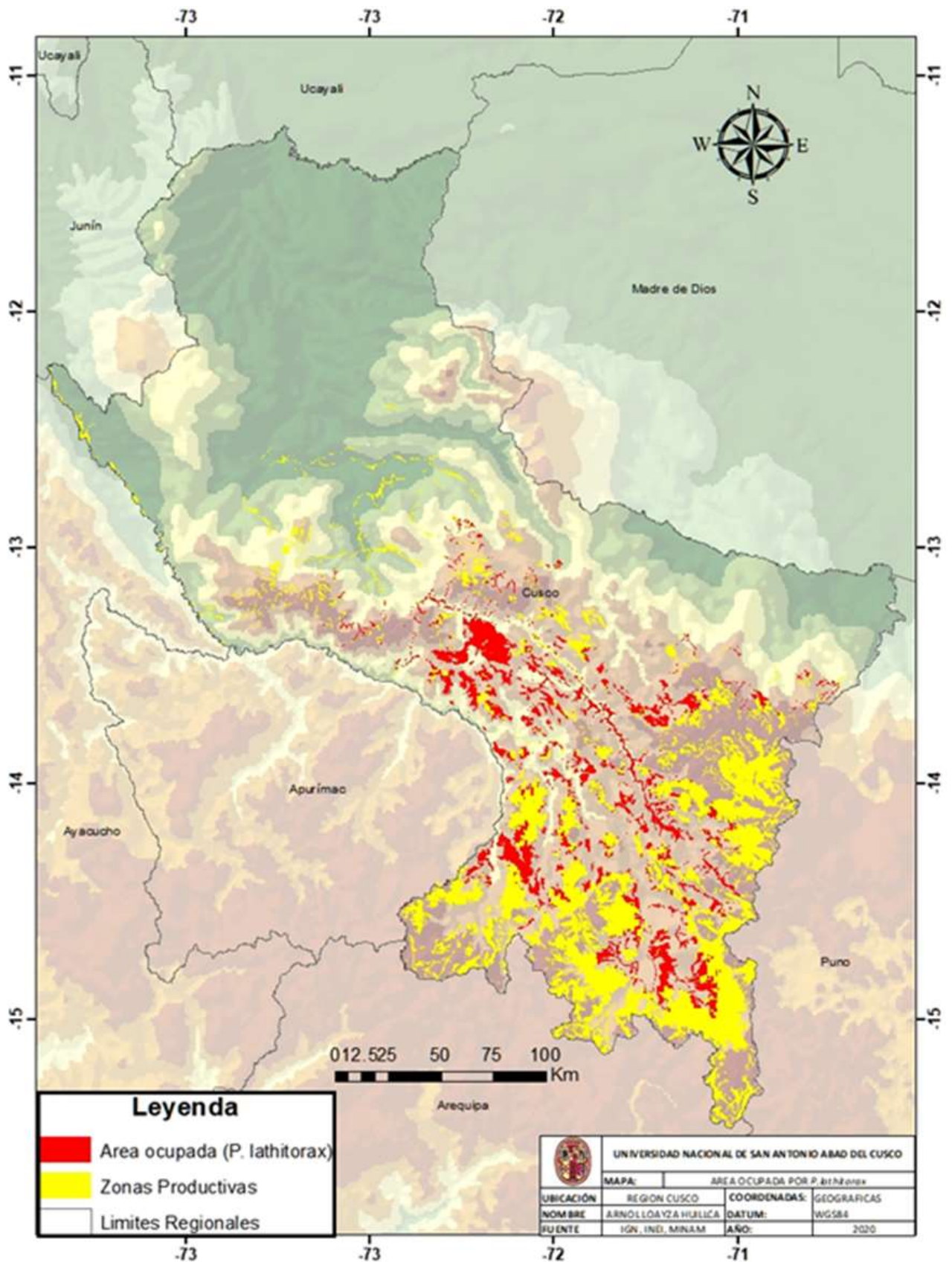
3.5. ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE *PREMNOTRYPES*

En base a la propuesta de clasificación de uso de suelos detallado en la ZEE de cusco y los mapas de distribución potencial se ha determinado el tamaño de área que ocupa cada una de las especies de *Premnotrypes* en 6 zonas agropecuarias que conforman la mayor parte de la región andina, cada una de ellas representa las zonas de importancia para la especies (Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos, Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media, Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio, Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico, Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio y Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección.

3.5.1. DISTRIBUCIÓN DE *P. lathitorax* EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO.

En la figura 23 se observa el área ocupada por la especie *P. lathitorax* (color rojo) teniendo en cuenta las zonas agroecológicas (color amarillo). La superficie ocupada por esta especie abarca una extensión aproximada de 2964.595 km² que en términos porcentuales representa el 27.78% del área total.

Figura 23. Área ocupada por *P. lathitorax* en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco.



El área ocupada por esta especie abarca 3 principales zonas productivas: Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos con 787.814 km², Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio con 782.196 km², Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección con 743.372 km².(Tabla 17)

Tabla 17. Área ocupada por *P.lathitorax* basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco

| ZEE | ZEE_Zonas | ZEE_grande | Área (Ha) | Área (km ²) |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 78781.443 | 787.814 |
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 43416.589 | 434.166 |
| Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 2391.250 | 23.912 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecologico | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 19313.393 | 193.134 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 78219.613 | 782.196 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 74337.180 | 743.372 |
| Total | | | | 2964.59 |

El porcentaje de área ocupada por esta especie está dada en su mayoría y de forma similar para 3 zonas: ZPCLCA BAJA (Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos), ZPCA MEDIA (Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio) y ZPC BAJA (Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección) con 26.57%, 26.38% y 25.07%

respectivamente. En conjunto estas 3 zonas representan el 78.08% del área total. (Fig. 24)

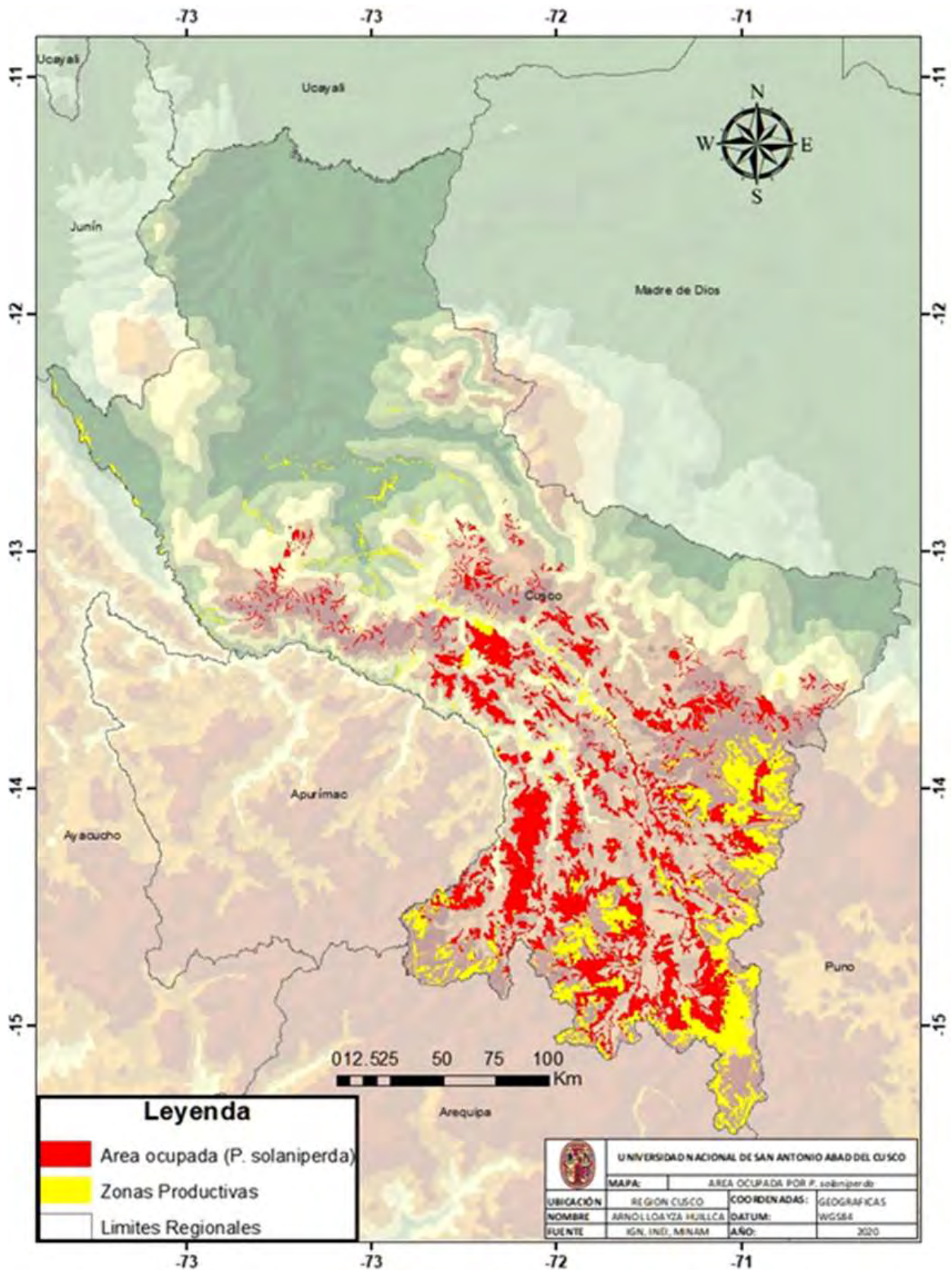
Figura 24. Porcentaje de área ocupada por *P. lathitorax* en base a la ZEE de la región andina del cusco



3.5.2. DISTRIBUCIÓN DE *P. solaniperda* EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO.

En la figura 25 se observa el área ocupada por la especie *P. solaniperda*, el cual *abarca* una extensión aproximada de 6750.496 km² que en términos porcentuales representa el 63.26% de área total, siendo de esta manera la especie que ocupa mayor superficie en comparación con *P. lathitorax*.

Figura 25. Área ocupada por *P. solaniperda* en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco.



El área ocupada por esta especie está representada principalmente por 2 zonas de mayor superficie: Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección con 2958.351 km y Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio con 2958.351 km². El total de superficie ocupada considerando estas 2 zonas es de 4,784.432 km². (Tabla 18)

Tabla 18 .Área ocupada por *P. solaniperda* basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco

| ZEE | ZEE_Zonas | ZEE_grande | Área (Ha) | Área (Km ²) |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 81739.758 | 817.398 |
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 33860.313 | 338.603 |
| Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 404.152 | 4.042 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 80602.171 | 806.022 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 182608.12 | 1826.081 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 295835.13 | 2958.351 |
| | | | Total | 6750.50 |

El área ocupada por esta especie en términos porcentuales está representada por ZPC BAJA (Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección con 43.82% seguido de la ZPCA MEDIA (Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio) con 27.05%. (Fig.26)

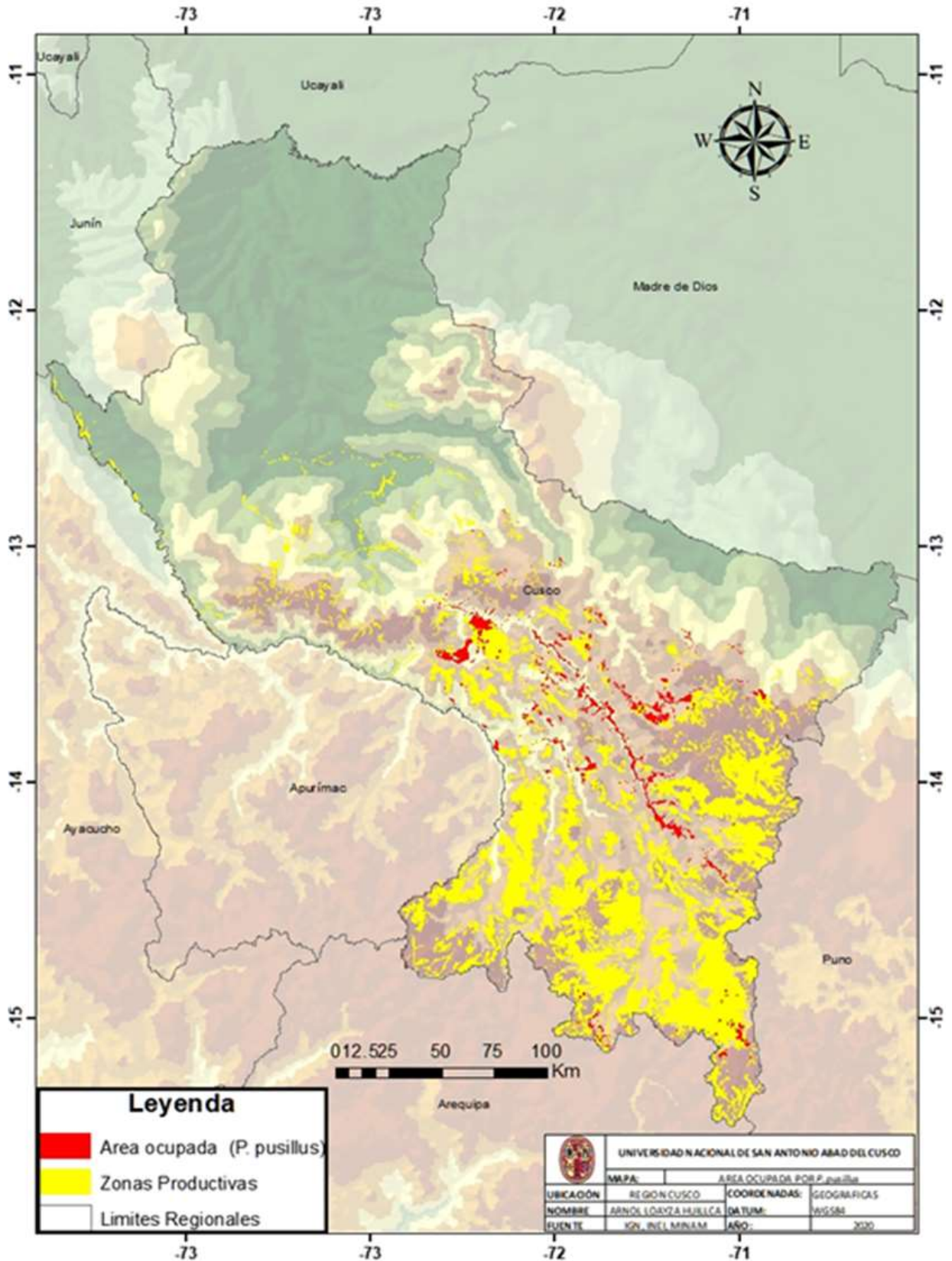
Figura 26. Porcentaje de área ocupada por *P. solaniperda* en base a la ZEE de la región andina del Cusco



3.5.3. DISTRIBUCIÓN DE *P. pusillus* EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO.

En la figura 27 se observa el área ocupada por la especie *P. pusillus* el cual abarca una superficie aproximada de 824.648 km² que en términos porcentuales representa el 7.73% de área total.

Figura 27. Área ocupada por *P. pusillus* en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco.



El área ocupada por esta especie está representada por dos principales zonas: Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media con 317.079 km² y Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos con 220.423 km². (Tabla19)

Tabla 19. Área ocupada por *P. pusillus* basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco

| ZEE | ZEE_zonas | ZEE_grande | Área_(Ha) | Área_(KM2) |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------|---------------|
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 22042.315 | 220.423 |
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 31707.899 | 317.079 |
| Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 1663.094 | 16.631 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 4104.375 | 41.044 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 13227.831 | 132.278 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 9719.237 | 97.192 |
| Total | | | | 824.65 |

En términos porcentuales las zonas con mayor porcentaje de área ocupada por *Premnotrypes pusillus* están representadas por: ZPCLCA MEDIA (Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media) y ZPCLCA BAJA (Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos) con 38.45% y 26.73% respectivamente. Ambas zonas representan el 65.18%del área total. (Fig. 28)

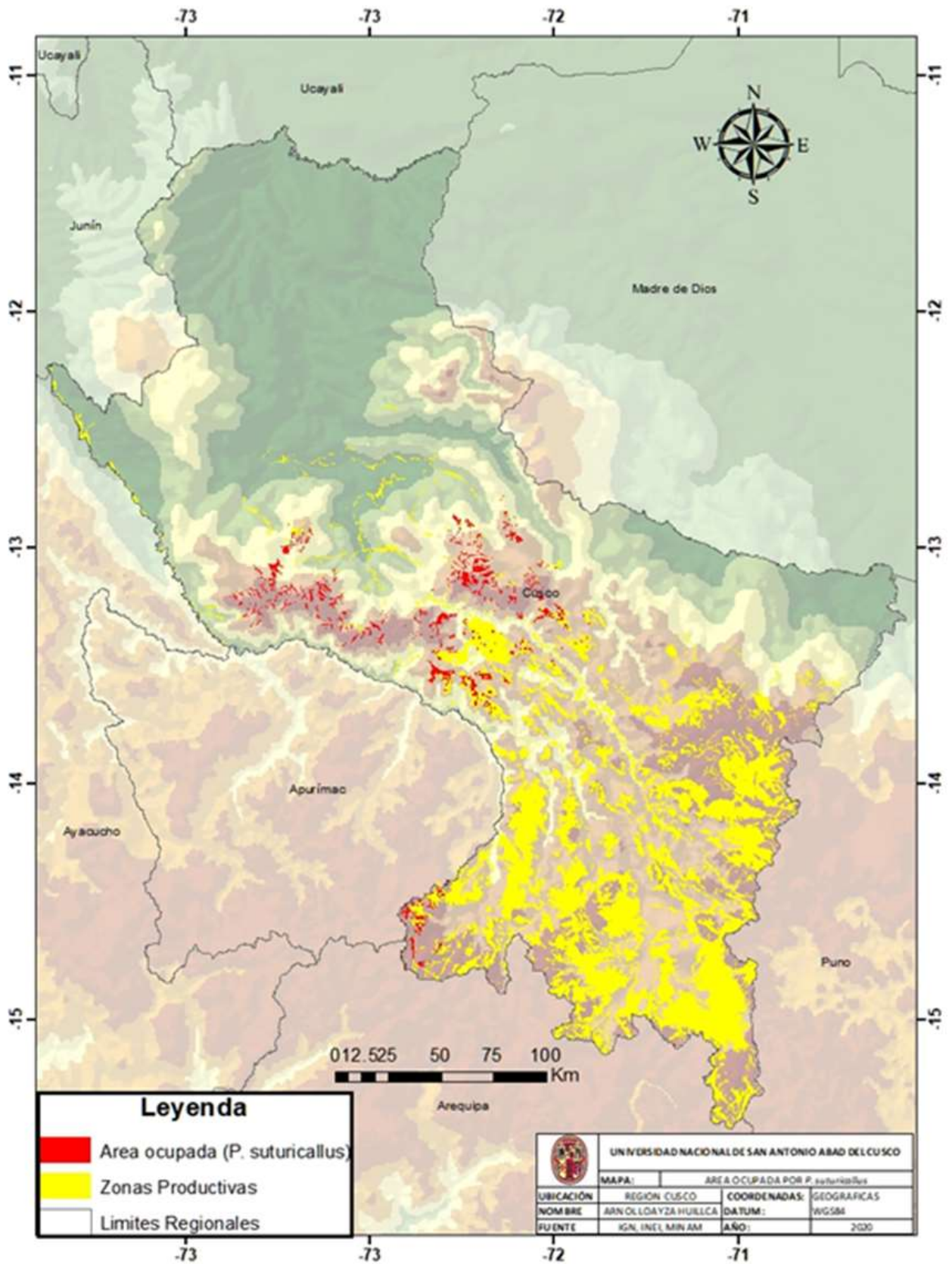
Figura 28. Porcentaje de área ocupada por *P. pusillus* en base a la ZEE de la región andina del Cusco



3.5.4. DISTRIBUCIÓN DE *P. suturicallus* EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZEE DE CUSCO.

En la figura 29 se observa el área ocupada por la especie *P. suturicallus* el cual abarca una extensión aproximada de 672.620 km², en términos porcentuales el área representa el 6.30% de área total.

Figura 29. Área ocupada por *P. suturicallus* en las zonas agroecológicas de la región andina de Cusco



El área ocupada por *P. suturicallus* está conformada por dos principales zonas: Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico con 304.78 km² y Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección con 274.35 km². (Tabla 20)

Tabla 20. Área ocupada por *P. suturicallus* basado en la clasificación de uso de suelo de la región andina de Cusco

| ZEE | ZEE_Zonas | ZEE_grande | Área (Ha) | Área (Km ²) |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica baja asociadas a pastos | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 1454.542 | 14.545 |
| Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 1346.171 | 13.462 |
| Zonas para cultivos permanentes de calidad agroecológica media asociadas a cultivos en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 11.579 | 0.116 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 30477.959 | 304.780 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 6537.251 | 65.373 |
| Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas | 27434.555 | 274.346 |
| Total | | | | 672.621 |

En términos porcentuales las zonas que representan mayor porcentaje de área ocupada por *P. suturicallus* son: ZPCA ALTA (Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico) con 45.31% y ZPC BAJA (Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección) con 40.09%, ambas zonas representan el 85.40% del área total. (Fig.30)

Figura 30. Porcentaje de área ocupada por *P. suturicallus* en base a la ZEE de la región andina de Cusco.



La figura 31 muestra el porcentaje de área ocupada por las especies de *Premnotrypes* basado en la clasificación de uso de suelos de la región andina del Cusco: se aprecia que el área que ocupa cada especie en cada zona no supera el 50% , por otro lado 3 de las especies de *Premnotrypes* (*P. solaniperda*, *P. pusillus*, *P. suturicallus*) ocupan en su mayor parte áreas con diferente uso de suelo, a la vez *P.lathitorax* ocupa todas las zonas sin tener distribución marcada sobre alguna zona en particular.

Figura 31. Resumen del porcentaje de área ocupada por las especies de *Premnotrypes* en base a la clasificación de uso de suelos de la región andina del Cusco



3.6. RIQUEZA DE ESPECIES EN LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZZE DE LA REGIÓN ANDINA DEL CUSCO

De acuerdo al área ocupada por las especies en las zonas agroecológicas se ha calculado el tamaño de área que alberga a 4 y 3 especies (áreas con mayor riqueza) las cuales ocupan una superficie total de 684.562 km², el cual representa el 6.42% del área total. Siendo un porcentaje bajo, mostrando de esta manera que en la región andina de Cusco existe dominancia de una o dos especies, tratándose en este caso de *P. solaniperda* y *P. lathitorax*.

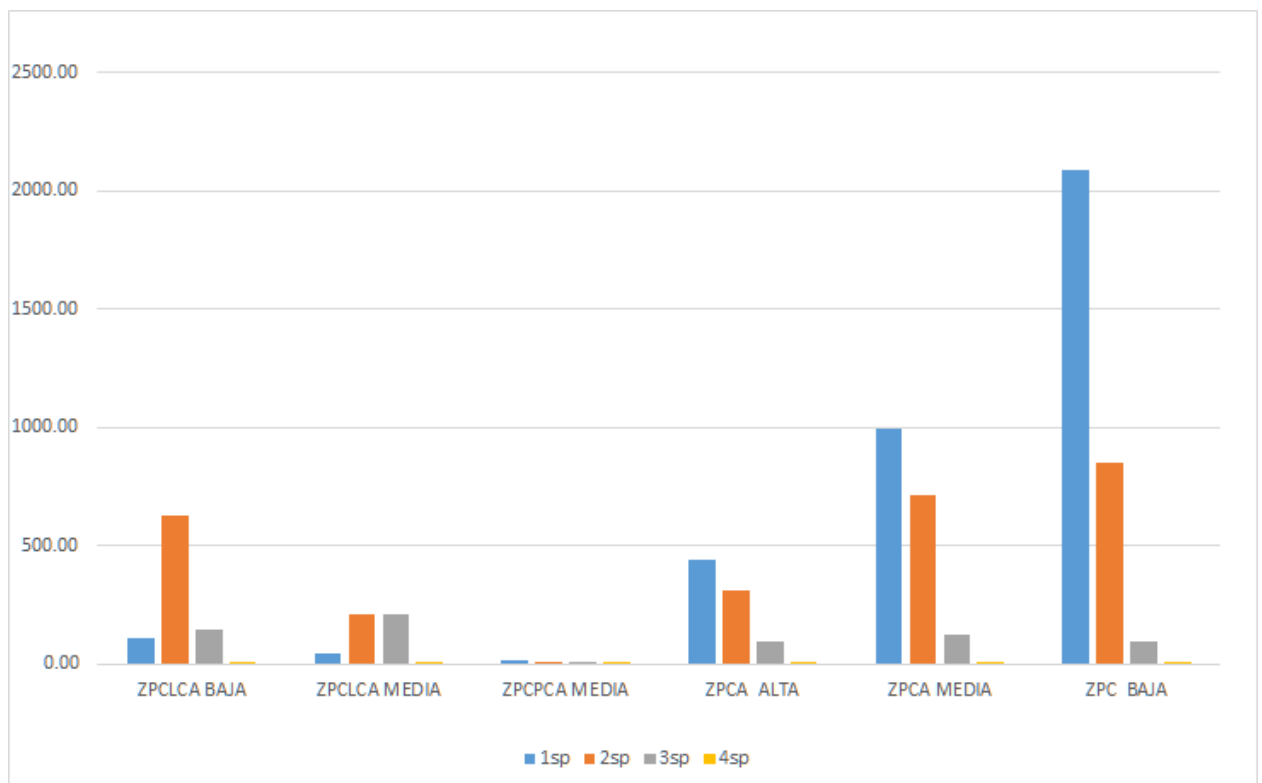
Tabla 21. Áreas con riqueza de especies por zonas agroecológicas

| ZONA | AREA OCUPADA POR 1sp (KM2) | AREA OCUPADA POR 2 sp (KM2) | AREA OCUPADA POR 3 sp (KM2) | AREA OCUPADA POR 4 sp (KM2) |
|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ZPCLCA BAJA | 111.237 | 628.460 | 147.651 | 7.265 |
| ZPCLCA MEDIA | 43.409 | 213.537 | 208.765 | 1.633 |
| ZPCPCA MEDIA | 19.710 | 7.544 | 3.204 | 0.011 |
| ZPCA ALTA | 443.489 | 308.889 | 93.464 | 0.819 |
| ZPCA MEDIA | 995.487 | 713.671 | 127.011 | 0.517 |
| ZPC BAJA | 2086.160 | 850.882 | 93.063 | 1.158 |
| TOTAL | 3699.493 | 2722.983 | 673.159 | 11.403 |

Como se observa en la figura 32, la región andina de Cusco está ocupada principalmente por una y dos especies (3699.49 km² y 2722.98 km² respectivamente) cuyas áreas de distribución la representan 3 principales zonas: Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio y Zonas para pastos de calidad agroecológica alta en zonas de alto valor bioecológico (ZPC BAJA, ZPCA MEDIA y ZPCA ALTA respectivamente)

Las zonas donde se evidencian áreas considerables con riqueza (3 especies) están representadas por Zonas para cultivo en limpio en sierra de calidad agroecológica media (ZPCLCA MEDIA) con un área de 208.765 KM².

Figura 32. Tamaño de área ocupada por especies en zonas agroecológicas de la región andina



3.7. DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN

La distribución del genero *Premnotrypes* al interior de las seis zonas agroecológicas abarca una superficie de 7107.04 km² el cual representa 66.60% del área total (10670.58 km²), de modo que este porcentaje representa el impacto del género *Premnotrypes* - gorgojo de los andes sobre las zonas agroecológicas donde se desarrolla la producción de papa.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

Se determinó la distribución potencial para el gorgojo de los andes gen: *Premnotrypes spp.* en la región Cusco. Se presenta una evaluación de los impactos potenciales sobre las zonas productivas en la región Cusco a causa de la distribución potencial de la plaga de papa. Las principales conclusiones fueron: (a) en la región andina de cusco se da la existencia de 4 especies de gorgojos del género *Premnotrypes* b) que la distribución de las especies de *Premnotrypes* responde a variables ambientales de forma diferenciada sin mostrar un patrón específico. (c) que la riqueza de especies ocurre en una pequeña zona ubicada en valles interandinos d) que alrededor del 66.60% de las zonas de producción están propensos al ataque de gorgojo de los andes en alguno de sus estadios. Estas conclusiones fueron consistentes y es la primera estimación del impacto potencial del gorgojo de los andes sobre los cultivos de papa a escala regional, así involucrar directamente a la seguridad alimentaria de la región Cusco. Por otro lado, se está demostrando que es posible desarrollar modelos predictivos para monitorear plagas de importancia económica, en este caso, para el cultivo de papa que podría ayudar a diseñar estrategias locales de manejo más adecuadas a nuestra realidad.

Morfología y especies de gorgojos

Se ha identificado a 4 de las 12 especies de *Premnotrypes* citadas para Sudamérica (Alcázar & Cisneros, 1999) con amplios registros en la región andina de Cusco y Perú. Se utilizaron las redescpciones de las especies (Yabar 2011,2014, 2015), debido a que esta cuentan con una terminología más actualizada de los caracteres morfológicos y además que están basadas en la clave original de Kuschel (1956) el cual proporciona la descripción de 11 especies del género.

La identificación del género se baso basicamente en la observación de presencia de estrias 9 y 10, presencia de las piezas caducas en las mandíbulas o cicatriz mandibular, presencia de los tubérculos en los élitros y para el caso de las especies se observó principalmente el opistoma bajo o elevado, presencia de callos en el

declive de los élitros estos caracteres difieren en cada especie de gorgojo y fueron reconocibles al estereoscopio.

Contribución de las Variables ambientales

Este estudio se encontró que no hay un patrón climático en común en las especies de *Premnotrypes*, cada variable difiere en cada especie y contribuyen con porcentajes distintos a los modelos de nicho ecológico.

En el caso de *P. lathitorax* la variable temperatura del trimestre más cálido es la variable de mayor importancia ya que aporta 24.2% e influye sobre el patrón de distribución especie puesto que estos meses (diciembre, enero y febrero) representan el periodo de mayor actividad de las poblaciones de gorgojos y en general las hembras comienzan con las postura de huevos (F. Carrasco, 1961). Otra variable que influye de manera positiva sobre esta especie es la precipitación del mes más seco con 21.40% que correspondería al mes de julio donde las poblaciones de gorgojos se encuentran en el estadio larvario.

Para la especie *Premnotrypes solaniperda* la temperatura del trimestre más frío (bio11) que representa los meses de junio julio y agosto es la que influye con mayor porcentaje: 40.5%. Probablemente esta sea la especie que mejor se ha adaptado a las condiciones adversas (frías).

El nicho existente estimado sugiere que el rango de temperatura que soporta esta especie es de -7.6 hasta 25.4 °C, esto se vería reflejado en la incidencia en zonas con mayor altitud principalmente en la meseta del Collao, altos Andes de Puno y Bolivia (P. E. Delgado, 2005; Jarandilla, 2010). Otro variable que influye sobre esta especie es la estacionalidad de precipitación (bio15) el cual posee un porcentaje de 32.7% como se ha encontrado en Jarandilla (2010) quien encontró una correlación positiva en la variable precipitación y la densidad poblacional de gorgojos. De acuerdo a ello se puede afirmar que la precipitación beneficia en gran medida a las poblaciones de esta especie, como se puede comprobar en campo con la mayor abundancia en los meses de lluvia.

El caso de *P. pusillus* es muy diferente a las demás especies debido a que no se sabe nada sobre su biología y ecología, aparentemente no representa una amenaza para los cultivos de papa (Molleda, 1965). En este sentido las variables que influirían sobre la especie serían la precipitación anual el cual posee el mayor porcentaje con 40.7% seguido de la temperatura del trimestre más frío con 22.7%.

Para el caso de *P. suturicallus* la variable que posee mayor influencia sobre la especie es la temperatura media del trimestre más caliente, la cual posee un porcentaje de 72.7%; para el caso de *P. lathitorax* representa 24.2%. Ambas especies están fuertemente influenciadas por esta variable de temperatura en los meses de Diciembre Enero y Febrero. El rango de temperatura proporcionado por la estimación del nicho existente sugiere que la especie se desarrolla dentro de 0 y 27 °C. este resultado no difiere mucho del trabajo de Coronado et al., (2018) quien encontró el rango de temperatura de 9 y 21°C esto permite comprender que esta especie no tolera temperaturas bajas como *P. lathitorax* y *P. solaniperda*. Por su parte, Parsa et al., (2012) quienes determinaron que la densidad de poblaciones de gorgojos disminuyen a medida que se incrementa la elevación. Aunque en este estudio no se han tomado en cuenta las variables topográficas se puede deducir que la temperatura y la elevación están muy correlacionadas: a mayor elevación menor temperatura (P. E. Delgado, 2005)

Patrones de distribución

Los patrones de distribución hallados difieren notablemente en cada especie a pesar de ser especie andinas y a pesar de utilizar el mismo recurso para alimentarse. De los resultados obtenidos se puede concluir que variables ambientales muy por encima de otros factores influyen fuertemente en las áreas de distribución. Esta hipótesis es soportada comparando dos de las especies más perjudiciales en el sur de Perú: *P. lathitorax* y *P. solaniperda*.

Ambas especies son afines en el sentido de ser muy frecuentes en campos de papa, razón por la que comparten muchos de los sitios de ocurrencia en varias regiones de Perú y Bolivia. El modelamiento de distribución mostró un patrón de distribución divergente para estas dos especies tanto en Cusco y las áreas calibradas. A

diferencia de *P. solaniperda* que posee una distribución para el sur de Perú y Bolivia *P. lathitorax* presenta una distribución que se acerca más al centro y norte de Perú.

El modelo de distribución de *P. pusillus* permite afirmar que esta especie posee una distribución restringida por el momento a pequeños valles interandinos en las provincias del Cusco. El modelo de nicho ecológico sugiere una distribución más hacia la parte occidental de Cusco y Apurímac en la región andina del centro del Perú. No se conoce nada sobre esta especie y son pocos los estudios que las mencionan (Guillermo Kuschel, 1956; Yábar, 2014, 2015) a partir de una colección hecha en Andahuaylas se consiguió colectarla en papa y actualmente, viene incrementando ampliamente su rango de distribución. (Yábar, 2015).

En el caso de *P. suturicallus*, se trata de una especie, básicamente, del centro del Perú y, a la luz de los análisis efectuados, podría estar ampliando su rango de distribución hacia el sur de Perú pero aún en una forma muy moderada. Así, las colecciones hechas en Cusco se refieren a pocas referencias y el modelo predictivo asigna pocas probabilidades de desarrollo en esta parte del Perú

Riqueza de especies

Las especies estudiadas en esta tesis coinciden en un área continua ubicada en valles interandinos en las provincias de Canchis, Quispicanchi y Paucartambo. Por otra parte se dan áreas con riqueza representadas a manera de parches, las cuales se ubican en Calca Urubamba y Anta. Estos resultados concuerdan en parte con el trabajo de Yabar (2014) quien encontró a 3 de las 4 especies en la localidad de Quecayoc provincia de Calca. El hecho de que varias especies coincidan en una misma área da la posibilidad de coexistencia y rechazan la hipótesis de exclusión competitiva.

En la literatura (Kuschel, 1956; Yábar, 2014b) se menciona cuatro especies diferentes al de este estudio las mismas que ocurren en Cusco: *P. sanfordi*, *P. fractirrostris*, *P. beleni* , *P.cusquensis*, sin embargo en las salidas a campo no se ha podido encontrar individuos de estas especies y sus registros en la colección apenas

alcanzan a una o dos localidades razón por la cual no se ha podido modelar su distribución.

Impacto en las zonas de producción

Los modelos de nicho ecológico estimados para cada una de las especies permitieron estimar el impacto de cada especie en zonas agroecológicas las mismas que corresponden a zonas de producción en la región andina de Cusco. El impacto potencial del género sobre las zonas agroecológicas representa el 66.60 % del área total. Siendo *P. solaniperda* (63.78%) la especie que posee mayor afectación seguido de *P. lathitorax* (27.78%) las siguientes dos especies se presentan en un área menor y representan menor amenaza en las zonas mencionadas: *P. pusillus* (7.73%) y *P. suturicallus* (6.30%). Estos resultados permiten entender lo observado en campo, ya que *P. lathitorax* y *P. solaniperda* son muy frecuentes en cultivos de papa, y aunque este último presenta una abundancia menor en comparación con *P. lathitorax*, los registros de ocurrencia apuntan una distribución amplia, prácticamente en toda la región andina del Cusco. Contrario a la idea que se tenía sobre *P. lathitorax* a la cual se consideraba como la principal plaga de papa en Cusco, con este estudio se está demostrando que *P. solaniperda* podría ser tan perjudicial para la agricultura así como lo es *P. lathitorax*.

Esta tesis permite entender que la precipitación y la temperatura influyen de manera importante sobre los gorgojos de los Andes. Cada especie es muy particular y depende de ciertos requerimientos ambientales específicos.

La disponibilidad de alimento no es ningún obstáculo para el gorgojo de los andes (P. E. Delgado, 2005) ya que el cultivo de papa se desarrolla a nivel de toda la región andina, indiferente de la variedad de papa puesto que todas las variedades son atacadas por estas plagas. Al ser la papa un recurso abundante existe una casi nula posibilidad de competencia entre especies del mismo género ya que se ha demostrado que varias especies de gorgojos pueden habitar en un mismo tubérculo (Delgado, 2005)

Respecto a las interacciones con otros organismos el gorgojo de los andes parece no tener enemigos naturales y/o predadores capaces de controlar y reducir sus poblaciones (Loza, 1999).

En cuanto a la dispersión de estos organismos es casi únicamente por el transporte de semillas y el flujo comercial de tubérculos (SENASA, 2017; Yábar, 2014). A diferencia de otras especies el éxito de establecimiento de gorgojos en nuevas áreas depende casi solamente de las condiciones ambientales.

Los mapas obtenidos y las colectas realizadas en este estudio permitieron identificar 2 de las 4 especies, con un amplio rango de distribución en el Cusco (*P. lathitorax* y *P. solaniperda*) de las cuales no se contaba con información precisa sobre su distribución. De acuerdo a los registros de estas dos especies poseen un amplio rango altitudinal lo que da a entender que se tratarían de especies netamente alto andinas. Probablemente el Cusco no sea parte de la distribución original de *P. solaniperda* ya que las referencias bibliográficas la mencionan principalmente en Bolivia y Puno. En este sentido es posible que la especie haya podido dispersarse por el flujo de semillas de papa así como lo menciona Yabar (2015) y que se haya establecido en Cusco al encontrar las condiciones ambientales favorables, considerando una expansión de nicho fundamental.

CONCLUSIONES

Se ha identificado a 4 especies del género *Premnotrypes* en la región andina de Cusco: *P. lathitorax*, *P. solaniperda*, *P. pusillus*, *P. suturicallus*, todas con registros en el área de estudio y distribuidas de manera divergente.

Las especies de *Premnotrypes* en la región responden a las variables ambientales de forma independiente sin mostrar un patrón en común. Para *P. lathitorax* y *P. suturicallus*, la variable de mayor importancia fue la temperatura del trimestre más cálido (diciembre, enero y febrero) con 24.2% y 72.7 % respectivamente. Para el caso de *P. solaniperda* fue la temperatura del trimestre más frío (junio, julio y agosto) con 40.5%, finalmente *P. pusillus* tuvo a la precipitación anual como la variable de mayor importancia con 40.7%.

Se ha identificado 2 tipos de áreas con riqueza de especies: 1) un área continua el cual se ubica valles interandinos en las provincias de Canchis, Quispicanchi y Paucartambo y 2) áreas discontinuas con riqueza representadas a manera de parches, ubicadas en Calca, Urubamba y Anta.

El impacto potencial del género sobre las zonas agroecológicas representa el 66.60 % del área total y se da principalmente en Zonas para pastos de calidad agroecológica baja asociadas a protección y Zonas para pastos de calidad agroecológica media asociadas a cultivo en limpio. Siendo *P. solaniperda* (63.78%) la especie que posee mayor afectación seguido de *P. lathitorax* (27.78%), las especies que representan menor impacto y que tienen por el momento una distribución restringida en las zonas mencionadas son: *P. pusillus* (7.73%) y *P. suturicallus* (6.30%).

RECOMENDACIONES

- Implementar un plan estratégico de vigilancia fitosanitaria a nivel local en los diferentes distritos del Cusco.
- Priorizar el manejo integrado de plagas en las zonas con riqueza de especies de gorgojos (Canchis, Quispicanchi, Paucartambo).
- Realizar el modelamiento de nicho ecológico a una escala nacional con las demás especies del género *Premnotrypes*.
- Realizar el modelamiento de nicho considerando una asociación entre variedad de papa – especie de *Premnotrypes*
- Estudiar la interacción de *Premnotrypes pusillus* con plantas de papa y determinar su potencial como plaga.
- Realizar el modelamiento de nicho ecológico tomando en cuenta abundancia de gorgojos en campos de papa por localidad.
- Realizar un análisis biogeográfico en base a características moleculares de las especies de *Premnotrypes*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, P., & Alcazar, J. (1976). Biología y comportamiento de *Premnotrypes suturicallus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Peruana de Biología*, 19(1), 49–52.
- Alcázar, J. (2002). Principales plagas de la papa : gorgojo de los andes , Epitrix y gusanos de Tierra. *Centro Internacional de La Papa*, 3.6(97), 1–7.
- Alcázar, J., & Cisneros, F. (1997a). Taxonomy and bionomics of the andean potato weevil complex: *Premnotrypes* spp. and related genera. In *Impact on a changing world: Program report*.
- Alcázar, J., & Cisneros, F. (1997b). *Taxonomy and Bionomics of the Andean Potato Weevil Complex: Premnotrypes spp. and Related Genera*.
- Atauchi, P. J., Auca - Chutas, C., Ferro, G., & Prieto - Torres, D. A. (2020). Present and future potential distribution of the endangered *Anaeretes alpinus* (Passeriformes: Tyrannidae) under global climate change scenarios. *Journal of Ornithology*, 1–16.
- Atauchi, P. J., Peterson, A. T., & Flanagan, J. (2018). Species distribution models for Peruvian plantcutter improve with consideration of biotic interactions. *Journal of Avian Biology*, 49(3), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jav.01617>
- Cabrera, A. L., & Willink, A. (1973). *Biogeografía de América Latina*.
- Calderón, R., Franco, J., Barea, O., Crespo, L., Esprella, R., Bejerano, C., Ramos, J., Iporre, G., & Casso, R. (2004). Desarrollo de componentes del Manejo Integrado del Gorgojo de los Andes en el cultivo de la papa en Bolivia. In *Desarrollo de componentes del Manejo Integrado del Gorgojo de los Andes en el cultivo de la papa en Bolivia* (p. 133).
- Camargo, J. M. F., & Moure, J. S. (1996). Meliponini neotropicales: O gênero *Geotrigona* Moure, 1943 (Apinae, Apidae, Hymenoptera), com especial referência filogenia e biogeografia. *Arquivos de Zoologia*, 33, 95–161.
- Camargo, J. M. F., & Pedro, S. R. M. (2003). Meliponini neotropicales: O gênero

- Partamona Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) – bionomía e biogeografía. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47, 311–372.
- Cañedo, V., Rojas, J., & Kroschel, J. (2010). *Efecto de la composición del paisaje sobre las plagas y enemigos naturales de la papa en la sierra central del Perú*. 68.
- Carrasco, F. (1961). Sistemática y biología del gorgojo de los andes *Premnotrypes latithorax* Pierce 1914 (Coleop : Curculionidae). *Revista Peruana de Entomología*, 4(1), 30–42.
- Carrasco, Francisco. (1956). Sistemática y biología del gorgojo de los andes *Premnotrypes latithorax* Pierce 1914 (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Peruana de Entomología Agrícola*, 4(1), 30–42.
- Ceballos, I. (1970). Los pisos zoogeográficos del Departamento del Cuzco. *Publicaciones Del Departamento Académico de Zoología y Entomología*, 1.
- Ceballos, Ismael. (1970). *Los pisos zoogeográficos del departamento de Cuzco* (pp. 1–28). PUBLICACIONES DEL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ZOOLOGIA Y ENTOMOLOGIA.
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*.
- Cisneros, F. H. (2010). *Tres casos de Programas-MIP de Papa en el Perú*.
- Cobos, M. E., Peterson, A. T., Barve, N., & Osorio - Olvera, L. (2019). Kuenm: un paquete R para el desarrollo detallado de modelos de nichos ecológicos utilizando Maxent. *PeerJ*, e6281.
- Coronado, C., Carhuapoma, P., Sporleder, M., Alcazar, J., & Kroschel, J. (2018). *Modelo fenológico dependiente de temperatura para el gorgojo de los Andes (Premnotrypes suturicallus Kuschel) (Coleoptera : Curculionidae) Catherine Coronado , Marc Sporleder , Jesús Alcázar y Jürgen Kroschel*.
- Cusco, G. regional del. (2005). *Zonificación ecológica y económica del departamento de Cusco*.

- Del Rio, M. G., Guzmán, N. V., Montemayor, S. I., Confalonieri, V. A., & Lanteri, A. (2019). Potential Geographic Distributions of Two Parthenogenetic Weevils (Coleoptera: Curculionidae) Associated with Citrus in Argentina and Brazil. *Florida Entomologist*, 25–30. <https://doi.org/10.1653/024.102.0328>
- Delgado, P. (2005). *DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES DE “GORGOJO DE LOS ANDES” (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN ZONAS AGROECOLÓGICAS CIRCUNLACUSTRE Y SUNI DE PUNO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Delgado, P. E. (2005). *Distribución y abundancia de especies de “gorgojo de Andes” (Coleoptera: Curculionidae) en zonas agroecológicas Circunlacustre y Suni de Puno* [Universidad Nacional Del Altiplano]. <https://doi.org/10.2466/07.IT.3.11>
- Escalante, T., Linaje, M., Illoldi-rangel, P., Rivas, M., Estrada, P., Neira, F., & Morrone, J. J. (2009). Ecological niche models and patterns of richness and endemism of the southern Andean genus *Eurymetopum* (Coleoptera , Cleridae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3), 379–385.
- Esprella, R., Blajos, J., Calderon, R., & Thiele, G. (2002). *Evaluación de la adopción e impacto economico del manejo integrado del gorgojo en el altiplano central*.
- Fiaboe, K., Peterson, A. T., Kairo, M., & Roda, A. (2012). Predicting the Potential Worldwide Distribution of the Predicting the Potential Worldwide Distribution of the Red Palm Weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera : Curculionidae) using Ecological Niche Modeling. *Florida Entomologist*, 95(3), 659–673.
- Gallegos, P., Avalos, G., & Castillo, C. (1998). *El gusano blanco de la papa en Ecuador comportamiento y control*.
- Girón, J. C. (2015). *Estudios en la subfamilia entiminae (coleoptera : curculionidae) en el Caribe. December 2014*.
- Girón, J. C., & Franz, N. M. (2014). *Estudios en la subfamilia Entiminae (Coleoptera: Curculionidae) en el Caribe*. 30.

- Grinnell, J. (1924). Geography and evolution. *Ecology*, 5, 225–229.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2–3), 147–186.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia of Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- Jarandilla, C. (2010). *Estudio de la dinámica poblacional de especímenes del gorgojo de los andes (Premnotrypes sp y Rhigopsidius piercei) en el altiplano central - provincia Aroma*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.
- Kroschel, J., Cañedo, V., Alcazar, J., & Mietbahuer, T. (2012). *Manejo de plagas de la papa en la región andina del Perú*.
- Kühne, M. (2007). *The Andean potato weevil Premnotrypes suturicallus-Ecology and interactions with the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana* [Universität Göttingen]. <http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-000D-F23B-A?locale-attribute=de>
- Kuschel, G. (1969). Biogeography and Ecology of South American Coleoptera. In D. W. J. N.V. (Ed.), *Biogeography and Ecology in South America* (Vol. 53, Issue 9, pp. 1689–1699). Dr. W. Junk N.V., Publishers The Hague.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kuschel, Guillermo. (1956). *Revisión de los Premnotrypini y adiciones a los Bagoini (aporte 17 sobre Coleoptera Curculionidae)*. 187–235.
- Lourenço, W. R. (1986). Diversité de la faune scorpionique de la region Amazonienne; centres d'endémisme; nouvel appui la théorie des refuges forestiers du Pléistocène. *Amazoniana*, 9, 559–580.
- Loza, A. (1999). *Poblaciones y ecología alimentaria de carabidos (coleoptera) en agroecosistemas del altiplano*. UNA.

- Maciel, C. A., Manríquez, N., Octavio, P., & Sánchez, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 17. <https://doi.org/10.15174/au.2014.646>
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385–408.
- Marvaldi, A. E. (1998). Larvae of Entiminae (Coleoptera: Curculionidae): tribal diagnoses and phylogenetic key, with a proposal about natural groups within Entimini. *Entomologica Scandinavica*, 29(1), 89–98. <https://doi.org/10.1163/187631298x00212>
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M., & Muñoz, J. (2011). Species distributions models: A synthetic revision | Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Molleda, G. (1965). Contribución al estudio de *Premnotrypes pusillus* Kuschel (Col .: Curculionidae), en las zonas paperas de la parte alta de Cuzco , Paucartambo , Chincheros, Huaypo, Pancarhauylla, Moray y Maras. *Revista Peruana de Entomología*, 8(1), 66–68.
- Morrone, J. J. (2001). A formal definition of the Paramo-Punan bigeographic subregion and its provinces, based mainly on animal taxa. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, 3(1), 1–12.
- Morrone, J. J. (2002). Presentacion sintetica de un nuevo esquema biogeografico de America Latina y el Caribe. *Monografías Tercer Milenio*, 2, 267–275.
- Morrone, J. J. (2006). Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51(125), 467–494. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447>
- Morrone, J. J. (2014). Biogeographical regionalisation of the neotropical region. In *Zootaxa* (Vol. 3782, Issue 1). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Morrone, J. J. (2015). Biogeographical regionalisation of the Andean region.

Zootaxa, 3936(2), 207–236.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3936.2.3>

Morrone, J. J. (2017). *Neotropical Biogeography Regionalization and Evolution* (Vol. 66). CRC Press.

Oberprieler, R. G., Marvaldi, A. E., & Anderson, R. S. (2007). Zootaxa, Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 1668, 491–520.

Ochoa, J. A. (2005). Patrones de distribución de escorpiones de la región andina en el sur peruano. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 49–68.

<https://doi.org/10.15381/rpb.v12i1.2358>

Parsa, S., Ccanto, R., Olivera, E., Scurrah, M., Alcazar, J., & Rosenheim, J. (2012). Explaining andean potato weevils in relation Parsa, S., Ccanto, R., Olivera, E., Scurrah, M., Alcazar, J., & Rosenheim, J. (2012). Explaining andean potato weevils in relation to local and landscape features : a facilitated ecoinformatics approach. *PLOS On. PLOS One*, 7(5), 9.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036533>

Parsa, S., Ccanto, R., Olivera, E., Scurrah, M., Alcázar, J., & Rosenheim, J. A. (2012). Explaining Andean potato weevils in relation to local and landscape features: A facilitated ecoinformatics approach. *PLoS ONE*, 7(5), 1–9.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036533>

Paz, A. A. (2009). *Influencia climática en la dinámica poblacional del complejo gorgojo de los andes en tres comunidades del municipio de Ancoraimes*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.

Peterson, A. T., Soberon, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Maartínez, E., Nakamura, M., & Bastos, M. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press.

Phillips, S. J. (2017). *A Brief Tutorial on Maxent* (p. 39).

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

- Piera, F. M., & Sanmartín, I. (1999). Biogeografía de áreas y biogeografía de artrópodos Holárticos y Mediterráneos. *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 26, 535–560.
- Pinto-da-Rocha, R. (1997). Systematic revision of the Neotropical family Stygnidae (Opiliones, Laniatores, Gonyleptoidea). *Arquivos de Zoologia*, 33, 163–342.
- Puma, A., & Calderon, J. (2016). Manejo integrado de plagas y su incidencia en el gorgojo de los andes (plaga) y enfermedades en el cultivo de la papa Integrated Pest Management and its Impact on Andean Weevil (Pest) and Diseases in Potato Crop. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 12(13), 739–754.
- REDESA. (2006). *Manejo integral de plagas - Guía para pequeños agricultores*.
- SENASA. (2017). *Informando sobre el Desarrollo Agrario y la Seguridad Alimentaria* (Issue 11).
- Silva, A., & Berovides, V. (1982). *Acerca del concepto de nicho ecológico*. 9.
- Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2(January), 1–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de cultivos andinos* (1st ed.).
- Tito, R. (2014). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL GORGOJO DE LOS ANDES (Premnotrypes suturicallus) EN 05 VARIETADES DE PAPA NATIVA - LIRCAY - HUANCVELICA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- Vanin, S. A. (1986). Systematics, cladistic analysis, and geographical distribution of the tribe Erodiscini (Coleoptera, Curculionidae, Otidocéphalinae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 30, 427–670.
- Wang, C., Hawthorne, D., Qin, Y., Pan, X., Li, Z., & Zhu, S. (2017). Impact of climate and host availability on future distribution of Colorado potato beetle. *SCIENTIFIC REPORTS*, 7, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04607-7>
- Yábar, E. (1988). Integración de prácticas culturales para el control del gorgojo de

los Andes (*Premnotrypes* sp.). *Revista Latinoamericana de La Papa*, 1(1), 120–131.

Yábar, E. (2011). Curculiónidos (Coleoptera: Curculionidae) asociados al tubérculo de la papa bajo condiciones de almacenamiento tradicional en Cuzco, Perú. *Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*, 12(1), 42–47.

Yábar, E. (2014). *Revisión sistemática y filogenia de la tribu Premnotrypini Kuschel (Coleoptera : Curculionidae : Entiminae)*. Universidad Nacional de Cuyo.

Yábar, E. (2015). Redescrición de *Premnotrypes pusillus* Kuschel(Coleoptera, Curculionidae, Entiminae) y ampliación de su distribución conocida en Perú. *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 56, 375–377.

Zunino, M., & Palestini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía.pdf. *Anales de Biología*, 17, 85–88.

ANEXOS

1. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS DEL USO DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

El uso de los modelos de nicho ecológico tiene muchas aplicaciones, sobre todo en la selección de prioridades de conservación en términos geográficos. Sin embargo, los modelos de nicho no deben utilizarse directamente como áreas de distribución, sino solo como aproximaciones a lo que pueden ser las áreas de distribución. Estos modelos resultan muy importantes para generar propuestas biogeográficas, pero creemos que su uso sin considerar sus implicaciones podría resultar, incluso, aventurado. (Illoldi-Rangel, P. A. T. R. I. C. I. A., & Escalante, T. A. N. I. A. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*, 3, 7-12.)

2. CLAVE DE ESPECIES DE *Premnotrypes* (Kuschel, 1956)

1 (14) Escapo con abundantes escamas. Las escamas y cerdas de la parte dorsal del rostro se dirigen hacia adelante (hay, sin embargo, especies en que no queda muy claramente definida la dirección).

2 (5) 8° estría irregular, como con puntos supemumerarios.

3 (4) Base del protórax con 6 nódulos bien separados y dispuestos en arco. Prenoto con punteado denso. Rostro más grueso. Lóbulos oculares más salientes. Perú.

1. *solani* Pierce

4 (3) Base del protorax aparentemente con sólo 4 nódulos, pues los laterales están fusionados en un abultamiento mayor. Pronoto con el punteado notablemente espaciado. Rostro más delgado, provisto de un surco suprascrobal profundo y desnudo. Lóbulos oculares menos salientes. Perú

2. *solanivorax* (Heller)

5 (2) 8° estría normal, con los puntos en perfecta hilera simple.

6 (13) Epístoma elevado.

7 (8) Escapo corto y muy grueso, no alcanza bien al margen anterior de los ojos. Tibias escamosas también en el borde inferior. Margen anterior del prenoto con refuerzo elevado que se bifurca caudalmente en el medio y que a los lados se dirige hacia el 2° nódulo de la corrida trasversal mediana, afectando el conjunto la forma de dos S, invertida la derecha. Perú.

3. *fractirostris* Marshall

8 (7) Escapo menos grueso, pasa un poco el margen anterior de los ojos. Tibias sin escamas en el borde inferior. Estructura del prenoto diferente.

9 (10) Frente sin abultamiento junto al ojo. Rostro con curvatura dorsal mucho más pronunciada. Elitros planos hasta la 5° interestria y de ahí caídos casi verticalmente a los lados; los tubérculos de la 7° interestria mucho menores que los de la 5°; ésta termina en un grueso callo en la parte alta del declive. Colombia, Ecuador.

4. *vorax* (Hustache)

10 (9) Frente con abultamiento junto al ojo. Rostro con curvatura dorsal suave o mucho menos pronunciada. Elitros convexos trasversalmente hasta la. 7° interestria, cuyos tubérculos son semejantes a los de la 5°, cayendo verticalmente a los lados

sólo a partir de dicha 7° interestría; la 5° termina generalmente en un tubérculo mayor, pero sin formar verdadero callo.

11 (12.) Protórax con el abultamiento lateral de la base romo y tan saliente como el abultamiento lateral anterior. El diente inferior de las mandíbulas agudo. Perú, Bolivia, Chile.

5. *latithorax* (Pierce)

12 (11) Protórax con el abultamiento lateral de la base agudo y saliente. El diente inferior de las mandíbulas romo. Perú.

6. *sanfordi* (Pierce)

13 (6) El epístoma muy poco convexo, casi plano. En la parte alta del declive elitral hay 6 tubérculos mayores, 2 sobre la 3° interestría y uno sobre la 5°, éste situado entre los otros dos. Perú, Bolivia.

7. *solaniperda* n. sp.

14 (1) Escapo sin escamas. Las escamas y cerdas de la parte dorsal del rostro se dirigen hacia atrás

15 (16) El escapo delgado pasa el margen anterior de los ojos. La 3° interestría termina en la parte alta del declive en un tubérculo muy elevado. Bolivia.

8. *clivosus* n. sp.

16 (15) El escapo alcanza cuando más al margen anterior de los ojos. La 3° interestría no tiene un tubérculo considerablemente mayor al comienzo del declive.

17 (18) Sutura en el declive con un callo. Perú.

9. *suturicallus* n. sp.

18 (17) Sutura sin callo en el declive.

19 (20) Protórax escamoso y más o menos áspero. La 7a interestría forma un borde del disco bastante pronunciado. La 3a y 5a interestría poseen cada una un tubérculo mayor, cuya caída posterior es vertical. Bolivia.

10. *zischkai* n. sp

20 (19) Protórax un tanto irregular pero liso y con escamas escasa en el disco. La 7a interestría no forma un borde pronunciado que limita el disco. Los tubérculos de las interestrias impares bajos y romos. Perú.

11. *pusillus* n. sp

3. CLAVE PARA LAS ESPECIES DE *Premnotrypes* ACTUALIZADA POR Yabar (2014) EN BASE A LAS CLAVES DE Kuschel 1956 Y DE Alcázar & Cisneros 1997)

1. Escapo con escamas abundantes. Setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia adelante2
- Escapo sin escamas o éstas poco conspicuas. Escamas y setas dorsales del rostro orientadas mayormente hacia atrás9
2. Estría 8 irregular, como con puntos supernumerarios3
- Estría 8 regular, puntos en hilera simple4
3. Base del pronoto con seis nódulos, formando un arco; surco supraescrobal de grosor uniforme en toda su extensión; tubérculos elitrales poco desarrollados, redondeados ***P. solani*** Pierce
- Base del pronoto con cuatro nódulos; surco supraescrobal más ancho cerca del margen del ojo; tubérculos elitrales bien desarrollados, cónicos ***P. solanivorax*** (Heller)
4. Epistoma prominente, elevada, convexa, su caída hacia atrás abrupta.....6
- Epistoma evidente pero no prominente, casi plano, su caída posterior tenue; [nódulos apicales de las interestrías 3 y 5 formando un hexágono]5
5. Metatarsómero 2 claramente más largo que ancho; tubérculos de interestrías 3 y 5 de tamaño similar..... ***P. solaniperda*** Kuschel
- Metatarsómero 2 apenas más largo que ancho; tubérculo de interestría 3 muy conspicuo, mayor que los de la 5..... ***P. piercei*** Alcalá
6. Sin arcos superciliares; curvatura dorsal del rostro muy pronunciada 7
- Con notorias arcos superciliares; curvatura dorsal del rostro suave8
7. Escapo corto y grueso, no alcanza el margen anterior del ojo; protibias con escamas en el borde inferior; margen anterior del pronoto engrosado y dirigido hacia atrás
- hasta los nódulos laterales anteriores, en forma de S o bisinuado; margen lateral del pronoto con un grupo de nódulos pequeños ***P. fractirostris*** Marshall

- El escapo largo, sobrepasa el margen anterior del ojo; protibias sin escamas en el borde inferior; margen anterior del pronoto no engrosado; pronoto con nódulos basales laterales conspicuos, agudos **P. vorax** (Hustache)
8. Diente inferior de las mandíbulas agudo; pronoto con nódulos basales laterales del pronoto romos. **P. latithorax** (Pierce)
- Diente inferior de las mandíbulas romo; pronoto con nódulos basales laterales agudos y sobresalientes..... **P. sanfordi** (Pierce)
9. Curvatura dorsal del rostro pronunciada 10
- Curvatura dorsal del rostro suave 11
10. Nódulo más grande de la interestría 5 ubicado delante del nódulo apical de la interestría 3; nódulo apical de la interestría 3 más desarrollado que los demás **P. clivosus** Kuschel
- Nódulo más grande de la interestría 5 ubicado por detrás del nódulo apical de la interestría 3; ambos nódulos, más el nódulo apical de la interestría 7 formando una especie de herradura **P. zischkai** Kuschel
11. Disco del pronoto densamente cubierto con escamas 12
- Disco del pronoto prácticamente sin escamas, brillante; algunas escamas dispuestas a los lados del pronoto **P. pusillus** Kuschel
12. Con nódulos (“callo”) en la sutura elitral en la parte media del declive elitral; tegumento del protórax irregular **P. suturicallus** Kuschel
- Sin nódulos en la sutura elitral en la parte media del declive elitral; tegumento del protórax regular 13
13. Diente inferior de la mandíbula agudo; base del protórax con seis nódulos pequeños, los centrales muy reducidos, los sublaterales cónicos muy pegados al margen basal del protórax; nódulo apical de la interestría 5 más desarrollado formando, con los nódulos apicales de la interestría, 3 un hexágono **P. sp. 1** sp. nov.
- Diente inferior de la mandíbula romo; base del protórax con cuatro nódulos apenas desarrollados, separados de la base; nódulos elitrales poco desarrollados, redondeados **P. sp. 2** sp. nov

4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL COMPLEJO GORGOJO DE LOS ANDES EN LA REGIÓN ANDINA



*Alcázar & Cisneros (1997)

5. Base de datos de las especies estudiadas

| Especie | País | Región | Provincia | Distrito | Lugar | Latitud | Longitud | Altitud | Año | Fuente |
|----------------------|------|----------|--------------|----------------|---------------|----------|----------|---------|------------|----------|
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Ancash | Yungay | Yungay | Anipe | -9.136 | -77.76 | 3014m | 11/10/2015 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Ancash | Corongo | Cusca | Tarica | -8.6 | -77.766 | 2802m | 22/10/2011 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Ayacucho | Huamanga | Ayacucho | | -13.1583 | -74.2239 | 2748m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Junin | Tarma | Tarma | | -11.4197 | -75.6908 | 3061m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Anta | Huarocondo | Andenes | -13.43 | -72.23 | 3525m | 30/12/1974 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Aparquilla | -13.46 | -72.18 | 3327m | 12/01/1993 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Anta | Chinchaypucyo | Chinchaypucyo | -13.62 | -72.33 | 3226m | 08/10/1992 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Anta | Ancahuasi | Huamanchacona | -13.46 | -72.34 | 3600m | 22/11/1993 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Ccpp Chakan | -13.4316 | -72.1197 | 3588m | 26/01/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Calca | Pisac | Pisac | -13.41 | -71.81 | 3655m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Ccaccacollo | -13.45 | -71.88 | 3554m | 09/06/1993 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Calca | Pisac | Chahuaytire | -13.3849 | -71.76 | 3799m | 22/10/1993 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Calca | San Salvador | Huanca | -13.49 | -71.78 | 3011m | 24/09/1992 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Rayanniyoc | -13.46 | -71.91 | 3777m | 11/09/1992 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Canchis | Checacupe | Checacupe | -14.02 | -71.44 | 3792m | 15/02/1999 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Canchis | Sicuani | Hercca | -14.31 | -71.24 | 3589m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Chumvivilcas | Quiñota | Huañacahua | -14.29 | -72.13 | 3789m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Chumvivilcas | Santo Tomas | Santo Tomas | -14.4473 | -72.0911 | 3686m | 10/02/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Cusco | San Sebastian | Quircas | -13.599 | -71.9056 | 3949m | 18/02/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Cusco | Cusco | Tambomachay | -13.4825 | -71.959 | 3740m | 27/04/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Espinar | Espinar | Espinar | -14.8017 | -71.3835 | 3946m | 09/02/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Paucartambo | Huancarani | Huancarani | -13.5092 | -71.656 | 3909m | 27/01/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Andahuaylillas | Mancco | -13.7119 | -71.7319 | 3883m | 12/01/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Ocongate | Ccpp Tinki | -13.6701 | -71.3105 | 3851m | 02/02/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Ocongate | Ocongate | -13.6171 | -71.3983 | 3565m | 02/02/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Catca | Ccopi Bajo | -13.6025 | -71.5723 | 3721m | 20/04/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Chincheru | Chincheru | -13.39 | -72.05 | 3720m | 15/12/1996 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Huayllabamba | Huatata | -13.37 | -72.07 | 3766m | 15/02/2002 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Maras | Qollana | -13.37 | -72.13 | 3514m | | CEUC |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|-------------|----------------|-------------------|----------|----------|--------|------------|--------------|
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Chinchero | Korikancha | -13.4109 | -72.0021 | 3822m | 17/02/1029 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Maras | Mahuaypampa | -13.3689 | -72.1617 | 3496m | 11/04/2019 | Colectas |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | San Jeronimo | Cupisa | -13.65 | -73.36 | 3004m | 12/11/2006 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Huancabamba | -13.65 | -73.38 | 3108m | 13/11/2006 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Nueva Esperanza | -13.65 | -73.42 | 2917m | 14/11/2006 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | El Collao | Pilcuyo | Wilamaya | -16.0533 | -69.5227 | 3826m | 05/03/2019 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Yunguyo | Yunguyo | Tahuaco | -16.3183 | -69.0583 | 3870m | 20/05/2019 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Puno | Atuncolla | Sillustani | -15.7211 | -70.1583 | 3862m | 21/05/2019 | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | El Callao | Ilave | Wilamaya | -16.0519 | -69.5611 | 3829m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Puno | Cap Achica | Capachica | -15.7561 | -70.1742 | 3869m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Chucuito | Juli | Irupalca | -16.4042 | -69.7258 | 4187m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Azangaro | San José | Chaupi Sahuacasi | -14.6383 | -70.515 | 4072m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Chucuito | Juli | | -16.241 | -69.451 | 3988m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | Perú | Puno | Puno | Mañazo | | -15.79 | -70.34 | 3920m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | La Paz | Aroma | Mun. Umala | Vinto Coopani | -17.3294 | -68.1216 | 3983m | 2010 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | La Paz | Aroma | Mun Patacamaya | Jatuquira | -17.2723 | -67.9605 | 3839m | 2010 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Chinchaya | -15.926 | -68.794 | 3.856m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Calahuancane Baja | -15.839 | -68.8469 | 4.095m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Chojñapata | -15.7879 | -68.8766 | 4.313m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | | | | Colomi | -17.35 | -65.8667 | 3446m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | | | | | -16.717 | -69.0861 | 3833m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | | | | Kalaque | -16.1 | -68.8833 | 3860m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | | La Paz | | | -16.5 | -68.15 | 3789m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | BOLIVIA | | Yunguyo | Yunguyo | San Juantahuaco | -17.4089 | -68.7831 | 3913m | | CEUC |
| <i>P. lathitorax</i> | CHILE | | | | | -18.2 | -69.5833 | 3384m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | San Jeronimo | | -13.65 | -73.36 | 3004m | 12/11/2006 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | | -13.7333 | -73.35 | 3632m | 13/11/2006 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Acomayo | Acos | Acos | -13.94 | -71.71 | 3200m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Aparquilla | -13.46 | -72.16 | 3338m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Ccpp Chakan | -13.4316 | -72.1197 | 3588m | 26/01/2019 | Colectas |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Rayanniyoc | -13.46 | -71.91 | 3776m | 11/09/1992 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Ccaccaccollo | -13.45 | -71.88 | 3555m | 09/06/1993 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Canchis | Checacupe | Checacupe | -14.02 | -71.44 | 3791m | 08/12/1995 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Chumivilcas | Santo Tomas | Santo Tomas | -14.4473 | -72.0911 | 3686m | 10/02/2019 | Colectas |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Cusco | Santiago | Ramiro Priale | -13.5344 | -71.9871 | 3492m | 19/01/2019 | Colectas |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|--------------|----------------|-------------------|----------|----------|--------|------------|--------------|
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Espinar | Espinar | Espinar | -14.8017 | -71.3835 | 3946m | 09/02/2019 | Colectas |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Paucartambo | Huancarani | Huancarani | -13.5092 | -71.656 | 3909m | 27/01/2019 | Colectas |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Ocongate | Ocongate | -13.6171 | -71.3983 | 3565m | 02/02/2019 | Colectas |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Chumvivilcas | Quiñota | Huañacahua | -14.29 | -72.13 | 3788m | 08/03/1993 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Maras | Qollana | -13.37 | -72.13 | 3514m | 29/07/1992 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Cusco | Urubamba | Maras | Mahuaypampa | -13.3689 | -72.1617 | 3496m | 11/04/2019 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Arequipa | Cailloma | Lluta | Chucura | -15.8475 | -71.9208 | 4364m | 25/03/2019 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Puno | Atuncolla | Sillustani | -15.7211 | -70.1583 | 3862m | 21/05/2019 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | El Collao | Pilcuyo | Wilamaya | -16.0533 | -69.5227 | 3826m | 05/03/2019 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Chucuito | Juli | | -16.2013 | -69.4578 | 3828m | 22/11/2004 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Puno | Mañazo | Mañazo | -15.79 | -70.34 | 3920m | 04/02/2004 | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | El Callao | Llave | Wilamaya | -16.0519 | -69.5611 | 3829m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Puno | Cap Achica | Capachica | -15.7561 | -70.1742 | 3870m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Chucuito | Juli | Irupalca | -16.4042 | -69.7258 | 4189m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Perú | Puno | Azangaro | San José | Chaupi Sahuacasi | -14.6383 | -70.515 | 4072m | 2005 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | La Paz | Aroma | Mun. Umala | Vinto Coopani | -17.3294 | -68.1216 | 3983m | 2010 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | La Paz | Aroma | Mun Patacamaya | Jatuquira | -17.2723 | -67.9605 | 3839m | 2010 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Chinchaya | -15.926 | -68.794 | 3.856m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Calahuancane Baja | -15.839 | -68.8469 | 4.095m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | La Paz | Omasuyos | Ancoraimes | Choiñapata | -15.7879 | -68.8766 | 4.313m | 2009 | BIBLIOGRAFIA |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | | | | | -16.05 | -68.6833 | 3843m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | | | | | -16.2 | -68.6333 | 3842m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | | | | La Joya | -17.7817 | -67.5025 | 3747m | | CEUC |
| <i>P. solaniperda</i> | Bolivia | | | | Kalaque | -16.1 | -68.8833 | 3860m | | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Pasco | Pasco | Huayllay | | -10.9167 | -76.333 | 4151m | | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Junin | Yauli | La Oroya | La Oroya | -11.5333 | -75.9 | 3960m | | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | San Jeronimo | Cupisa | -13.6666 | -73.2666 | 3665m | 12/11/2006 | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Apurimac | Aymaraes | Huayllo | Pochccota | -14.0833 | -73.2666 | 2600m | 13/11/2006 | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | San Jeronimo | Cupisa | -13.6828 | -73.2786 | 3718m | | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Iscuchaca | -13.4631 | -72.1553 | 3339m | 1949 | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Cusco | Cusco | Sacsayhuaman | -13.5077 | -71.9789 | 3563m | 02/07/2008 | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Quecayoc | -13.4697 | -71.8522 | 4129m | | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Andahuaylillas | Comunidad Mancco | -13.7119 | -71.7319 | 3883m | 12/01/2019 | Colectas |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Paucartambo | Huancarani | Huancarani | -13.5092 | -71.656 | 3909m | 27/01/2019 | Colectas |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Quispicanchi | Ocongate | Ccpp Tinki | -13.6701 | -71.3105 | 3851m | 02/02/2019 | Colectas |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Anta | Anta | Ccpp Chakan | -13.4316 | -72.1197 | 3588m | 26/01/2019 | Colectas |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|--------------|-------------|---------------|------------------|----------|----------|-------|------------|-------------|
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Cusco | San Jeronimo | Pata Pata | -13.54 | -71.86 | 3520m | 1949 | CEUC |
| <i>P. pusillus</i> | Perú | Cusco | Anta | Ancahuasi | Saratohuaylla | -13.46 | -72.34 | 3601m | 18/03/1993 | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Huancavelica | Angaraes | Lircay | Ahuay | -12.9122 | -74.6922 | 3630m | 2013 | BIBLIGRAFIA |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Tunacancha | -13.65 | -73.38 | 3111m | 12/11/2006 | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Cusco | Calca | Taray | Quecayoc | -13.4697 | -71.8522 | 4129m | 2008 | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Junin | Jauja | Masma Chicche | Anexo Nununhuayo | -11.7852 | -75.3723 | 3724m | | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Ayacucho | La Mar | Santa Rosa | Usmay | -12.8628 | -73.8962 | 3990m | 16/11/2006 | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Huancavelica | Tayacaja | Pazos | Pazos | -12.2644 | -75.0678 | 3842m | 2014 | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Junin | Junin | Carhuamayo | Carhuamayo | -10.9167 | -76.0333 | 4270m | | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Junin | Yauli | La Oroya | La Oroya | -11.5333 | -75.9 | 3960m | | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Junin | Jauja | Acolla | Chocon | -11.7706 | -75.5267 | 3478m | | CEUC |
| <i>P. suturicallus</i> | Perú | Huancavelica | Acobamba | Paucara | Chopca | -12.7491 | -74.7265 | 3765m | 2009 | BIBLIGRAFIA |