

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Variación morfométrica de ventritos abdominales de
Premnotrypes latithorax distribuidas en 10 provincias del
Departamento del Cusco**

Tesis presentada por:

Bach. Javier Amaru Castelo

**Para optar el título profesional de
Biólogo**

Asesor:

Dr. Erick Yabar Landa

CUSCO-PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: Variación
morfológica de ventrículos abdominales de Premnotropes laticornis distribuidos en 10 provincias
presentado por: JAVIER AMAEU CASTELO
con Nro. de DNI: 72539524, para optar el título profesional/grado académico
de Biologo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 0%

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 21 de marzo de 2023

[Firma]

Firma

Post firma Enick Yabaw Lauda

Nro. de DNI 23954648

ORCID del Asesor 0000-0003-2389-4417

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:168933828

NOMBRE DEL TRABAJO

Variación morfométrica de ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* distribuidos en 10 provin

AUTOR

Javier Amaru

RECUENTO DE PALABRAS

10530 Words

RECUENTO DE CARACTERES

62741 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

62 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.6MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 28, 2022 8:26 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 28, 2022 8:28 PM GMT-5**● 0% de similitud general**

Esta entrega no coincidió con ningún contenido comparado.

- 0% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Erick Yabar landa que con su asesoramiento y ayuda incondicional no solo permitió que yo pueda terminar la tesis, sino que me ayudo a crecer profesionalmente, además de ser un ejemplo a seguir como profesional y como persona.

A Maria Isabel Aparicio Soto y Jorge Curo Miranda que con el ejemplo me enseñaron a tener la fuerza para poder proseguir con mi tema de tesis.

A Edgar Luis Marquina Montesinos, Araseli Elme Tumpay, Abdhiel Arnaldo Bustamante Navarrete que me abrieron las puertas para poder conocer el mundo de los insectos, que es un mundo maravilloso y además que con el ejemplo me mostraron que este es mi camino.

A mis padres Francisco Amaru Espirilla y Maribel Castelo Pacheco que con su paciencia y amor permitieron que yo pueda seguir mis sueños que en este punto se ven reflejados en esta tesis, además de que con el ejemplo me enseñaron diferentes valores que me definen como persona.

A mis hermanas Emperatriz, María luz, Isabel y Mercedes que son mis confidentes, que escuchan todos mis problemas y pensamientos, y que me enseñaron que una persona puede tener diferentes sueños y debe luchar hasta conseguirlo.

No debo olvidar mencionar la colaboración de los compañeros del laboratorio de entomología con los que pasamos momentos felices y bonitas experiencias: Jennifer Apaza Gonzales, Dorali Beatriz Zuñiga Rivas, Lilia Victoria Halanocca Yana, Jane Gonzales Baca, Melany Nohemi Jorge Huamani y Arnol Loayza Huillca.

Asimismo, me gustaría agradecer la colaboración de otras personas que, con su compañía y experiencias, permitieron que este trabajo se pueda concluir: Benita Bautista Challco, Dayria Orosco Salas, Pilar Magnolia Ferro Valverde y Patricia Aroni Limachi.

ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN.....	8
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	10
OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
CAPÍTULO I.....	14
GENERALIDADES.....	14
ANTECEDENTES	14
ANTECEDENTES INTERNACIONALES	14
ANTECEDENTES NACIONALES.....	14
ANTECEDENTES LOCALES.....	15
MARCO CONCEPTUAL	24
MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA	24
ESPECIE: <i>Premnotrypes latithorax</i> Pierce, 1914.....	16
CAPÍTULO II.....	26
ÁREA DE ESTUDIO.....	26
DEPARTAMENTO DE CUSCO.....	26
CLIMA:	29
OROGRAFÍA	31
REGIONES BIOGEOGRÁFICAS.....	31
PRINCIPALES CULTIVOS	31
CAPÍTULO III	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
MATERIALES:	34
MATERIALES BIOLÓGICOS:.....	34
MATERIALES DE GABIBETE:	34
METODOLOGÍA:.....	35

TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	35
METODOS Y FUNDAMENTOS	36
CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
1.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE SEXOS	43
2.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOCALIDADES	46
3.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE ALTITUDES	51
DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES.....	54
REFERENCIAS	56
ANEXOS	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía lateral de <i>Premnotrypes solaniperda</i>	17
Figura 2. Fotografía lateral de <i>Premnotrypes latithorax</i>	19
Figura 3. Cara ventral de los esternitos abdominales de <i>Premnotrypes latithorax</i>	20
Figura 4. Épocas de siembra y cosecha de la papa en diferentes localidades	22
Figura 5. Estadios de desarrollo de <i>Premnotrypes latithorax</i> con énfasis en las etapas y meses en las que está presente	23
Figura 6. Mapa de Área de estudio. Provincia de Cusco.....	28
Figura 7. Mapa climático del Cusco.....	30
Figura 8. Climato-diagrama de la región del Cusco.....	31
Figura 9. Mapa con los límites de las cordilleras del departamento del Cusco.....	32
Figura 10. Flujoograma de Actividades del trabajo de investigación	35
Figura 11. Forma promedio para el análisis de dimorfismo sexual, Análisis de componentes principal y Alometría.....	45
Figura 12. Análisis de componentes principales de la variación entre provincias y forma promedio.....	48
Figura 13. Gráfica de Regresión de Alometría de la variación de provincias.....	49

Figura 14. Graficas de regresión de alometria y Análisis de componentes principales para el análisis de altitudes	50
Figura 15. Formas promedio de cada localidad.....	63
Figura 16. Thine plate spline (TPS) para el análisis de variación entre provincias.	64
Figura 17. Thine plate spline (TPS) para la variación entre provincias. Continuación.....	65
Figura 18. Thine plate spline (TPS) para la variación entre provincias. Continuación 2....	66
Figura 19. Thine plate spline (TPS) para la variación entre provincias. Continuación 3.....	67
Figura 20. Forma promedio de cada altitud y Thine Plate Spline de el análisis de altitudes.	68
Figura 21. Thine Plate spline de las formas promedio para el análisis de altitudes. Continuación.....	69
Figura 22. Fotografías de ventritos abdominales de las provincias de estudio	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de colecta en el área de estudio.....	27
Tabla 2. Toneladas por año de los principales productos producidos en el departamento del Cusco	33
Tabla 3.Tabla de ubicación de Landmarks y Semilandmarks usados.	38
Tabla 4. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la funcion: shape = f(centroid size).....	44
Tabla 5. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la funcion: shape =f (sexo)44	44
Tabla 6. Códigos y lugares de colectas.....	47
Tabla 7. tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la funcion: shape = f(localidad)	47
Tabla 8. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la funcion: shape = f(centroid size) para todas las localidades.	47
Tabla 9. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la funcion: shape = f(altitud)	51
Tabla 10. Base de datos de ejemplares revisados en el presente trabajo	71

RESUMEN

El género *Premnotrypes* comprende 11 especies que forman el complejo gorgojo de los andes que son una de las principales plagas del cultivo de papa. Una de las especies más distribuidas en el departamento del Cusco es *Premnotrypes latithorax*. El Departamento del Cusco presenta una amplia variedad climática y el clima es uno de los factores principales que genera plasticidad en las especies que habitan la zona. En el presente trabajo se estudió la variación morfométrica a diferentes niveles (dimorfismo sexual, variación altitudinal y variación entre diferentes localidades) mediante las herramientas de morfometría geométrica de los ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax*. Para tales objetivos, se revisaron 141 ejemplares depositados en la Colección Entomológica de la Unsaac de 10 provincias del departamento del Cusco con fechas de colecta desde 1993 al 2019, para observar la variación morfométrica referida al dimorfismo sexual se revisó 40 ejemplares (27 ♀ y 13 ♂) del distrito de Marangani, provincia de Canchis. Luego se procedió a la toma de fotografía y su posterior procesado con el programa TPS útil y TPS dig. El archivo obtenido se pasó por el programa R usando el paquete geomorph que realiza análisis de morfometría geométrica. Como resultado se encontró una variación sexual notoria ($p=0.024$), principalmente en la forma de la sutura de separación del primer y segundo ventritos; y además en el ápice de los ventritos. En cuanto a la variación entre localidades fue significativa estadísticamente ($p=0.001$), pero no a nivel gráfico ni en el análisis de alometría, En el análisis de alturas no se encontró ninguna variación poblacional entre la forma de los ventritos abdominales.

SUMMARY

The genus *Premnotrypes* comprises 11 species that make up the Andean weevil complex, which are one of the main pests of potato crops. One of the most distributed species in the department of Cusco is *Premnotrypes latithorax*. The Department of Cusco presents a wide climatic variety and the climate is one of the main factors that generates plasticity in the species that inhabit the area. In the present work, the morphometric variation at different levels (sexual dimorphism, altitudinal variation and variation between different localities) was studied using geometric morphometry tools of the abdominal ventrites of *Premnotrypes latithorax*. For these objectives, 141 specimens deposited in the Unsaac Entomological Collection of 10 provinces of the department of Cusco with collection dates from 1993 to 2019 were reviewed, to observe the morphometric variation referred to sexual dimorphism, 40 specimens were reviewed (27 ♀ and 13 ♂) of the district of Marangani, province of Cuzco. Then the photograph was taken and its subsequent processing with the TPS util and TPS dig program. The obtained file was passed through the R program using the geomorph package that performs geometric morphometry analysis. As a result, a variation of sexual notoriety was found ($p= 0.024$), mainly in the form of the separation suture of the first and second ventrites; and also at the apex of the ventritos. Regarding the variation between locations, it was statistically significant ($p=0.001$), but not at a graphic level or in the allometry analysis. In the analysis of heights, no population variation was found between the shape of the abdominal ventrites.

Variación morfométrica de ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* distribuidos en 10 provincias del Departamento del Cusco.

INTRODUCCIÓN

El género *Premnotrypes* comprende 11 especies principalmente distribuidas en Perú, Bolivia, Ecuador (Alcázar & Cisneros, 1999). Las especies del género se caracterizan por presentar élitros con tubérculos, interestria 9° y 10° paralelas, mandíbula con cicatriz de pieza caduca (Kuschel, 1956). Este género forma parte del complejo conocido como gorgojo de los andes junto a los géneros *Phyrdenus* y *Rhygopsidius*, considerados las principales plagas del cultivo de papa en la región andina desde los 2000 msnm (Alcázar & Cisneros, 1999).

El departamento del Cusco presenta gran variabilidad de climas, de 22 a 23 tipos de climas según la clasificación de Thornwaite (Gobierno regional del Cusco, 2005; Senamhi, 2020), Esta gran variabilidad climática, al ser un componente abiótico del ecosistema, es un factor que determina la plasticidad que presenta una especie (Relyea, 2005). La plasticidad fenotípica es la habilidad de un organismo para expresar diferentes fenotipos dependiendo del ambiente biótico y abiótico en diferentes formas (Relyea, 2005). Se puede estudiar la plasticidad de un biotipo usando morfometría geométrica, tal como lo muestra el trabajo de Benítez et al. (2021) en el que relaciona la plasticidad con la variabilidad morfológica que puede presentar un biotipo.

La variación morfométrica de un grupo se puede dar a diferentes niveles, el más estudiado es el dimorfismo sexual como lo muestran los trabajos de Benitez, Vidal, Briones, & Jerez, (2010) y Fairbairn, (1997). También se puede dar variación morfológica asociada al clima en muchos caracteres (Daly, 1985). El género *Premnotrypes* presenta una amplia variabilidad morfológica, pudiendo ser muy variables incluso en una misma población (Alcalá & Alcázar, 1976; Carrasco, 1961; Niño, Acevedo, Becerra, & Guerrero, 2004). Por lo que, en el presente trabajo, se estudió la variación morfométrica de *Premnotrypes latithorax* en diferentes poblaciones distribuidas en el departamento del Cusco. Se estudió material depositado en la colección entomológica de la Unsaac para poder determinar si existe diferencias estadísticas en los ventritos abdominales entre poblaciones distribuidas en 10 provincias del departamento del Cusco y si existe dimorfismo sexual en esta estructura.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Entre los trabajos referidos a morfología del género *Premnotrypes* se tiene a Alcalá & Alcázar (1976), Carrasco (1961) y Niño et al. (2004). En esos trabajos mencionan que el género *Premnotrypes* es un género muy variable en todos sus caracteres pero no relacionan esa variación a ningún factor, Por lo que la **información asociada a la variación morfométrica del género *Premnotrypes latithorax* en el departamento del Cusco es muy escasa.**

Por lo que con la presente tesis de investigación se quiere conocer si:

¿Existe variación morfométrica intraespecífica en los ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* en diferentes poblaciones distribuidas en el departamento del Cusco?

¿Existe dimorfismo sexual marcado en los ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* en una población de la provincia de Marangani, Canchis?

JUSTIFICACIÓN

El departamento del Cusco es muy variado climáticamente (Gobierno regional del Cusco, 2005; Senamhi, 2020). El clima es uno de los factores que produce plasticidad, por lo que un lugar muy variado climáticamente presenta organismos con gran variación morfométrica (Relyea, 2005). La morfometría geométrica permite observar gráficamente las variaciones de la forma entre dos morfotipos y además realizar varios análisis estadísticos para determinar similitudes (Alejandra, 2015), por lo que es una técnica que permite observar de mejor manera las variaciones entre morfotipos. En consecuencia, el presente trabajo permitirá la identificación de algunas regiones de los ventritos abdominales que presentan alta varianza en esta especie, estos segmentos al ser los más variables podrán ser usados para la identificación de morfotipos de esta especie.

El género *Premnotrypes* es una plaga de importancia para el Cusco (Yábar-Landa et al., 2011). Esta presenta gran variabilidad en sus caracteres (Alcalá & Alcázar, 1976; Carrasco, 1961; Niño et al., 2004). Esto se puede deber a la variabilidad climática a la que está sometida. Por lo que, al estudiar la variabilidad morfométrica de los ventritos de *Premnotrypes latithorax*, mediante técnicas de morfometría geométrica podremos determinar si existe variación entre poblaciones de *Premnotrypes latithorax* distribuidas en el departamento del Cusco; y de esa manera se podrá detectar si la variación en climas determina la variación fenotípica de esta especie.

De igual manera, el presente trabajo nos permitirá conocer si la forma de los ventritos abdominales es un carácter que se puede usar para poder separar intraespecíficamente machos y hembras de *Premnotrypes latithorax*. Esto nos ofrece formas de poder conocer el sexo de un espécimen sin necesidad de extraer la genitalia de estos ejemplares.

El presente trabajo sienta las bases para estudios posteriores referidos a morfometría geométrica de diferentes grupos, que es una rama poco explorada dentro de los trabajos realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la variación morfométrica de los ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* en 10 provincias del departamento del Cusco para poder detectar variaciones entre las provincias, dimorfismo sexual y variación altitudinal.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la variación morfométrica de ventritos abdominales de especímenes de *Premnotrypes latithorax* entre las 10 provincias del departamento del Cusco, incluyendo un análisis alométrico.

Comparar la variación morfométrica de ventritos abdominales entre machos y hembras de *Premnotrypes latithorax*, incluyendo un análisis alométrico.

Describir la variación morfométrica de ventritos abdominales a diferentes altitudes de *Premnotrypes latithorax*.

VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Lugar.
- Sexo.
- Tamaño.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Forma
- Alometria

HIPÓTESIS

El presente trabajo presenta 4 hipótesis que permitirán responder de manera general la hipótesis general de la existencia de variación morfométrica de los ventritos abdominales de *Premnotrypes latithorax* en 10 provincias del Departamento del Cusco para poder detectar variaciones provinciales, dimorfismo sexual y variaciones altitudinales. .

H1: Hay variación en los ejemplares de diferentes sexos (dimorfismo sexual) significativa, por lo que la forma está en función del sexo.

H2: Hay variación en los ejemplares de diferentes localidades estadísticamente significativa, por lo que la forma está en función de las localidades.

H3: Hay variación de los ejemplares en función de la altitud significativa, por lo que la forma está en función de las altitudes de las localidades colectadas.

H4: Hay variación en los ejemplares de diferentes tamaños (Alometria) significativa, por lo que la forma está en función del tamaño

CAPÍTULO I.

MARCO TEORICO

GENERALIDADES

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Benítez et al. (2021) revisaron la plasticidad genotípica de biotipos de *Pterostichus dilutipes* (Coleoptera: Carabidae) mediante morfometría geométrica, analizaron 16 individuos de 3 biotipos diferentes colectadas en trampas “pitfall” donde encontraron variación morfométrica para cada biotipo. Encontraron que las hembras de esta especie eran más grandes, y además que la variación de la forma se observa de mejor manera en la cara ventral

Benitez et al. (2010) estudiaron la variación morfológica y el dimorfismo sexual en *Ceroglossus chilensis* (Coleoptera: Carabidae), donde colectaron 116 individuos de 2 plantaciones, y realizaron los análisis de morfometría geométrica para las caras ventrales y dorsales, encontrando diferencias en las ambas caras de las especies por lo que las dos caras pueden ser usadas para los análisis de morfometría geométrica.

Niño et al. (2004) estudiaron la distribución poblacional y la biología de *Premnotrypes vorax* en Venezuela. Realizaron la crianza en condiciones de laboratorio, donde revisaron la morfología de cada uno de estos estadios y además encontraron que el ciclo de vida hasta la emergencia del adulto fue de 112 días, los huevos eclosionaron a los 32 días, las larvas de 36.43 días, las prepupas de 19,35 días y pupa 23.52 días, Además, al analizar la distribución poblacional encontraron que se colectaron más individuos a 10-20cm del suelo, y se encuentra mayor cantidad de ejemplares en la época de lluvias por la emergencia de adultos, además determinaron que existía una sincronización fenológica.

ANTECEDENTES NACIONALES.

Alcalá & Alcázar (1976) estudiaron a *Premnotrypes suturicallus* Kuschel revisando sus características morfológicas de cada uno de los estadios, además estudiaron su ciclo biológico encontrando que la etapa de huevo duraba 19-42 días, la etapa de larva 42-51 días y la etapa

de prepupa de 31-56 días, la etapa de pupa 44-70 días y la etapa de adulto 85-142 días siendo en total 240-338 días para llegar a la madurez.

Diaz-Avalos et al., (2021) revisaron ejemplares del género *Varroa* que son ácaros ectoparásitos de abejas del género *Apis* colectados en la costa norte de Perú, logrando coleccionar 510 ejemplares, encontrándose solo una especie. Adicionalmente, realizaron un análisis de morfometría geométrica encontrando 5 poblaciones fenotípicas con pequeñas variaciones, pero ninguna significativa estadísticamente

Torres, (2015) estudió ejemplares de Aphididae (Hemiptera) de Cieneguilla (Lima- Perú), encontrando 11 especies, además se les realizó un análisis de morfometría tradicional con 13 variables diferentes, encontrando que la especie de mayor tamaño fue *Macrosiphum euphorbiae*.

ANTECEDENTES LOCALES.

Carrasco, (1961) menciona a 4 especies relacionadas al cultivo de papa: *Premnotrypes latithorax*, *P. Solaniperda*, *P. pusillus*, *P. sanfordi*; revisa la biología y sistemática de *Premnotrypes latithorax* dando las características morfológicas de cada estadio, además encontró que el crecimiento de la plaga está relacionada al crecimiento del cultivo y que está muy relacionada a la temporalidad.

Borda & Ramirez, (2014) revisaron mediante técnicas de morfometría tradicional y geométrica la diferencia entre subespecies de *Megalobulimus leucostoma* en base a caracteres de su concha de ejemplares colectados en Cusco y Puno, para los análisis de morfometría tradicional usaron 16 medidas y para la morfometría geométrica 12 landmarks. Encontrando diferencias entre las 3 subespecies en base al tamaño de las espiras de sus conchas.

Yabar-Landa, (2014) realizó la revisión de la taxonomía y filogenia de todas las especies del género *Premnotrypes*, describiendo cada una de sus características morfológicas y además describiendo dos nuevas especies *Premnotrypes sp1* y *Premnotrypes sp2*.

ESPECIE: *Premnotrypes latithorax* Pierce, 1914

TAXONOMIA:

El género *Premnotrypes* comprende 11 especies distribuidas principalmente en Perú, Ecuador y Bolivia (Alcazár & Cisneros, 1999). Es una de las principales plagas para el cultivo de papa formando parte del complejo gorgojo de los andes junto con los géneros *Phyrdenus*, *Rhygopsidius* y géneros afines (Alcazár & Cisneros, 1999). Pertenece a la subfamilia Entiminae (Lyal & Alonso-Zarazaga, 1999). La subfamilia Entiminae se caracteriza por presentar “Pieza caduca” en la mandíbula (Yabar-Landa, 2014).

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Entiminae

Tribu: Premnotrypini

Género: *Premnotrypes* Pierce, 1914

Especie: *P. latithorax* Pierce, 1914

Figura 1. *Fotografía lateral de Premnotrypes solaniperda.*



Nota: Fotografía en vista lateral de una de las especies de el genero Premnotrypes

CARACTERES TAXONOMICOS:

La familia Curculionidae se caracteriza por presentar el rostro alargado y antenas geniculadas (Triplehorn & Johnson, 2005), la subfamilia Entiminae se caracteriza por presentar un rostro relativamente corto y un cicatriz mandibular producto de la caída de la pieza caduca (Girón-duDue & Carrejo, 1999). La tribu Premnotrypini se caracteriza por presentar los élitros con las interestrias 9° y 10° paralelas, Sutura metepisternal parcialmente borrada (Kuschel, 1956). El género *Premnotrypes* se diferencia de sus géneros hermanos (*Microtrypes* y *Rhynotrypes*) por la presencia de escamas y tubérculos en los élitros y pronoto (Kuschel, 1956).

Los caracteres más usados para la identificación de las especies de este género son:

CABEZA.- Las escamas setiformes del escapo antenal, el tamaño del escapo antenal (pasando o no el margen anterior de los ojos), elevación cerca de los ojos, la posición de las escamas en el rostrum, la elevación del epistoma, la curvatura del rostrum y el diente inferior de la mandíbula son caracteres taxonómicos de importancia (Alcázar & Cisneros, 1999; Kuschel, 1956).

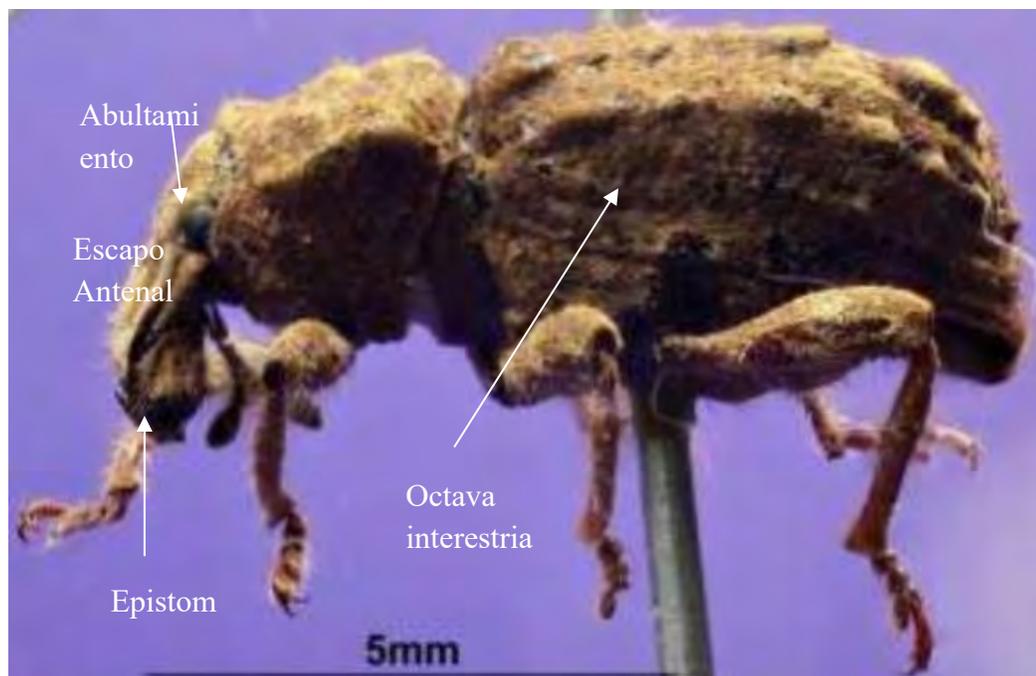
PRONOTO.-La disposición y forma de los tubérculos, la configuración del disco, o la presencia de suturas son caracteres taxonómicos de importancia (Alcázar & Cisneros, 1999; Kuschel, 1956).

ELITROS.- Las interestrias, la forma de los hombros, la disposición y tamaño de los tubérculos, la sutura elitral son caracteres taxonómicos usados para la identificación de las especies (Alcázar & Cisneros, 1999; Kuschel, 1956; Voss, 1954).

DIAGNOSIS DE *Premnotypes latithorax*

Premnotypes latithorax se caracteriza por presentar antenas con escapo provista de escamas, largas que pasan el margen anterior de los ojos; cabeza con epistoma elevado, frente con abultamiento ocular, rostro con curvatura dorsal suave y diente inferior de las mandíbulas agudo cerca a la pieza caduca; pronoto con abultamiento lateral romo; èlitros con octava estría normal con apariencia de hilera simple. (Kuschel, 1956).

Figura 2. *Fotografía lateral de Premnotrypes latithorax*



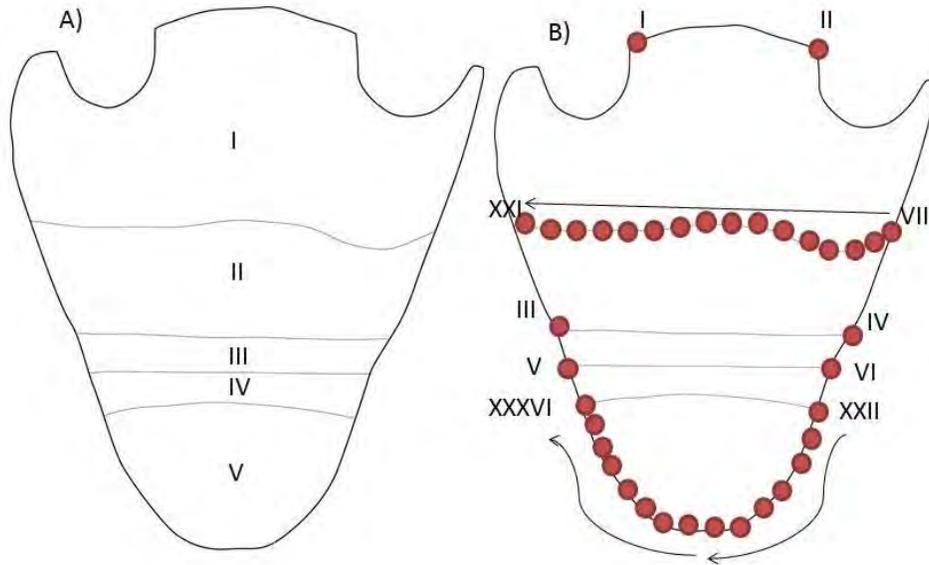
Nota: Fotografía mostrando algunos caracteres diagnósticos de importancia como el escapo antenal, el abultamiento ocular, la octava interstria y el epistoma.

MORFOLOGIA DE LOS VENTRITOS ABDOMINALES:

Se pueden distinguir 6 segmentos que forman arcos de diferente tamaño, el 1° es corto, ubicado entre las dos coxas continuándose a los lados con un delgado reborde, el 2° y el 3° más desarrollados en su parte central con una ligera concavidad, el 4° y 5° con concavidad donde destacan sus salientes longitudinales, el 6° casi plano ligeramente convexo (Carrasco, 1961). Muchas veces la separación del 1° y 2° es difícil de observar por lo que en el presente trabajo se consideran como 5 segmentos visibles tal como se muestra en la figura 3.

En algunas especies se reporta algunas diferencias entre machos y hembras como en Alcalá & Alcázar, (1976) que encuentran diferencias en la angostura y en la forma del último esternito. Aunque la diferencia más común reportada es la diferencia de tamaño entre machos y hembras (Carrasco, 1961; Niño et al., 2004).

Figura 3. Cara ventral de los esternitos abdominales de *Premnotrypes latithorax*



Nota: Figura que muestra la cara ventral de los esternitos abdominales. A) Segmentos ventrales del abdomen; B) Landmarks y semilandmarks ubicados en la cara ventral del abdomen.

ESPECIES DEL GENERO *Premnotrypes* DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO:

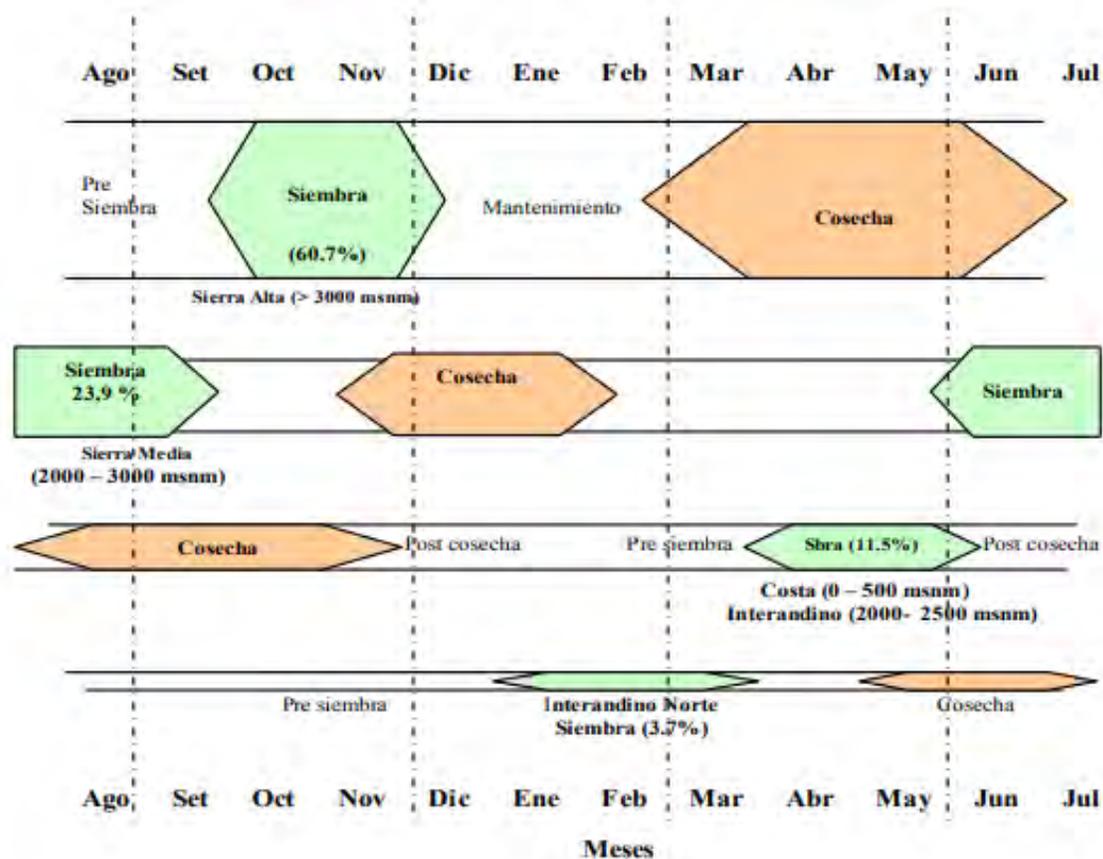
Carrasco, (1961) reporta a 4 especies del género *Premnotrypes* para el departamento del cusco *Premnotrypes latithorax*, *P. Solaniperda*, *P. pusillus*, *P. sanfordi*. Esto se confirma con el trabajo de Yábar et al., (2011) que vuelven a reportar a *P. latithorax*, *P. pusillus* y *P. solaniperda*.

Forma parte del complejo gorgojo de los andes que incluye especies que son plagas del cultivo de papa distribuidas en zonas de cultivos que van desde los 2800 a 4700 msnm (Alcazár & Cisneros, 1999). *Premnotrypes latithorax* se distribuye en Perú, Bolivia y Chile (Alcazár & Cisneros, 1999).

CICLO BIOLÓGICO DE *Premnotrypes latithorax*.

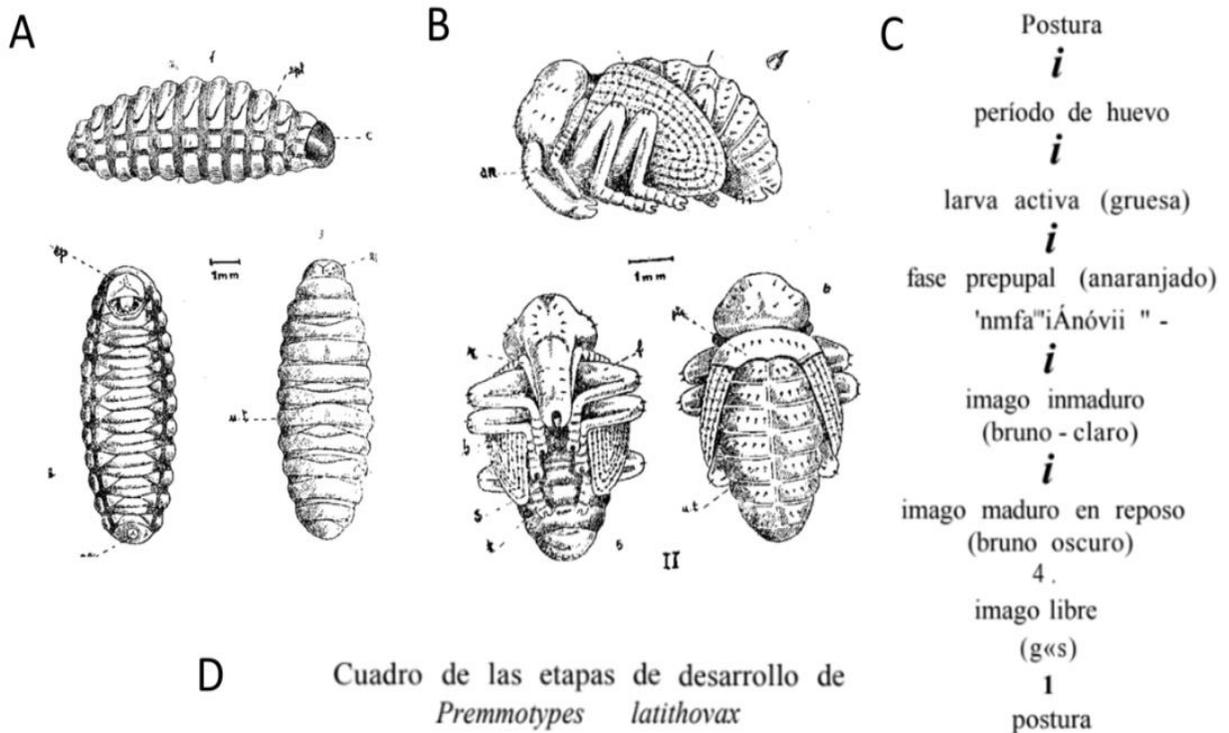
Según Carrasco, (1961) el ciclo biológico de *Premnotrypes latithorax* es anual con metamorfosis completa (pasando por las fases de Huevo, Larva, Pupa y Imago), se encuentra ampliamente correlacionado con el ciclo de *Solanum tuberosum* (papa). El huevo es de color blanquecino, liso, Oval-alargado (0,9 a 1.2 mm de alto y 0.4 a 0.5 mm de ancho) que se encuentran en grupos de hasta 52 (en grupos de 19). Los huevos se encuentran en los meses de enero a marzo, la eclosión de huevos se da en mayor parte en el mes de marzo. las larvas presentan 3 subestadios (larva joven, larva activa que busca el tubérculo y larva en periodo prepupal), son ovals, apodas, al inicio son blanquecinas y luego amarillo anaranjadas, presentan cabeza diferenciada y cuerpo con 13 segmentos (el último segmento circular rodeando el ano), se encuentran principalmente en los meses de febrero a setiembre (desde febrero- marzo- abril hasta julio- agosto y setiembre durando 3 meses como promedio), estas penetran a la papa y el orificio de ingreso desaparece (solo se encuentra 1 larva en cada galería). La pupa es de color blanquecino, inactiva, con cabeza, tórax y abdomen diferenciada con 7 urotergitos, la duración es de 2 meses como promedio (iniciando desde mayo-junio hasta junio-Julio-agosto-Setiembre). El adulto presenta dos subestadios (adulto tierno con pieza caduca, adulto).

Figura 4. Épocas de siembra y cosecha de la papa en diferentes localidades.



Nota: Esquema en el que se realiza la siembra y cosecha de papa dependiendo de la zona de cultivo. Obtenido de Egúsqiza, (2008)

Figura 5. Estadios de desarrollo de *Premnotrypes latithorax* con énfasis en las etapas y meses en las que está presente



D Cuadro de las etapas de desarrollo de *Premnotrypes latithorax*

Meses	Huevo	Larva	Pupa	Imago
Enero	***			***
Febrero	* * * *	* *		***
Marzo	* * * *	* *		***
Abril		+ **		
Mayo		***	***	
Junio		***	***	
Julio		***	** #	***
Agosto		***	***	***
Setiembre		***	+ **	***
Octubre				***
Noviembre				***
Diciembre				***

Nota: A. Larva de *Premnotrypes latithorax*, B. Pupa de *Premnotrypes latithorax*, C. etapas de desarrollo, D. Cuadro de las etapas de desarrollo vs meses encontrados. Realizado con información obtenida de Carrasco, (1961).

MARCO CONCEPTUAL

MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

La morfometría geométrica es el estudio de la forma, entendiendo como forma a las propiedades geométricas que quedan al quitar la escala, rotación y traslación, ofreciéndonos una mejor forma para visualizar la forma del organismo, se puede entender como la fusión empírica de la geometría con la biología (Alejandra, 2015; Benítez & Püschel, 2014). Incluye métodos con contornos (outlines) y landmarks (LM) (Benítez & Püschel, 2014). Teniendo en cuenta la homología y la localización (Alejandra, 2015). La homología geométrica se considera como una correspondencia punto a punto a diferencia de la homología biológica que se refiere a la correspondencia de partes aunque presentan el mismo sentido (Jackson, 2008). Los landmarks y semilandmarks no se analizan uno por uno, se analizan en toda su constitución por lo que se usa análisis multivariado para su análisis (Zelditch, Swiderski, Sheets, & Fink, 2004),

A diferencia de la morfometría tradicional, la morfometría geométrica preserva las relaciones geométricas y permite la remoción de la escala de mejor manera (Benítez & Püschel, 2014). La morfometría geométrica presenta muchas aplicaciones entre las que podemos destacar: la asimetría fluctuante, la integración, la modularidad y el análisis del dimorfismo sexual (Benítez & Püschel, 2014).

FORMA: la morfometría geométrica se basa en la definición de forma de Kendall (Zelditch et al., 2004). Kendall, (1977) define la forma como la configuración que queda al quitarle la localización, orientación y escala. En morfometría geométrica no varía con el tamaño aunque la forma y el tamaño son características íntimamente ligadas, porque generalmente organismos con diferentes tamaños presentan diferentes tamaños por diferentes causas (Alometria) (Alejandra, 2015).

TAMAÑO: el tamaño para morfometría geométrica se relaciona con la escala (Zelditch et al., 2004). Es una característica que se remueve para obtener la forma por lo que se les trata como dos datos geoméricamente independiente y no correlacionados en presencia de alometria (Zelditch et al., 2004). Se calcula como el tamaño del centroide (Zelditch et al., 2004).

LANDMARKS: punto discretos que no alteran su posición topológica en todos los organismos que pueden ser yuxtaposiciones, zonas de máxima curvatura o puntos extremos (Alejandra, 2015). Se encuentran 3 tipos de landmarks: las yuxtaposiciones de objetos, los puntos de máxima curvatura y los puntos extremos (Jackson, 2008). De los tres los más óptimos son las del primer tipo (Zelditch et al., 2004). Se debe tener en cuenta algunos criterios para la elección de landmarks como son la homología, cobertura de la forma, repetibilidad, Posición relativa y la coplanaridad (Zelditch et al., 2004).

SEMILANDMAKS (SLM): son puntos que nos permiten estudiar la curvatura que se puede analizar como landmarks mediante un análisis de “sliding” (Webster & Sheets, 2010). Difiere de los landmarks por los criterios de homología debido a que presentan una posición arbitraria (Zelditch et al., 2004),

CAPÍTULO II

ÁREA DE ESTUDIO

DEPARTAMENTO DE CUSCO

El departamento de Cusco ubicado entre los meridianos $73^{\circ} 59' 52''$ (-73.9977777) Longitud Oeste y $73^{\circ} 57' 45''$ (-73.9625) longitud oeste y los paralelos $11^{\circ} 13' 30''$ (-11.225) latitud sur y $15^{\circ} 28' 26''$ (15.474) latitud sur con un tamaño de 71891.97 Km^2 (PAAC, 2010). Limita al norte con Ucayali y Junín, al este con Madre de dios, al oeste con Apurímac y Ayacucho y al sur con Puno y Arequipa (PAAC, 2010). El departamento del cusco presenta 13 provincias con 108 distritos, la altitud de las comunidades presentes en el departamento oscila entre 4801 msnm (en el Distrito de Suykutambo) y 650 msnm (en el Distrito de Quellouno) (INEI, 2001).

PROVINCIAS OBJETO DE ESTUDIO

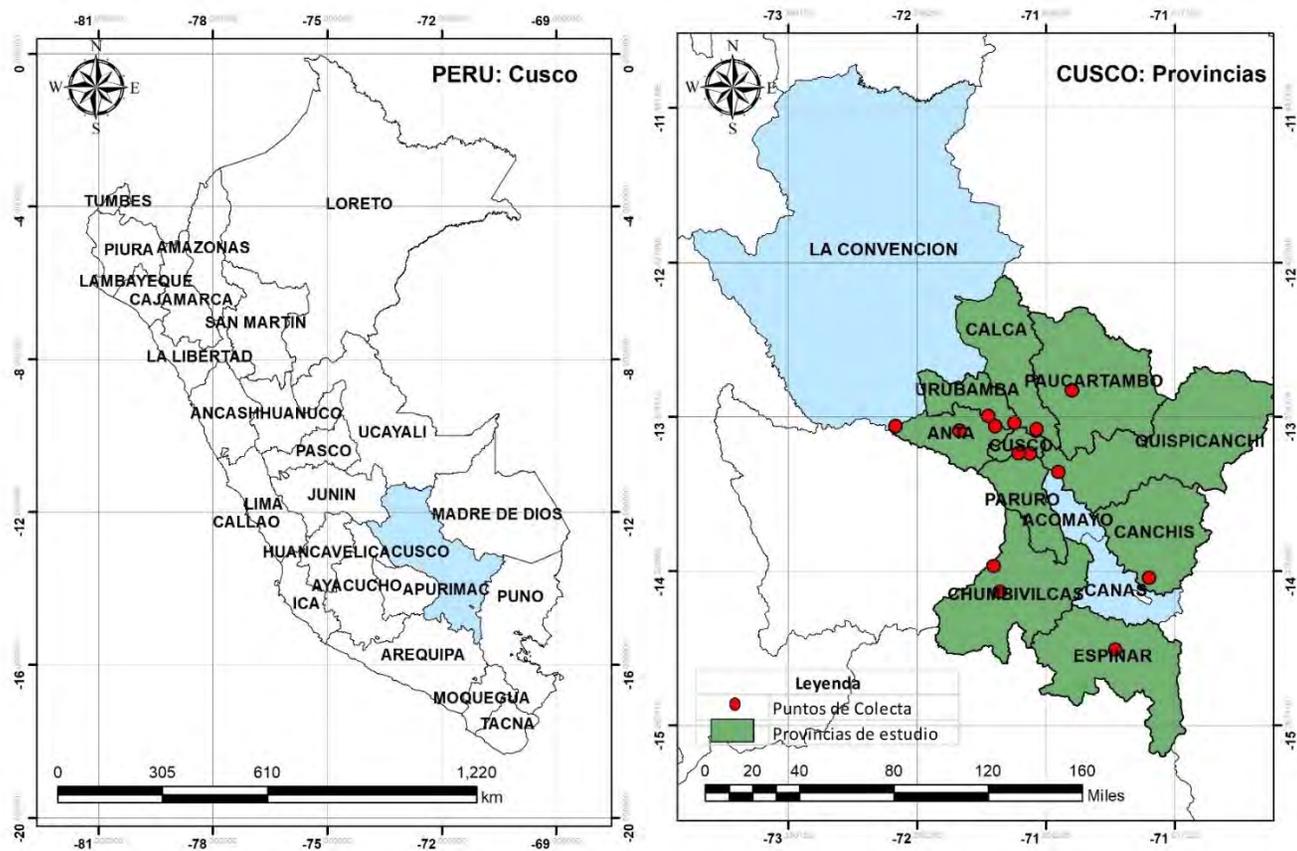
Para el presente trabajo se revisó material de las siguientes localidades de 10 provincias del departamento del Cusco: Chacan (Anta); Huamanchacona (Anta); Huancarani (Paucartambo); Challabamba (Paucartambo); Marangani (Canchis); Mahuaypampa (Urubamba); koricancha (Urubamba); Quirkas (Cusco); Santo tomas (Chumbivilcas); Paruro (Ocopata); Andahuaylas (Quispicanchi); Espinar (Espinar); Quecayoc (Calca). Las coordenadas y las fechas de colecta se observan en la Figura 6 y Tabla 1.

Tabla 1. *Puntos de colecta en el área de estudio*

PROVINCIA	LOCALIDAD	LAT	LONGI	ALT	NER	FECHA	COD. DE ETIQUETA
ANTA	CHACAN	-13.4316	-72.1197	3584	10	29/I/2019	ANT001_X_35_001
	HUAMANCHACONA	-13.46	-72.34	3780	10	22/XI/1993	ANT002_X_37_002
PAUCARTAMBO	HUANCARANI	-13.4316	-72.7319	3909	8	26/I/2019	PAU001_X_39_003
	SUNCHUBAMBA	-13.211	-71.649	3450	2	05/IV/2019	PAU002_X_34_004
CANCHIS	MARANGANI	-14.3605	-71.173199	3733	40	-	QUI001_X_37_005
URUBAMBA	MAHUAYPAMPA	-13.3689	-72.1617	3600	6	11/iv/2019	URU001_X_36_006
	KORICANCHA	-13.4109	-72.0021	3622	6	17/ii/2019	URU002_X_36_007
CUSCO	QUIRKAS	-13.599	-71.9056	3949	10	18/II/2019	CUS001_X_39_001
CHUMBIVILCAS	SANTO TOMAS 1	-14.4473	-72.0911	3686	7	10/II/2019	CHU001_X_36_001
	SANTO TOMAS 2	-14.29	-72.13	3750	2	08/III/1993	CHU002_X_37_001
PARURO	OCOPATA	-13.5962	-71.9767	3929	12	06/I/2008	PAR001_X_39_001
QUISPICANCHI	ANDAHUAYLAS	-13.7119	-71.7319	3864	12	12/I/2019	QCA001_X_38_001
ESPINAR	ESPINAR	-14.8017	-71.3835	3946	6	01/II/2019	ESP001_X_39_001
CALCA	QUECAYOC	-13.45	-71.8666	3581	10	04/IV/2008	CAL001_X_35_001

Nota: LAT. Latitud; LONG: Longitud; ALT: Altitud; NER: Número de ejemplares revisados. De creación propia

Figura 6. Mapa de Área de estudio. Provincia de Cusco

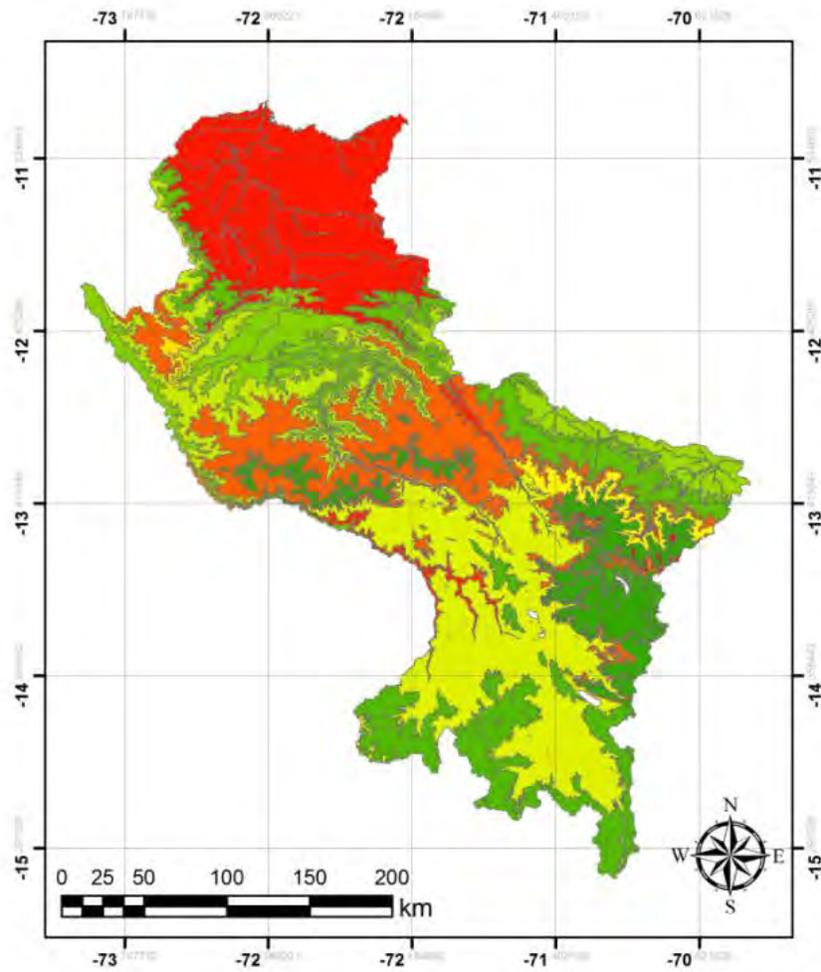


Nota: Puntos de colecta dentro del departamento de Cusco-Perú.

CLIMA:

El Cusco presenta 22 a 23 climas (Gobierno regional del Cusco, 2005; Senamhi, 2020). Es predominantemente lluvioso y templado con poca humedad en los meses de otoño a invierno (Senamhi, 2020). Según la clasificación de Gobierno regional del Cusco, (2005) y Senamhi, (2020) los más extendidos son el semiseco semifrío con invierno seco, lluvioso semicálido con precipitación abundante en todas las estaciones del año, lluvioso frío con invierno seco, semiseco semifrío con invierno seco y lluvioso semicálido (Figura 7). Tomando como referencia la provincia del Cusco, este presenta una temperatura media de 7.75833 °C (3.975°C-12.70833°C) con una precipitación media de 106 mm; el mes más seco es el de julio y el de mayor precipitación enero; el de mayor temperatura Noviembre y el de menor temperatura Julio (Climate-Data, 2019).

Figura 7. Mapa climático del Cusco.

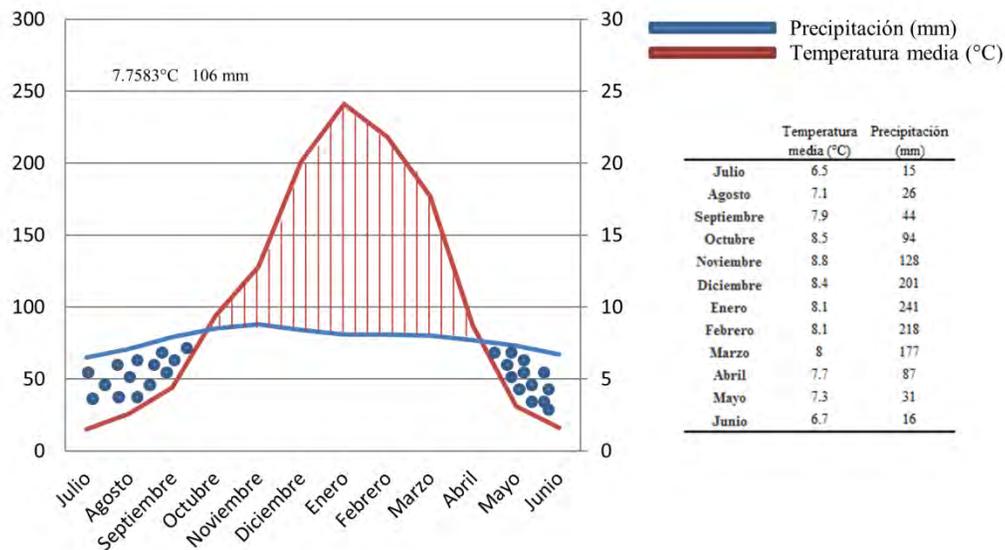


CLIMAS DE CUSCO

- | | |
|---|---|
| ■ Lluvioso Frigido con Precipitación abundante en | ■ Muy lluvioso Semifrio con Precipitación abundan |
| ■ Lluvioso Frio con Invierno seco | ■ Muy lluvioso Templado con Precipitación abundan |
| ■ Lluvioso Frio con Precipitación abundante en to | ■ Muy lluviosos Polar con Precipitación abundante |
| ■ Lluvioso Polar con Invierno seco | ■ Semisecho Polar con Invierno seco |
| ■ Lluvioso Polar con Precipitación abundante en t | ■ Semisecho Semicálido con Invierno seco |
| ■ Lluvioso Semicálido con Invierno seco | ■ Semisecho Semifrigido con Invierno seco |
| ■ Lluvioso Semicálido con Precipitación abundante | ■ Semisecho Semifrio con Invierno seco |
| ■ Lluvioso Semifrigido con Invierno seco | ■ Semisecho Templado con Invierno seco |
| ■ Muy lluvioso Cálido con Precipitación abundante | ■ Semiárido Cálido con Invierno seco |
| ■ Muy lluvioso Semicálido con Precipitación abund | ■ Semiárido Semifrigido con Invierno seco |
| ■ Muy lluvioso Semifrio con Invierno seco | ■ Semiárido Templado con Invierno seco |

Nota: Mapa climático del Departamento del cusco según la clasificación de thornwaite.

Figura 8. *Climato-diagrama de la región del Cusco.*



Nota: Obtenida de Climate-Data, (2019).

OROGRAFÍA

El Cusco está atravesado por 5 cordilleras: la cordillera del Huanzo (Cordillera occidental del sur), Vilcabamba, La raya (Cordillera central del sur), Urubamba y Vilcanota (Cordillera oriental del sur), de las cuales las más representativas son la de Vilcabamba y Vilcanota ocupando la mayor parte de su territorio (INAIGEM, 2018; INEI, 2001). De los cuales los nevados más altos son Ausangate a 6372 msnm (Vilcanota) y Salcantay a 6271 msnm (Vilcabamba) (INAIGEM, 2018; INEI, 2001).

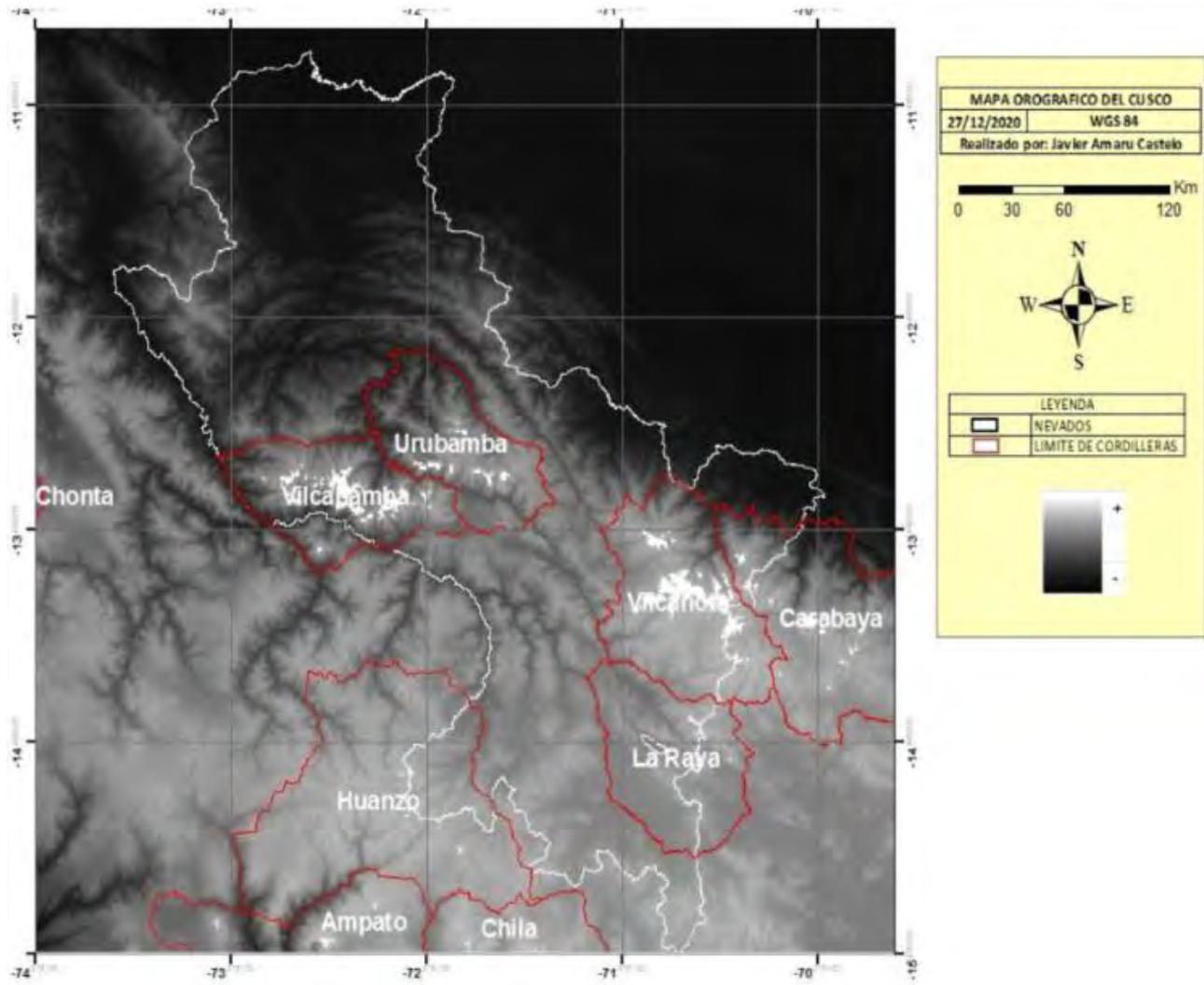
REGIONES BIOGEOGRÁFICAS

La zona de estudio está ubicada en la región biogeográfica del Neotrópico; en los dominios de la región Andino patagónica y el dominio sur brasiliano y con las provincias biogeográficas de Puna, Yunga y Pantanal (Rondonia) (Morrone, 2017)

PRINCIPALES CULTIVOS

Los principales cultivos producidos por el Cusco son la Papa, alfalfa, Maíz tal como se muestra en la tabla 2 (INEI, 2019).

Figura 9. Mapa con los límites de las cordilleras del departamento del Cusco



Nota: realizado con la información de INAIGEM (2018, 2020).

Tabla 2. Toneladas por año de los principales productos producidos en el departamento del Cusco

PRODUCTO	2017(TON POR AÑO)
Papa	383467
Alfalfa	136832
Maíz amiláceo	65107
Maíz choclo	39302
olluco	37507
plátano	27994
Café	26615
Yuca	26272
Cebada grano	24071
Tuna	22301
Naranja	18274
Trigo	17262
Oca	15601
Cacao	8707
Palta	8468
Zanahoria	8257
Piña	7625
Cebolla	7490

Nota: Principales productos cultivados en el departamento del Cusco. Realizado con información obtenida de INEI, (2019).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES:

MATERIALES BIOLÓGICOS:

- Individuos de *Premnotrypes latithorax* de la colección entomológica de la UNSAAC (CEUC)

MATERIALES DE GABINETE:

- Alfileres
- Alfileres entomológicos.
- Papel.
- Cámara fotográfica.
- Hidróxido de potasio al 10 % (KOH).
- Bisturí.
- Tecnopor.
- Táper.
- Alcohol.
- Stackshot.
- Taper
- Programas TPSutil®, TPSdig®, TPSrelw®, Morphoj®, SCapture®, Helicon Focus®.

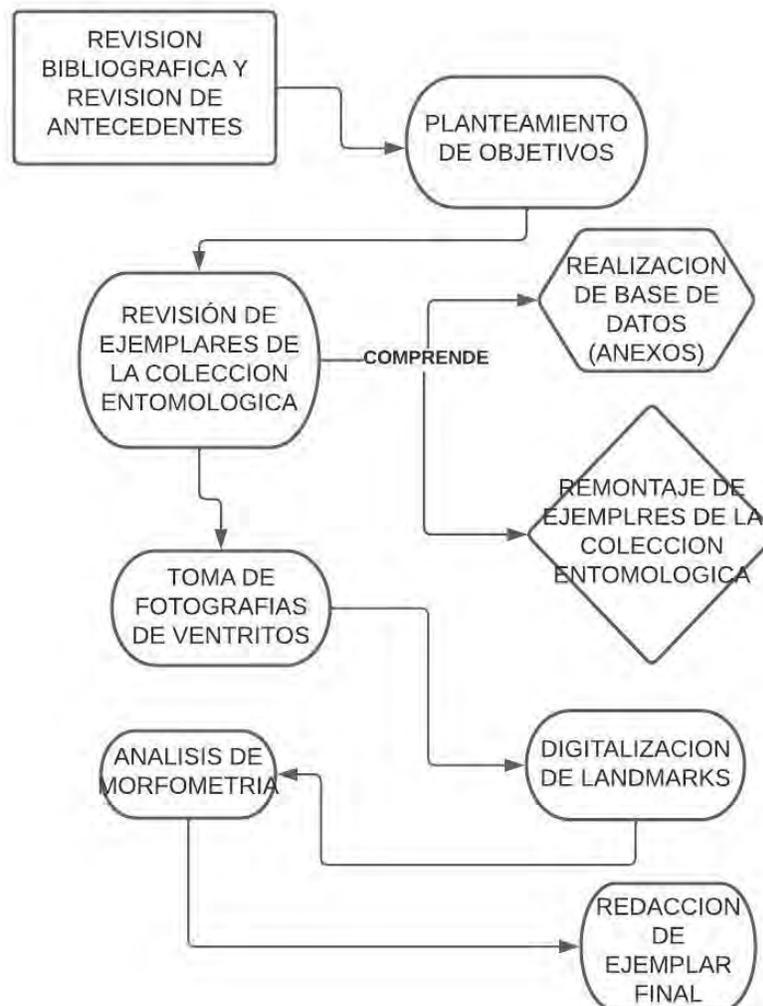
METODOLOGÍA:

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación descriptiva-experimental

FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 10. *Flujograma de Actividades del trabajo de investigación*



Nota: Actividades de la tesis.

MÉTODOS Y FUNDAMENTOS

SELECCIÓN DE EJEMPLARES:

Se selecciono ejemplares que permitan la correcta ubicación de los landmarks y la toma de fotografía de todos los ejemplares presentes en la colección entomológica de la unsaac. Encontrando 141 ejemplares que serán el objeto de estudio del presente trabajo con distribución según la tabla 1, usándose de la siguiente manera:

1. Para el análisis de sexos se usaron únicamente 40 ejemplares de la localidad de Marangani, Canchis. De las cuales se encontraron 13 machos y 27 hembras.
2. Para el análisis entre localidades se usaron 113 ejemplares usando todos los ejemplares de la tabla 1 menos 28 ejemplares de Marangani (seleccionando solo 12 ejemplares de esta localidad).
3. Para el análisis de altitudes se usaron los mismos ejemplares que se utilizaron en el análisis de localidades.

REMONTAJE DE EJEMPLARES

Para el remontaje de ejemplares se modificó la técnica expuesta por Márquez, (2005) de la siguiente manera::

1. Se colocó en un Tecnopor en un Táper con agua caliente los ejemplares montados de la colección para reblandecerlos.
2. Se colocó los ejemplares en una plancha de Tecnopor acomodando sus estructuras con ayuda de los alfileres
3. Se dejó secar por 3 días.

EXTRACCIÓN DE GENITALIA

Se revisaron los 40 ejemplares de Marangani (Canchis) para poder confirmar el sexo de dichas muestras (13 machos y 27 hembras). Para la extracción de genitalia se modificó la técnica expuesta por Márquez, (2005) de la siguiente manera:

1. Se extrajo el abdomen del ejemplar.
2. Se dejó por 24 horas en KOH al 10 %.

3. Se lavó el abdomen con agua destilada.
4. Se jaló el extremo del abdomen intentando no romperlo para separar la genitalia del abdomen.
5. Se separó las estructuras de la genitalia interna masculinas y femeninas.
6. Se colocan las estructuras en un portaobjetos con un poco de alcohol, se extienden y se colocan en glicerina.
7. Se colocó el edeago en un portaobjetos, se extiende con un poco de alcohol y se coloca en glicerina.

TOMA DE FOTOGRAFIA

Las fotografías fueron de las caras ventrales de cada espécimen. Las fotografías se realizaron con el equipo Cámara CANON EOS5D Mark III, Lente de aumento CANON MP-E 65mm f/2.8 1-5x, Stackshot COGNYSIS para sacar fotos seriadas con diferentes enfoques. Se compilaron las imágenes con el programa Helicón Focus 6.0.0 ® y posteriormente editadas con los programas TCapture®, Paint,net v4.1.6®.

COLOCACIÓN DE LANDMARKS

Según Webster & Sheets (2010) se deben colocar tantos puntos sean necesarios para ofrecer un resumen de la forma de la estructura a estudiar. Por lo que en el presente se usaran 10 Landmarks y 26 semilandmarks según la tabla 3 y la figura 3.

Para la colocación de landmarks se usara los programas TPSútil, TPSdig, que son programas para poder crear el archivo de extensión “.TPS” y colocar los puntos de referencia (Rohlf, 2015).

Tabla 3. *Tabla de ubicación de Landmarks y Semilandmarks usados.*

LANDMARKS	UBICACIÓN
1	Unión de la esquina del segmento I con la coxa
2	Unión de la esquina del segmento I con la coxa
3	Fin del segmento II
4	Fin del segmento II
5	Fin del segmento III
6	Fin del segmento III
7	Fin del segmento I
21	Fin del segmento I
22	Inicio del último segmento
36	Inicio del último segmento
SEMILANDMARKS	
08-20	curvatura del borde posterior del primer segmento
23-35	curvatura del borde posterior del último segmento

Nota: Ubicación de los landmarks y semilandmarks ubicados en los ventritos abdominales.

Para los análisis de variación morfométrica entre sexos se estudiaron ejemplares machos y hembras de la localidad de Marangani seleccionados según el apartado “selección de ejemplares”. Para los análisis de variación entre localidades se tomaron en cuenta 10 localidades con los códigos mostrados en la tabla 6. Para los análisis de morfometría entre altitudes se estudiaron los mismos ejemplares analizados en la variación de localidades tomando en cuenta las altitudes de cada localidad agrupadas de la siguiente manera: 34 (los

que tienen altitudes entre 3400 y 3499); 35 (los que tiene altitudes entre 3500 y 3599); 36 (los que tienen altitudes entre 3600 y 3699); 37 (los que tienen altitudes entre 3700 y 3799); 38 (los que tienen altitudes entre 3800 y 3899); 39 (los que tienen altitudes entre 3900 y 3999),

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los softwares TPSutil, TPSdig son parte de los softwares desarrollados por Rohlf (2015) que permiten crear el archivo inicial, colocar los landmarks y crear el archivo slide para correr el sliding de semilandmark. Para el análisis generalizado de Procrustes y el “sliding” de semilandmarks se usó Rstudio con el paquete geomorph. Geomorph es un paquete escrito en lenguaje R que permite manipular, leer y digitalizar los Landmarks (Adams & Otárola-Castillo, 2013). También se usaron los paquetes “stringr”, “randomcoloR” y “plyr”.

ANÁLISIS GENERALIZADO DE PROCRUSTES (AGP):

Análisis para minimizar la variación entre configuraciones (método de superposición) (Zelditch et al., 2004). Donde se centra los LM al origen, se escala la configuración a 1, se escoge una configuración y se rota las demás minimizando las distancias cuadradas entre LM, luego promedia las formas y se sigue rotando con respecto a la forma promedio mediante cálculos de álgebra matricial (Adams, Rohlf, & Slice, 2004; Zelditch et al., 2004).

TPS: análisis que mapea la deformación de un objeto con respecto a otro basado en las grillas de Thompson, las diferencias de formas es escrito en términos de diferencias en la deformación de grilla (Adams et al., 2004).

SLIDING SEMILANDMARK (SSLM):

Proceso para optimizar la posición de semilandmarks y estos puedan ser usados como LM (Adams et al., 2004; Zelditch et al., 2004). Se tienen dos alternativas: la basada en superposición de Procrustes referida a la distancia de Procrustes y la basada en TPS referida al “bending energy” (Gunz & Mitteroecker, 2013). En ambos métodos los semilandmarks se desplazan mediante una línea tangente hasta la posición donde la distancia de Procrustes o el “bending energy” sea menor para que los semilandmarks cumplan la

homología de los LM (Gunz & Mitteroecker, 2013). El método basado en “bending energy” da mejores resultados para muestras con largas variaciones (Gunz & Mitteroecker, 2013).

THINE PLATE SPLINE: es un modelo matemático que nos permite producir una cuadrícula donde se puede visualizar la deformación entre 2 formas (Webster & Sheets, 2010). Se basa en la idea de deformación de grilla de Thompson donde un objeto se deforma en otro (Adams et al., 2004)

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP):

Es un método de ordenación que reduce las dimensiones de los datos a coordenadas principales que se pueden usar como nuevas variables para que la variación entre grupos sea más fácilmente visible (Alejandra, 2015). Generalmente la primera variable se dirige en la dirección de máxima varianza y luego el segundo de manera ortogonal al primero y así consecutivamente (Webster & Sheets, 2010).

ANALISIS DE PROCRUSTES DE ANOVA

El análisis usado es el de Goodall's F-test es un test no paramétrico de permutación basado en la varianza de la distancia de Procrustes, la distancia de Procrustes es la diferencia entre landmarks homólogos de 2 ejemplares, Al ser un método basado en permutaciones este no requiere asumir ninguna distribución (Anderson, 2001; Webster & Sheets, 2010).

ANALISIS DE ALOMETRIA

La alometría analiza la variación de la forma tomando en cuenta el tamaño, bajo diferentes razones que nos permite observar patrones interesantes como los cambios en una sola dimensión correlacionados con los cambios de tamaño (Villalobos-Leiva & Benítez, 2020). Como ya no se tiene escala en la morfométrica geométrica, se entiende al tamaño como el tamaño de centroide (Alejandra, 2015).

PAQUETES NECESARIOS PARA CORRER LOS DIFERENTES CÓDIGOS

En el presente trabajo se usaron los siguientes paquetes: geomorph, stringr, randomcoloR y Plyr. El paquete “geomorph” se usa para los diferentes análisis de morfométrica geométrica con diferentes códigos que permiten el correcto análisis de los datos, este paquete permite desde la colocación y manipulación de Landmaks y semilandmarks, además de diferentes análisis estadístico (Adams, Collyer, Kaliontzopoulou, & Baken, 2022), el paquete “stringr” se usa principalmente para manipular datos del tipo “string” utilizado para facilitar la manipulación de los nombres de los *diferentes* archivos (Wickham, 2019). El paquete “randomcoloR” se usa para generar los colores al azar de manera automática que se usa para poder observar de mejor manera los diferentes gráficos (Ammar, 2019) y ”Plyr” que es un paquete que nos permite manipular de mejor manera dataframes que incluyen los datos a analizar (Wickham, 2022).

CODIGOS UTILIZADOS EN LOS DIFERENTES ANALISIS DEL PAQUETE GEOMORPH – R

Para poder ver los diferentes códigos usados para los diferentes análisis se tomó como ejemplo el análisis de los diferentes lugares.

```
tps=readland.tps("ANALISISwithpoints.TPS",specID=c("imageID"),read
                curves=TRUE)
```

“readland.tps” es una función del paquete geomorph de R que permite leer archivos de extensión “.tps” obtenidos del programa TPSdig. Se considera como requerimientos el nombre del archivo, el nombre del ID y la facilidad de leer curvas que se digitalizan como tal.

```
slide=define.sliders(tps[, ,1], 26, surfsliders = NULL, write.file
                    = TRUE)
```

“define.sliders” es una función del paquete geomorph que permite crear el archivo para realizar el slide de semilandmarks seleccionando 3 puntos, donde el segundo es el punto a

realizar slide, esta función requiere colocar el archivo leído con la anterior función, en número de semilandmarks.

```
procrustes=gpagen(tps, curves=slide)
```

“gpagen” es una función del paquete geomorph que permite realizar el análisis generalizado de procrustes, requiere el archivo tps y si se van a realizar análisis de sliding, el archivo creado con la función” Slide”.

```
PCA <- gm.prcomp(procrustes$coords)
```

“gm.prcomp” es una función del paquete geomorph que permite realizar el análisis de componentes principales, requiere el archivo que contiene las coordenadas del análisis generalizado de Procrustes, devuelve el gráfico de Análisis de Componentes principales.

```
plotRefToTarget(M1, M2)
```

“plotRefToTarget” es una función del paquete geomorph que permite realizar un análisis de “TPS”, necesita dos coordenadas que se analizaran en el presente se usó para analizar las formas promedio de cada grupo a analizar.

```
alometria<-procD.lm(procrustes$coords~procrustes$Csize)
```

“procD.lm” es una función del paquete geomorph que permite realizar un análisis procrustes Anova, se requiere subir la formula usada en la linealización, se puede además colocar el dataframes de los datos.

```
formavssexo<-procD.lm(procrustes$coords~sexofactor)
```

Se usó de igual manera la función de “procD.lm” para poder realizar el análisis de “ANOVA” de Procrustes para observar alometria (si la forma varía en función del tamaño).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE SEXOS

En el análisis se obtuvo la forma promedio para los 17 machos y 23 hembras de la localidad de Marangani cada uno como se muestra en la figura 11 A y B, además de la forma promedio de toda la población (Figura 11 C).

Al analizar la variación entre sexos se puede observar una variación morfométrica no muy pronunciada debido a que existe una parte de la población que presenta forma similar representada por la intersección del análisis de componentes principales, aunque una parte si se puede diferenciar (figura 11E). Al analizar si la forma está en función del sexo (forma=f(sexo)), se puede obtener que estadísticamente la variación en forma depende del sexo y que los sexos son estadísticamente diferentes con $P= 0.024$ $F=2.7846$, $Ms\text{-regresión}=0.0113093$, $Ms\text{-residual}=0.00406112$ (tabla 4). La parte del cuerpo que sufre mayor variación sexual son entre los Landmarks VII – XXI que corresponden a la separación entre el segundo y tercer ventritos (primer y segundo segmento visible) tal como se puede observar en la figura 11 D. Al analizar la alometría (Variación de la forma en función del tamaño “shape=f(centroidsize)”) se puede observar que la regresión tiene una tendencia positiva, además se puede notar que las hembras son más grandes que los machos tal como se observa en la figura 11F. Al igual que con el análisis de PCA se puede observar que hay individuos machos y hembras que presentan el mismo tamaño, estadísticamente la variación en tamaño es significativa con $P=0.022<0.05$, $F=2.794$, $Ms\text{-regresión}=0.0113459$, $Ms\text{-residual}=0.00406022$ (tabla 5).

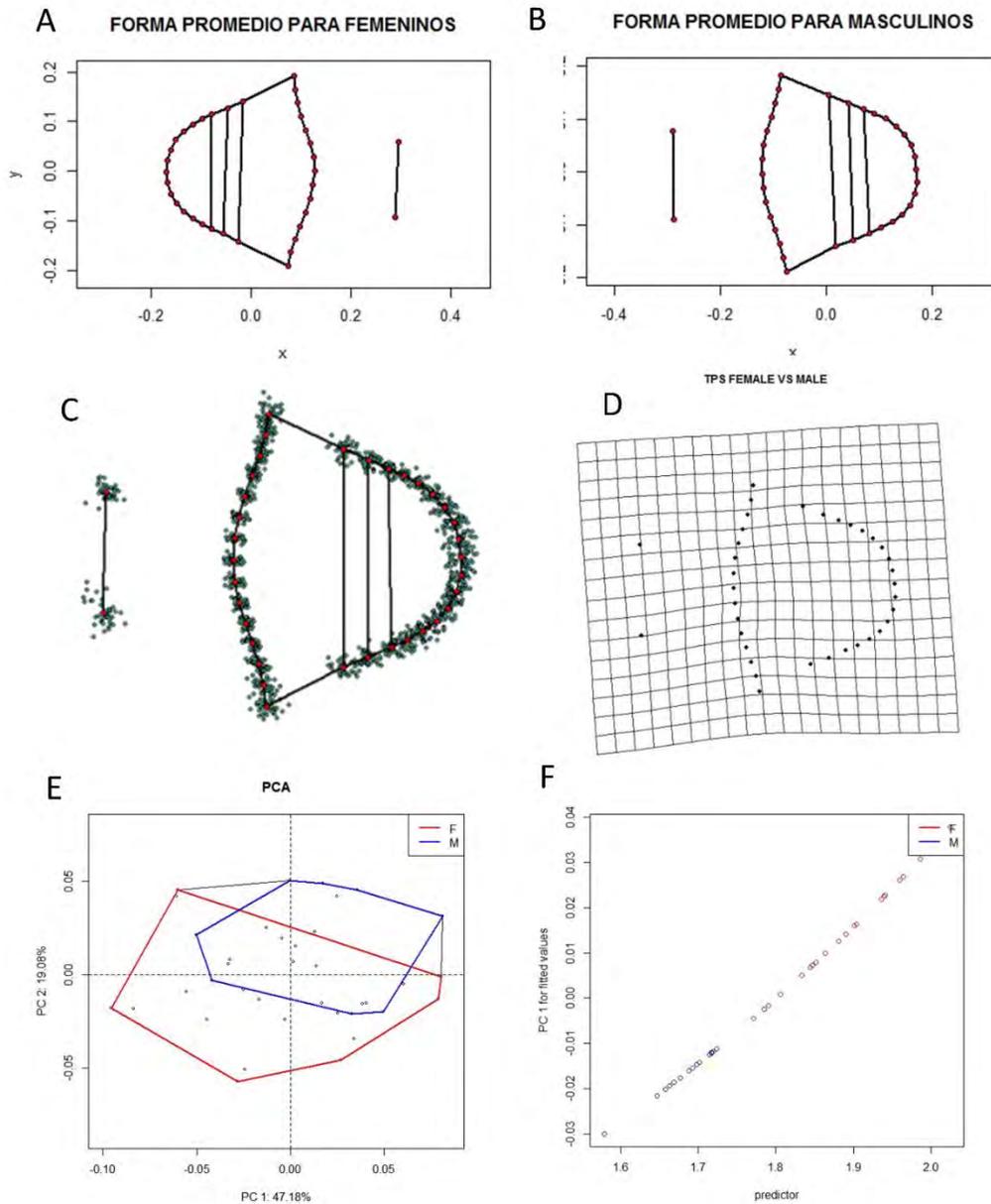
Tabla 4. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la función: $shape = f(\text{centroid size})$

	Df	SS	MS	Rsq	F	Z	Pr(>F)
procrust\$Csize	1	0,011345931	0,011345931	0,073937095	2,794408792	1,985992965	0,022
Residuals	35	0,142107903	0,004060226	0,926062905			
Total	36	0,153453833					

Tabla 5. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la función: $shape = f(\text{sexo})$

	Df	SS	MS	Rsq	F	Z	Pr(>F)
sexofactor	1	0,01130937	0,01130937	0,07369883	2,78468724	1,90183294	0,024
Residuals	35	0,14214447	0,00406127	0,92630117			
Total	36	0,15345383					

Figura 11. Forma promedio para el análisis de dimorfismo sexual, Análisis de componentes principal y Alometría.



Nota: A. Forma promedio de ejemplares hembras; B. Forma promedio de ejemplares machos; C. Forma promedio de ejemplares totales; D. Thine plate spline del promedio de las hembras vs el promedio de la forma de los machos; E. Análisis de componentes principales de machos y hembras; F. Curva de alometría de femeninos y masculinos.

2.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA ENTRE PROVINCIAS

En el análisis se obtuvo una forma promedio para los 113 ejemplares como se muestra en la figura 12 E y además en la forma promedio de cada localidad como se muestra en la figura 15 (A-J) (Anexos).

Al analizar la variación entre las 10 provincias se puede observar que no existe una separación entre poblaciones notorias, pero existe gran variabilidad en una misma población con diferentes grados de intersección entre cada población como se puede ver en el análisis de componentes principales (Figura 12 A, B, C y D). Al analizar si la forma está en función de la provincia (Forma=f(localidad)), se puede obtener que estadísticamente la variación de la forma depende de la localidad y las localidades son estadísticamente diferente con $P=0.001$ $F=2.2746565$, $Ms\text{-regresión}=0.01012954$, $Ms\text{-residual}=0.00445322$ (tabla 7). La parte del cuerpo que sufre mayor variación se ubican entre los Landmarks VII – XXI que corresponden a la separación entre el segundo y tercer ventritos (primer y segundo segmento visible) aunque el grado de variación varía dependiendo de las poblaciones que se comparan por ejemplo al comparar la forma promedio de la provincia de Anta y Canchis, también se puede encontrar cierta variación entre los Landmarks XXII- XXXVI que corresponden al apice de los ventritos abdominales como se puede observar en las figuras 16, 17, 18 y 19 (Anexo). Al analizar la alometria (Variación de la forma en función del tamaño “shape=f(centroidsize)”) se puede observar que la tendencia al comparar todas las localidades es positiva, pero al separarlas por grupos el grupo ANTA, CALCA y CHUMBIVILCAS presentan tendencia negativa y los demás conservan la tendencia Positiva; al igual que en análisis de Componentes principales existe una amplia variación en el tamaño en una misma población por lo que no se puede observar una separación en grupos. el ejemplar más pequeño corresponde a uno de la provincia de URUBAMBA y el de mayor tamaño corresponde a de la provincia de CANCHIS (Figura 13A), Al realizar el análisis separándolos por grupos, en todos los grupos presentan una amplia variación en el tamaño y la forma (Figura 13 B , 13 C y 14 A). Estadísticamente la varianza en el tamaño es significativa con $P=0.007<0.05$, $F=3.34180924$, $Ms\text{-regresión}=0.0160203$, $Ms\text{-residual}=0.0047939$ (tabla 8).

Tabla 6. Códigos y lugares de colectas

CODIGO	LUGAR DE COLECTA	LAT.	LON.	ALT.	FECHA	COD. DE ETIQUETA
ANT001	CHACAN	-13.4316	-72.1197	3584	29/I/2019	ANT001_X_35_001
ANT002	HUAMANCHACONA	-13.46	-72.34	3780	22/XI/1993	ANT002_X_37_002
PAU001	HUANCARANI	-13.4316	-72.7319	3909	26/I/2019	PAU001_X_39_003
PAU002	CHALLABAMBA-SUNCHUBAMBA	-13.211	-71.649	3450	05/IV/2019	PAU002_X_34_004
QUI001	CANCHIS-MARANGANI	-14.3605	-71.173199	3733	-	QUI001_X_37_005
URU001	MARAS-MAHUAYBAMBA	-13.3689	-72.1617	3600	11/iv/2019	URU001_X_36_006
URU002	CHINCHERO KORICANCHA	-13.4109	-72.0021	3622	17/ii/2019	URU002_X_36_007
CUS001	SAN SEBASTIAN- QUIRKAS	-13.599	-71.9056	3949	18/II/2019	CUS001_X_39_001
CHU001	CHUMBIVILCAS_SANTO TOMAS	-14.4473	-72.0911	3686	10/II/2019	CHU001_X_36_001
CHU002	CHMBIVILCAS_SANTOTOMAS	-14.29	-72.13	3750	08/III/1993	CHU002_X_37_001
PAR001	PARURO-OCOPATA	-13.5962	-71.9767	3929	06/I/2008	PAR001_X_39_001
QCA001	QUISPICANCHIS ANDAHUAYLAS	-13.7119	-71.7319	3864	12/I/2019	QCA001_X_38_001
ESP001	ESPINAR-ESPINAR	-14.8017	-71.3835	3946	01/II/2019	ESP001_X_39_001
CAL001	CALCA-QUECAYOC	-13.45	-71.8666	3581	04/IV/2008	CAL001_X_35_001

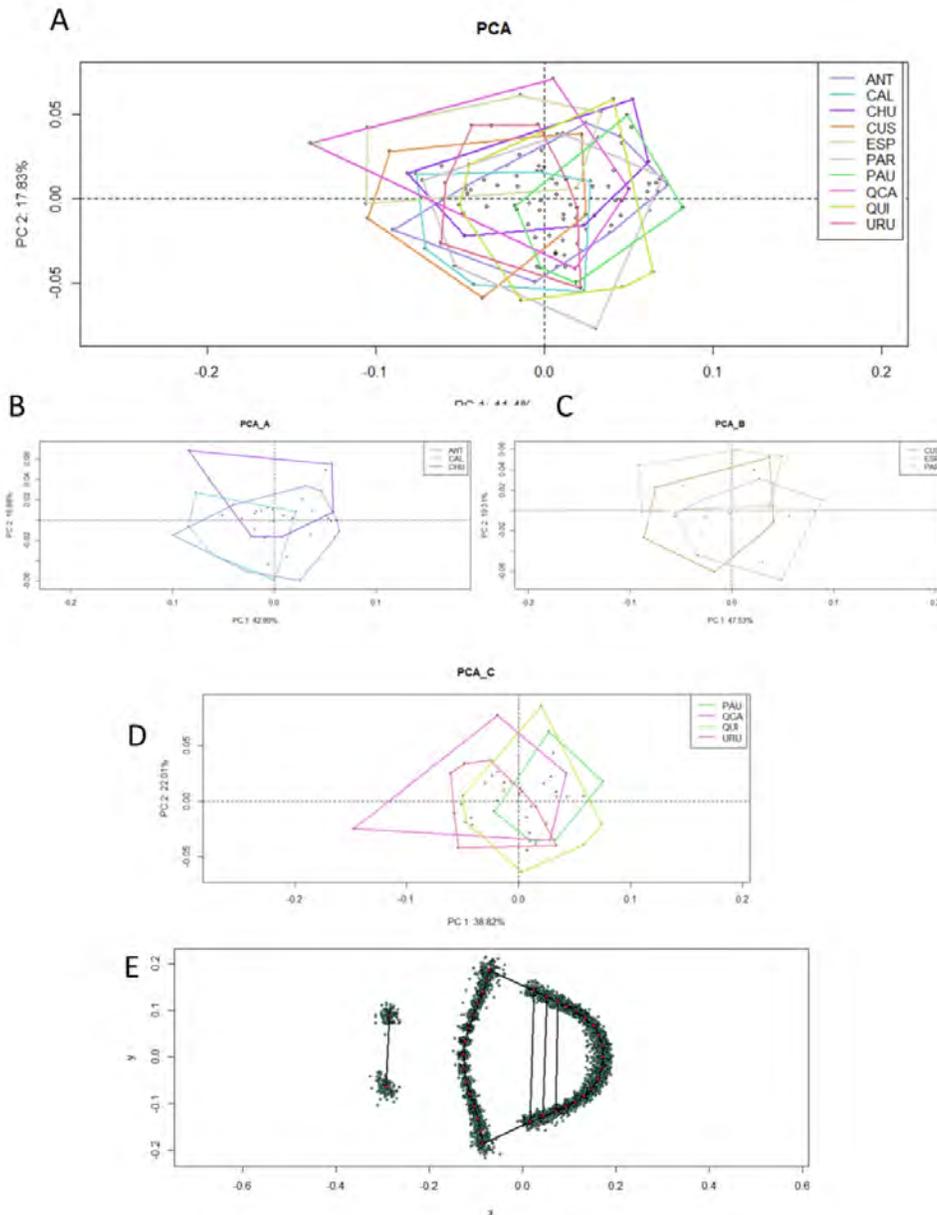
Tabla 7. tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la función: shape = f(localidad)

	Df	SS	MS	Rsqr	F	Z	Pr(>F)
lugarfactor	9	0.09116585	0.01012954	0.1593493	2.2746565	3.57336568	0.001
Residuals	108	0.48094742	0.00445322	0.8406507			
Total	117	0.57211327	NA				

Tabla 8. Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la función: shape = f(centroid size) para todas las localidades.

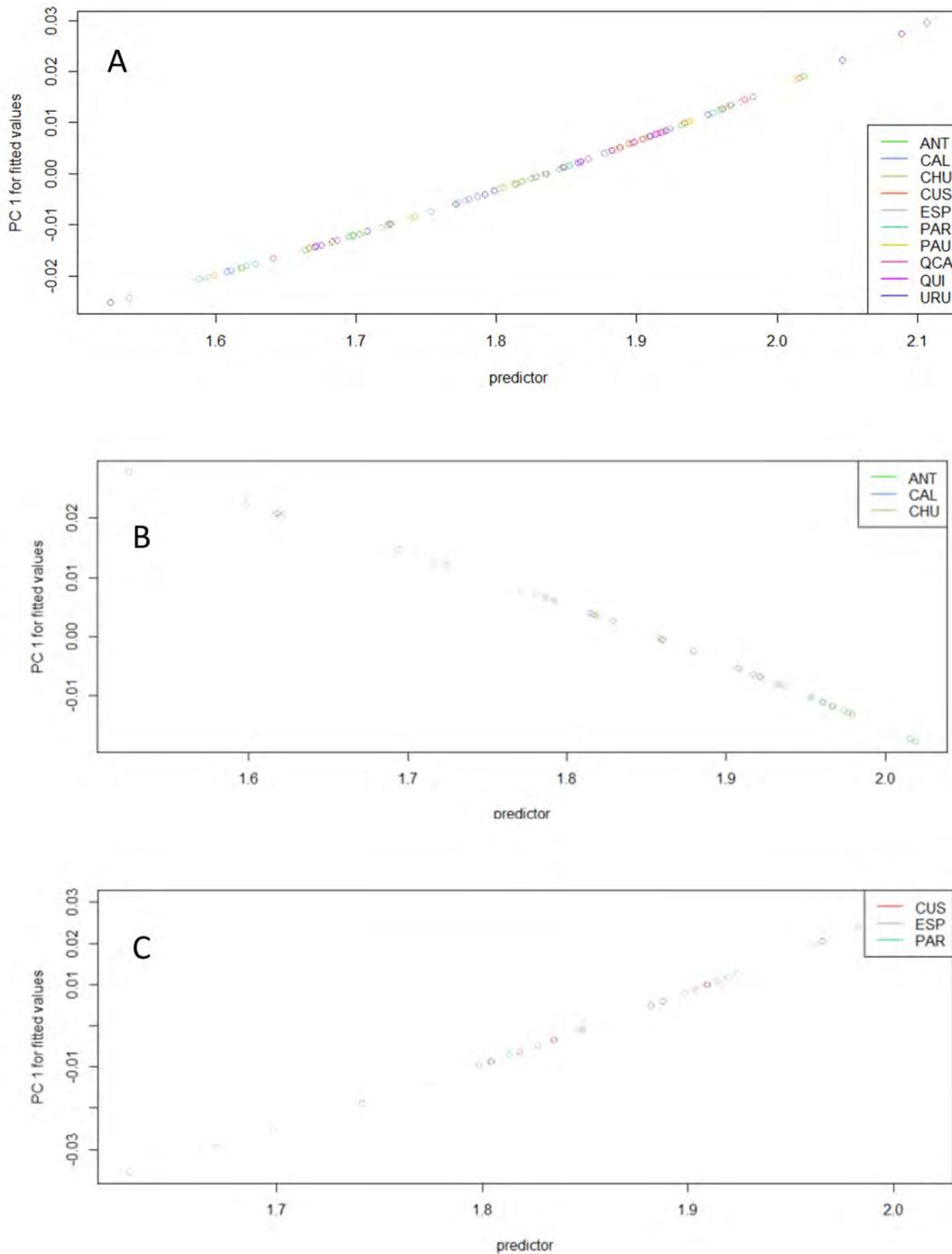
	Df	SS	MS	Rsqr	F	Z	Pr(>F)
procrustes\$Csize	1	0.01602032	0.0160203	0.028002	3.34180924	2.42808975	0.007
Residuals	116	0.55609296	0.0047939	0.971998			
Total	117	0.57211327					

Figura 12. Análisis de componentes principales de la variación entre provincias y forma promedio



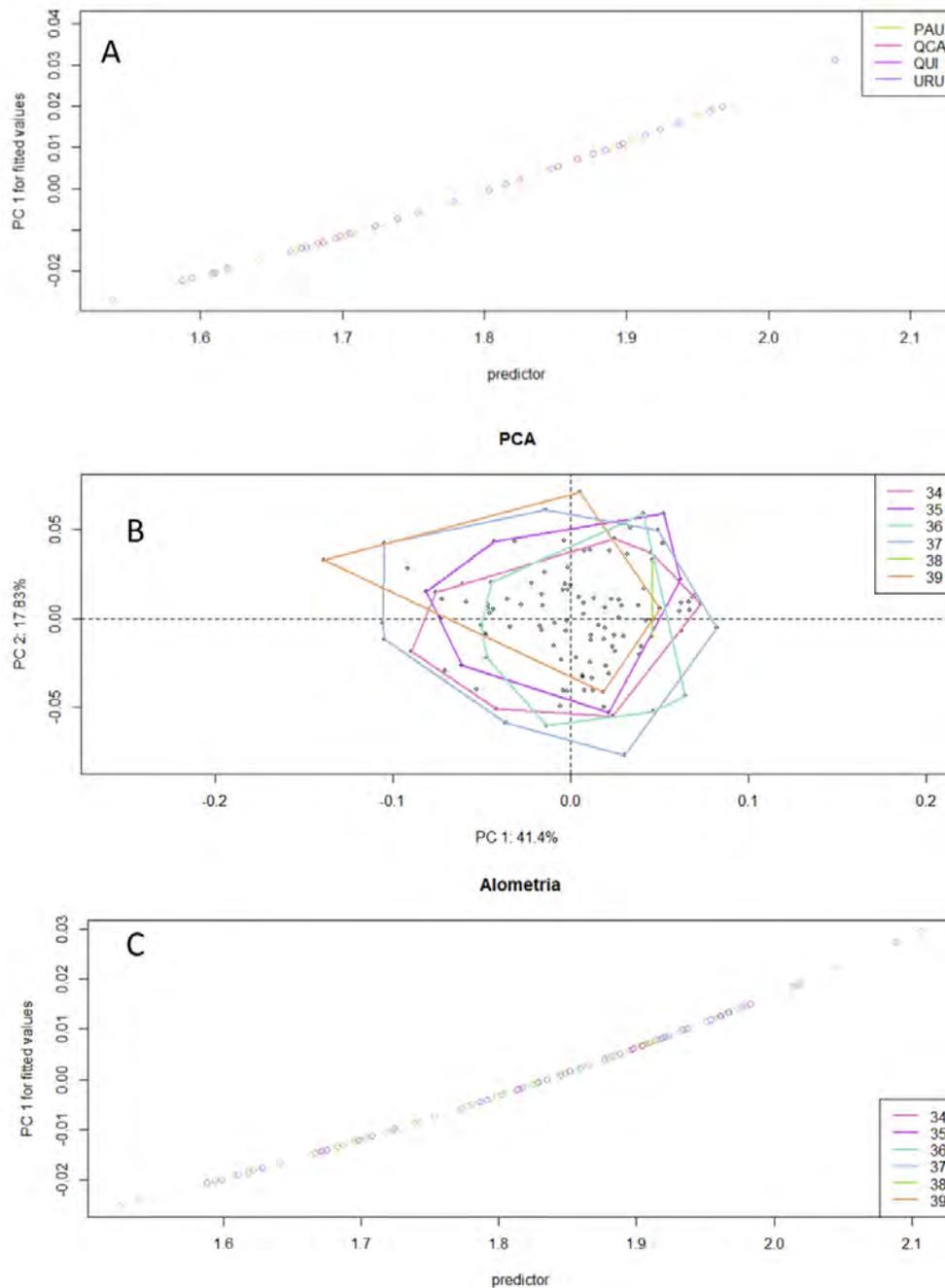
Nota: Análisis de componentes principales (PCA). A. PCA de todos los ejemplares; B. PCA de Anta (ANT), Calca (CAL) y Chumbivilcas (CHU); C. PCA de Cusco (CUS), Espinar (ESP), Paruro (PAR); D. PCA de Paucartambo (PAU), Quispicanchis (QCA), Canchis (QUI), Urubamba;); E. Forma promedio para todos los ejemplares de todas las provincias.

Figura 13. *Grafica de Regresión de Alometria de la variación de provincias.*



Nota: A. de ejemplares de todas las provincias; B. de Anta (ANT), Calca (CAL) y Chumbivilcas (CHU); C. de Cusco (CUS), Espinar (ESP) y Paruro (PAR).

Figura 14. Graficas de regresión de alometria y Análisis de componentes principales para el análisis de altitudes



Nota: A. Grafica de Regresión de alometria de Paucartambo (PAU), Quispicanchis (QCA), Canchis (QUI), Urubamba (URU); B. Análisis de componentes principales de todas las altitudes: 3400 (34); 3500 (35); 3600 (36); 3700 (37); 3800 (38); 3900 (39). C. Grafica de Regresión de alometria de todas las altitudes.

3.- VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE ALTITUDES

En el análisis se obtuvo una forma promedio para cada altitud como se muestra en la figura 21 (A-F) (anexos), además de la forma promedio de toda la población (Figura 12 E).

Al analizar la variación entre altitudes no se observa una variación morfométrica notoria debido a que todas las altitudes presentan gran cantidad de intersección como se puede observar en el análisis de componentes principales (Figura 14B). Al analizar si la forma está en función de la altitud (Forma=f(altitud)) se puede obtener que estadísticamente no es significativo con $P= 0.268 > 0.05$ $F=1.15679072$, $Ms\text{-regresión}=0.00561889$, $Ms\text{-residual}=0.00485731$ (Tabla 9). Se puede notar una pequeña variación entre los Landmarks VII – XXI que corresponden a la separación entre el segundo y tercer ventritos (primer y segundo segmento visible) como se puede observar al comparar el grupo 34 y 37 en la figura 21 (G-L) (anexos). Al analizar la alometría (Variación de la forma en función del tamaño “shape=f(centroidsize)”) pero esta vez realizando la regresión separando por grupos de acuerdo a las altitudes se puede observar que la regresión tiene una tendencia positiva, los ejemplares más grande son del grupo 39 y los más pequeños del 37 como se observa en la Figura 13C. los resultados estadísticos son los mismos de los presentados para la variación de localidades porque se trabajaron con los mismos datos, siendo significativo (tabla 8).

Tabla 9. *Tabla de resumen de análisis de Procrustes Anova de la función: shape = f(altitud)*

	Df	SS	MS	Rsq	F	Z	Pr(>F)
altitudfactor	5	0.02809446	0.00561889	0.04910646	1.15679072	0.59901479	0.268
Residuals	112	0.54401881	0.00485731	0.95089354			
Total	117	0.57211327	NA				

DISCUSIÓN

La vista ventral es uno de los rasgos más usados para distinguir variación en la forma (Benítez et al., 2021) entre ellos la variación del abdomen es muy informativa pudiendo observarse el dimorfismo sexual y la variación entre poblaciones como se puede ver en el trabajo de Benitez, Vidal, Briones, & Jerez, (2010). Aunque también se puede usar la cara dorsal del insecto como en Sanaei et al., (2015). Los análisis de alometría y de Procrustes anova se realizaron con la función de geomorph (ProcD.Im) que realiza un análisis de Godall (Adams et al., 2022). El análisis de Godall es un método basado en distancias de Procrustes que realiza un análisis de permutación no requiere que las muestras tengan el mismo tamaño ni que sean ajustadas a la normalidad (Zelditch et al., 2004).

La variación de la forma entre machos y hembras es estadísticamente significativa ($p=0.022$) y la alometría también ($p = 0.24$) demostrando que la variación en la forma se da de cierta manera por la variación del tamaño. Carrasco, (1961) expresa que no existe dimorfismo sexual y solo se observa que los machos son algo más pequeños que las hembras, Alcalá & Alcázar, (1976) expresa que en *Premnotrypes suturicallus* las hembras son más engrosadas con el último esternito en terminación aguda. La variación en el tamaño se observa en diferentes grupos de insectos (Sanaei et al., 2015). Al observar la figura 1D. se puede observar que existe algo de variación en la terminación del último esternito y es algo engrosada en la separación del segundo y tercer ventrito al igual a lo expresado por Alcalá & Alcázar, (1976). Al observar el análisis de alometría (Figura 1F) se puede observar que las hembras son más grandes que los machos al igual que en Carrasco, (1961). El aumento del tamaño entre hembras y machos se puede deber que las hembras engrosan los segmentos abdominales cuando están grávidas para mantener los huevos o a la disponibilidad de alimento que hay en la zona (Vergara et al., 2014). La variación en la forma del último ventrito es una característica usada en diferentes grupos de curculionidos para poder identificar machos y hembras (Silva-Filho, Bailez, & Viana-Bailez, 2007).

Al observar los resultados de la variación entre diferentes localidades muestran que es estadísticamente significativa ($P=0.01$) pero al realizar el análisis de componentes principales se puede observar que no existe separación significativa entre los grupos, por lo que se puede deducir que existe gran variación en la forma, pero no se forman grupos claros para

diferenciar tipos morfológicos. Esta variación se puede atribuir a diferentes razones que van desde la selección natural, variación climática o inclusive a la disponibilidad de alimento a lo largo de los diferentes puntos (Vergara et al., 2014). Al analizar la variación entre diferentes altitudes no es estadísticamente significativa ($P=0.268$), cosa que también se observa en el análisis de componentes principales y en los análisis de alometría.

La plasticidad se da cuando se expresan diferentes fenotipos debido a las condiciones ambientales (Agrawal, 2001). La intersección en las diferentes poblaciones hace pensar que a pesar de que, en general, se presenta una amplia variación morfológica, la plasticidad no se da debido a que las condiciones ambientales de los puntos de colectas son similares formando poblaciones similares.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La variación entre localidades es estadísticamente significativa pero no se observa gráficamente en el diagrama de componentes principales, esto se puede deber a que presentan una amplia variación morfológica en general pero que no es suficiente para formar grupos o morfotipos. Esta variación se puede deber a muchas razones que pueden ir desde la disponibilidad de alimento, selección natural o variaciones climáticas.
2. La variación entre sexos es significativa mostrando principalmente variación en el tamaño de los ventritos abdominales; además, se observa variación en la forma en la separación del ventritos 2 y 3, y en el ápice del abdomen, por lo que la combinación de ambos puede ser un carácter para poder diferenciar machos y hembras.
3. La variación entre altitudes no es estadísticamente significativa, aunque se puede observar una amplia variación entre el grado de separación del segundo y tercer ventritos, los ejemplares más grandes de esta especie corresponden a altitudes entre 3901 a más, que corresponden a las provincias de Paucartambo (Huancarani), Cusco (Quirkas), Paruro (Ocopata) y Espinar (Espinar).

RECOMENDACIONES

Para medir las variaciones entre altitudes se debería realizar un estudio donde se tomen los datos a diferentes altitudes en un determinado área, debido a que cuando los puntos pertenecen a diferentes localidades existen otras variables que generan ruido en nuestro análisis dificultando que se puedan observar las variaciones debidas a esta variable.

Se hace cada vez más interesante relacionar las variaciones obtenidas en el presente trabajo con otras variables como el tipo de suelo o el tipo de cultivo de papa, porque estos afectaran de manera más directa el ciclo biológico del gorgojo de la papa, afectando en la forma que tendrá el adulto.

La mejor manera de observar las variaciones poblacionales de una determinada estructura de un insecto es realizando las colectas con fechas cercanas, debido a que cuando se revisan ejemplares depositados en colecciones entomológicas pueden existir otras variables que afecten el análisis.

REFERENCIAS

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution.' *Italian Journal of Zoology*, *71*(1), 5–16. <https://doi.org/10.1080/11250000409356545>
- Adams, D., Collyer, M., Kaliontzopoulou, A., & Baken, E. (2022). Package 'geomorph' (pp. 1–156). pp. 1–156. Retrieved from <https://github.com/geomorphR/geomorph> Encoding
- Adams, D., & Otarola-Castillo, E. (2013). Package 'geomorph' (pp. 1–45). pp. 1–45.
- Agrawal, A. A. (2001). Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, *294*(5541), 321–326. <https://doi.org/10.1126/science.1060701>
- Alcalá, P., & Alcázar, J. (1976). Biología y Comportamiento De *Premnotrypes suturicallus* Kuschel (Col. :Curculionidae). *Revista Peruana De Entomología*, *19*(1), 49–52..
- Alcázar, J., & Cisneros, F. (1999). Taxonomy and Bionomics of the Andean Potato Weevil Complex: *Premnotrypes* spp. and Related Genera. *Impact on a Changing World. CIP Program Report 1997-98*, 141–151.
- Alejandra, L. G. (2015). Morfometria geometrica: el estudio de la forma y su aplicacion en biologia. *Temas de Ciencia y Tecnologia*, *19*(55), 53–59.
- Ammar, R. (2019). Package 'randomcoloR .' CRAN. Retrieved from <https://github.com/ronammar/randomcoloR/issues>
- Anderson, M. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, *2001*(26), 32–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Benítez, H. A., & Püschel, T. A. (2014). Modelando la varianza de la forma: Morfometría geométrica aplicaciones en biología evolutiva. *International Journal of Morphology*, *32*(3), 998–1008. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>

- Benítez, H. A., Sukhodolskaya, R. A., Órdenes-Claveria, R., Vavilov, D. N., & Ananina, T. (2021). Assessing the shape plasticity between Russian biotopes in *Pterostichus dilutipes* (Motschulsky, 1844) (Coleoptera: Carabidae) a geometric morphometric approach. *Zoologischer Anzeiger*, 293, 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2021.06.008>
- Benitez, H., Vidal, M., Briones, R., & Jerez, V. (2010). Sexual dimorphism and morphological variation in populations of *ceroglossus chilensis* (Eschscholtz, 1829)(Coleoptera: Carabidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 12(2), 87–95.
- Borda, V., & Ramirez, R. (2014). Análisis morfométrico para la discriminación de especies: El caso del complejo *Megalobulimus leucostoma*. *Revista Peruana de Biología*, 21(2), 117–124. <https://doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9814>
- Carrasco, F. (1961). Sistemática y biología del gorgojo de los andes *Premnotrypes latithorax* Pierce 1914 (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Peruana de Entomología Agrícola*, 4(1), 30–42.
- Climate-Data. (2019). Cuzco clima. Retrieved from <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/cuzco-1016/>
- Daly, H. V. (1985). Insect morphometrics. *Annual Review of Entomology*. Vol. 30, 415–438. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.30.1.415>
- Diaz-Avalos, A., Leiva-Chimbor, L. A., Roriguez, R., Hurtado-Mendoza, C. A., Rodriguez-Soto, J. C., & Diaz-Pretell, L. E. (2021). Determinación por morfometría geométrica de *Varroa* sp . (Acari : Varroidae) ectoparásito de *Apis mellifera* L ., costa norte del Perú , 2018 Determination of the geometric morphometry of *Varroa* sp . (Acari : Varroidae) ectoparasite of *Apis mellifera* L. *Arnaldoa*, 28(3), 717–726.
- Egúsquiza, B. . (2008). La papa en el Peru presente y futuro. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 34. Retrieved from <http://cip.catalog.cgiar.org/dbtw-wpd/exec/dbtwpub.dll>
- Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and process in the

- coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 659–687. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.659>
- Girón-duDue, J. C., & Carrejo, N. S. (1999). Clave para Identificación de Géneros de la Subfamilia Entiminae Schoenherr (Coleoptera: Curculionidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle-Colombia , con Notas sobre Morfología y Distribución. *Grupo de Investigaciones Entomológicas*.
- Gobierno regional del Cusco. (2005). *Zonificación ecologica economica del departamento del Cusco*. 175. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-zee-departamento-cusco>
- Gunz, P., & Mitteroecker, P. (2013). Semilandmarks: A method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix*, 24(1). <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6292>
- INAIGEM. (2018). *Inventario Nacional de Glaciares. Las cordilleras Glaciares del Perú*. (I. nacional de I. en G. y E. de Montaña., Ed.). Huaraz.
- INAIGEM. (2020). Geoportal INAIGEM. Retrieved February 28, 2021, from <https://visor.inaigem.gob.pe/>
- INEI. (2001). *Conociendo Cusco*. Cusco.
- INEI. (2019). Sistema de Informacion regional para la toma de decisiones. Retrieved March 30, 2020, from <http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD/#app=8d5c&d4a2-selectedIndex=0&d9ef-selectedIndex=0>
- Jackson, H. J. (2008). Landmarks. In *TLS - The Times Literary Supplement*. https://doi.org/10.5005/jp/books/12704_3
- Kendall, D. (1977). The diffusion of Shape. *Advances in Applied Probability*, 9(3), 428–430. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1426091> .
- Kuschel, G. (1956). Revisión de los Premnotrypini y adiciones a los Bagoini. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 26.
- Lyal, C. H. C., & Alonso-Zarazaga, M. A. (1999). *A World Catalogue of Families and*

Genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and platypodidae. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1202.1.2>

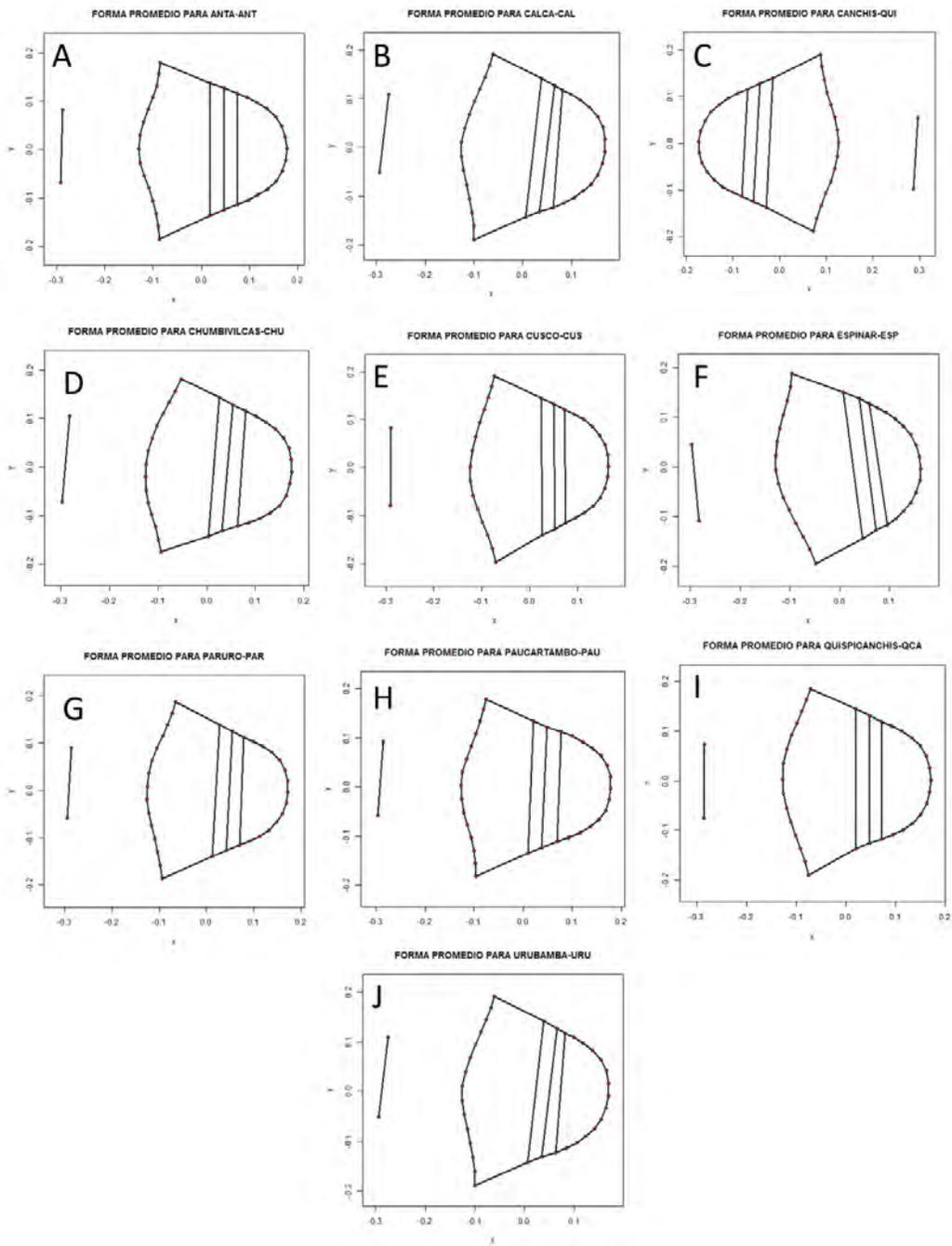
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385–408.
- Morrone, J. J. (2017). Neotropical biogeography: Regionalization and evolution. In *Neotropical Biogeography: Regionalization and Evolution.* <https://doi.org/10.1201/b21824>
- Niño, L., Acevedo, E., Becerra, F., & Guerrero, M. (2004). Aspectos de la biología y fluctuación poblacional del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela. *Entomotropica*, 19(1), 15–19.
- Olivia Vergara, P., Benítez, H. A., Pincheira, M., & Jerez, V. (2014). Determinación del dimorfismo sexual en la forma corporal de *Chiasognathus grantii* (Coleoptera: Lucanidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1), 104–110.
- PAAC. (2010). *Caracterización agroclimática de la región Cusco*. Retrieved from <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-14.pdf>
- Relyea, R. A. (2005). Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Ecology*, 86(7), 321–326. <https://doi.org/10.2307/3669131>
- Rohlf, F. J. (2015). The tps series of software. *Hystrix*, 26(1), 1–4. <https://doi.org/10.4404/hystrix-26.1-11264>
- Sanaei, E., Seiedy, M., & Momtazi, F. (2015). Evolutionary view on sexual dimorphism and shape variation in Iranian populations of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). *Zoomorphology*, 134(4), 541–552. <https://doi.org/10.1007/s00435-015-0279-2>
- Senamhi. (2020). Mapa Climático del Perú. Retrieved April 3, 2020, from <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- SENAMHI. (2020). *Climas del Perú. Mapa de clasificación Nacional. Resumen Ejecutivo.*

- Silva-Filho, G., Bailez, O. E., & Viana-Bailez, A. M. (2007). Dimorfismo sexual do gorgulho-da-goiaaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 36(4), 520–524. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000400006>
- Torres, S. (2015). *Morfometría de especies de Aphididae (Hemiptera) procedentes de Cieneguilla (Lima- Perú)*. Universidad Ricardo Palma.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects* (7th ed.; E. Howe, Ed.).
- Villalobos-Leiva, A., & Benítez, H. A. (2020). Geometric morphometric and its new applications in ecology and evolutionary biology. Part 2. *International Journal of Morphology*, 38(6), 1818–1836. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022020000601818>
- Voss, E. (1954). Curculionidae (Col.). *Beiträge Zur Fauna Perus*, 4, 193–376.
- Webster, M., & Sheets, H. D. (2010). A Practical Introduction to Landmark-Based Geometric Morphometrics. *The Paleontological Society Papers*, 16(January), 163–188. <https://doi.org/10.1017/s1089332600001868>
- Wickham, H. (2019). Package “stringr”: Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations. *Cran*, 32. Retrieved from <https://github.com/geomorphR/geomorph> Encoding
- Wickham, H. (2022). Package ‘plyr.’ *CRAN*, 1–66. Retrieved from <http://had.co.nz/plyr>, <https://github.com/hadley/plyr>
- Yabar-Landa, E. (2014). *Revision sistematica y filogenia de la tribu Premnotrypini Kuschel (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae)*. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Yábar-landa, E., García, H., Saavedra, J., & Ríos, H. de los. (2011). Curculionidos (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.

Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). *Geometric Morphometrics for biologist* (Elsevier Ltd, Ed.). <https://doi.org/10.1016/b978-012778460-1/50003-x>

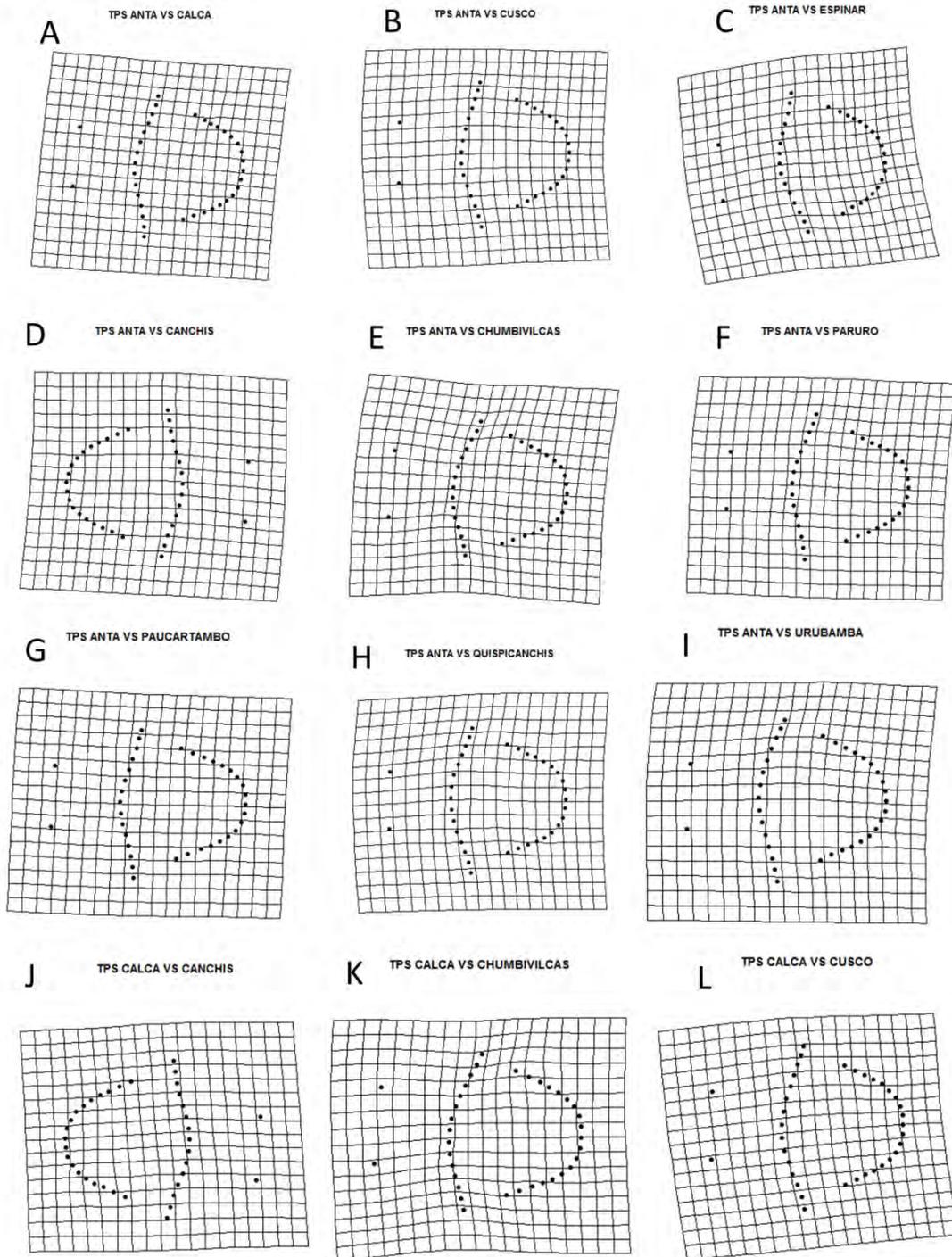
ANEXOS

Figura 15. *Formas promedio de cada localidad.*



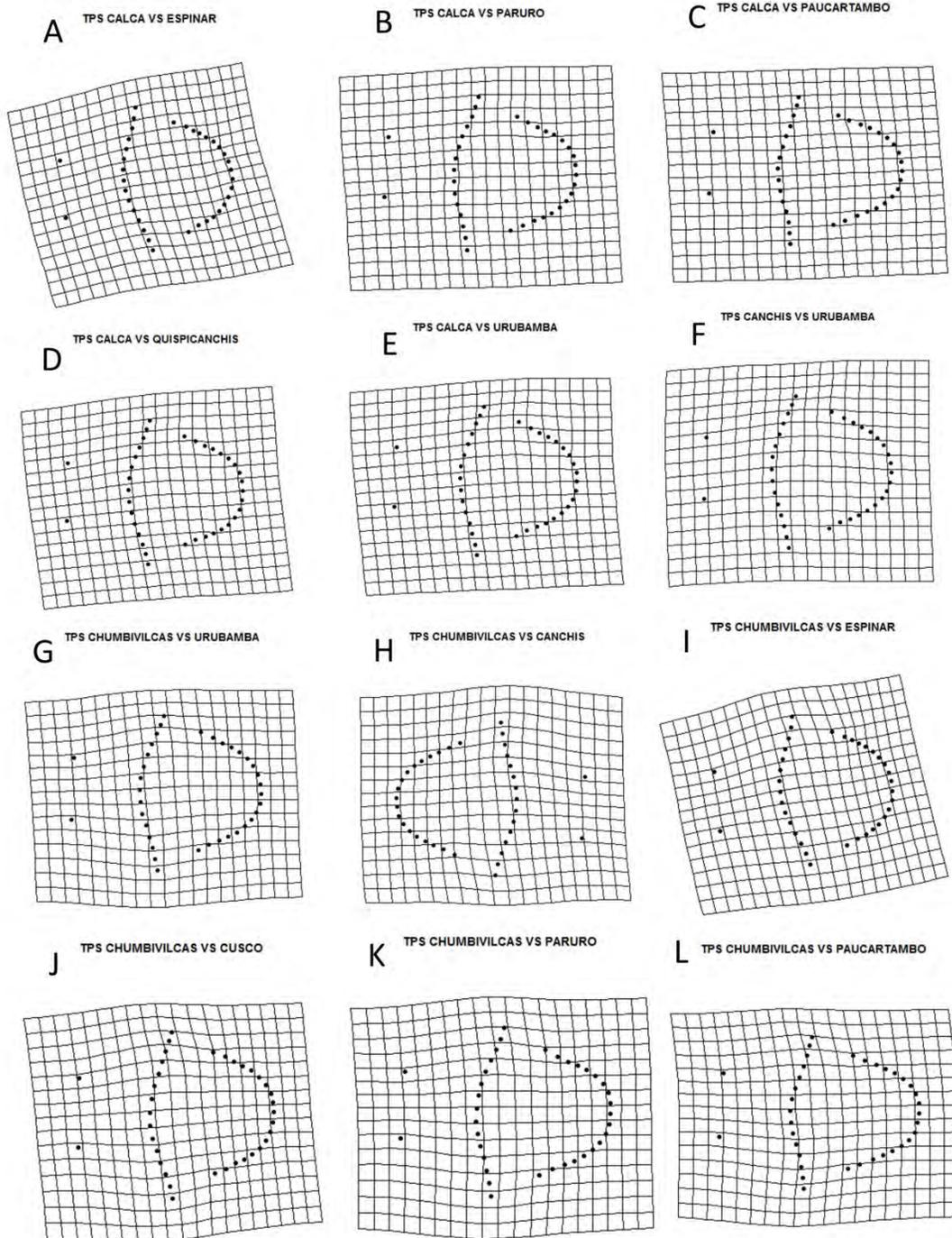
Nota: A. Anta; B. Calca; C. Canchis; D. Chumbivilcas; E. Cusco; F. Espinar; G. Paruro; H. Paucartambo; I. Quispicanchis; J. Urubamba.

Figura 16. *Thine plate spline (TPS)* para el análisis de variación entre provincias.



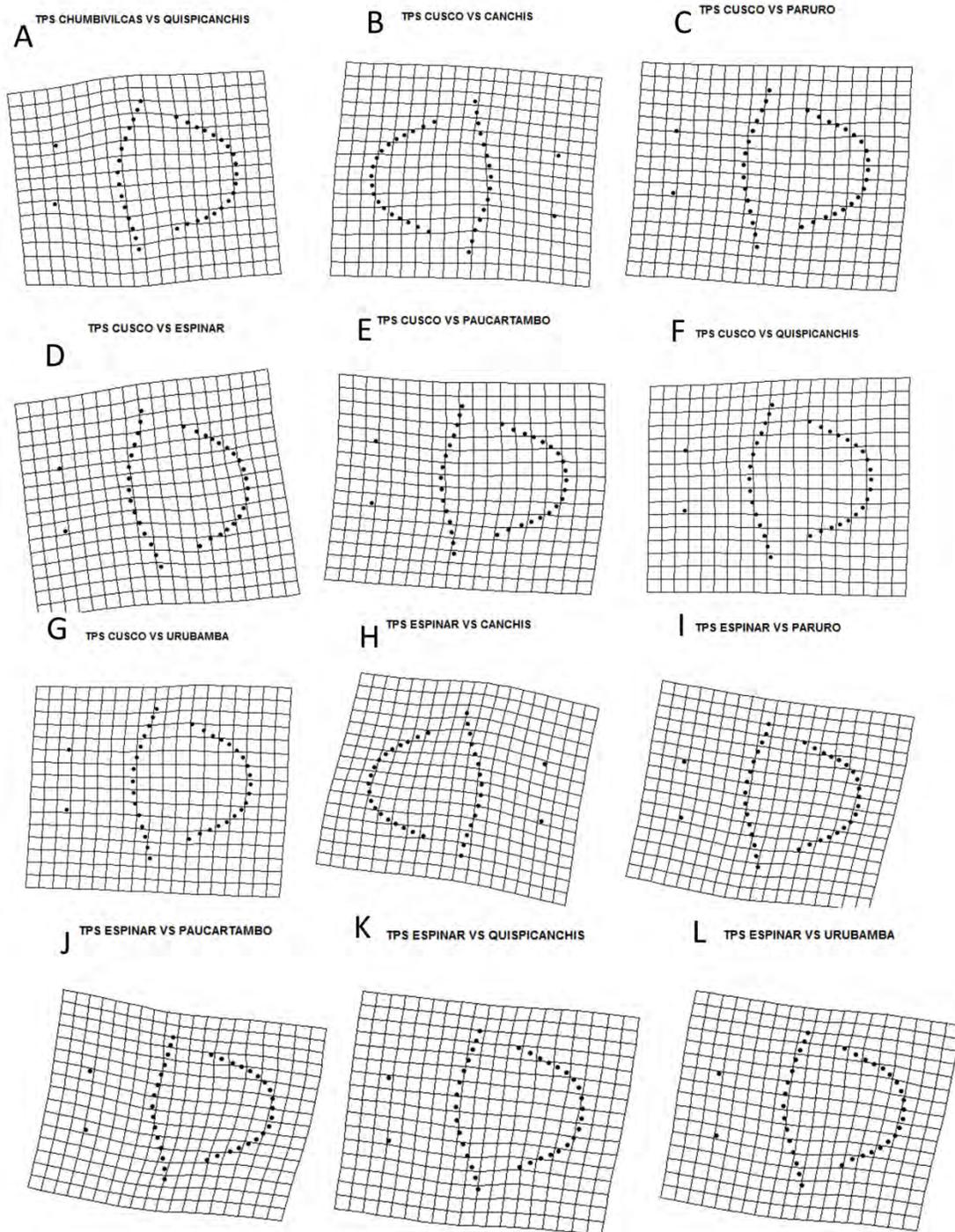
Nota: A. Anta y Calca; B. Anta y Cusco; C. Anta y Espinar; D. Anta y Canchis; E. Anta y Chumbivilcas; F. Anta y Paruro; G. Anta y Paucartambo; H. Anta y Quispicanchis; I. Anta y Urubamba; J. Calca y Canchis; K. Calca y Chumbivilcas; L. Calca y Cusco.

Figura 17. Thine plate spline (TPS) para la variación entre provincias. *Continuación.*



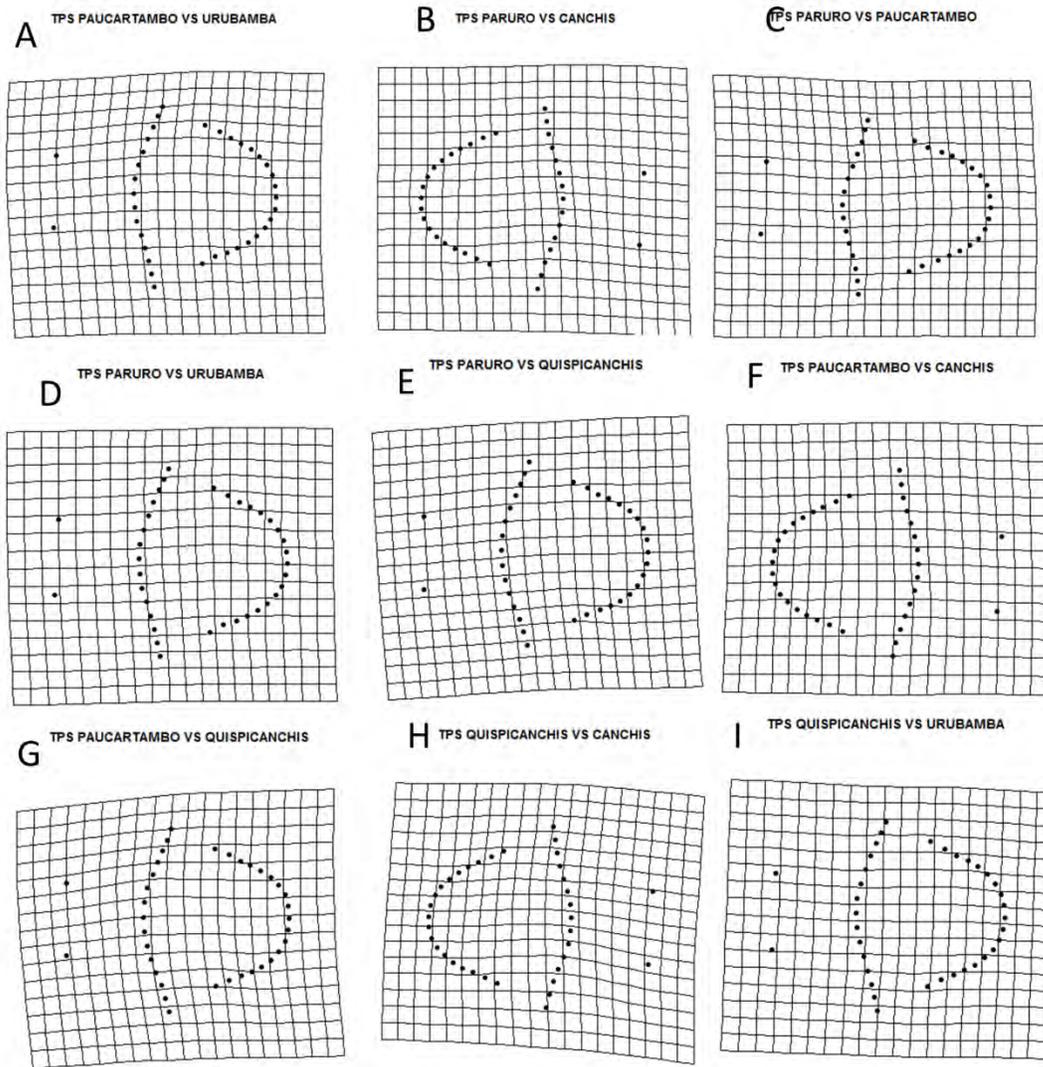
Nota: A. Calca y Espinar; B. Calca y Paruro; C. Calca y Paucartambo; D. Calca y Quispicanchis; E. Calca y Urubamba; F. Canchis y Urubamba; G. Chumbivilcas y Urubamba; H. Chumbivilcas y Canchis; I. Chumbivilcas y Espinar; J. Chumbivilcas y Cusco; K. Chumbivilcas y Paruro; L. Chumbivilcas y Paucartambo.

Figura 18. *Thin plate spline (TPS)* para la variación entre provincias. *Continuación 2.*



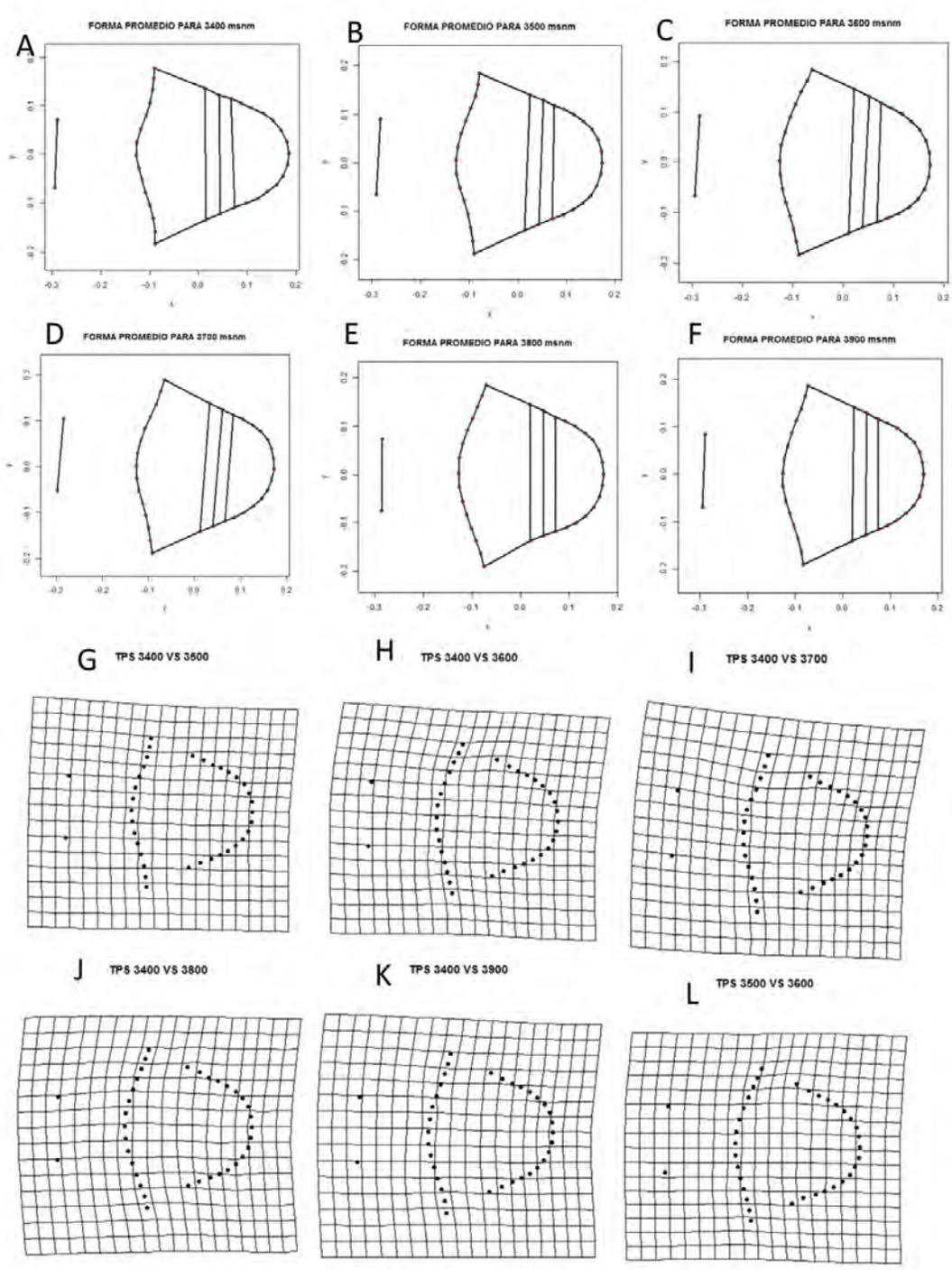
Nota: A. Chumbivilcas y Quispicanchis; B. Cusco y Canchis; C. Cusco y Paruro; D. Cusco y Espinar; E. Cusco y Paucartambo; F. Cusco y Quispicanchis; G. Cusco y Urubamba; H. Espinar y Canchis; I. Espinar y Paruro; J. Espinar y Paucartambo; K. Espinar y Quispicanchis; L. Espinar y Urubamba.

Figura 19.. *Thine plate spline (TPS)* para la variación entre provincias. *Continuación 3.*



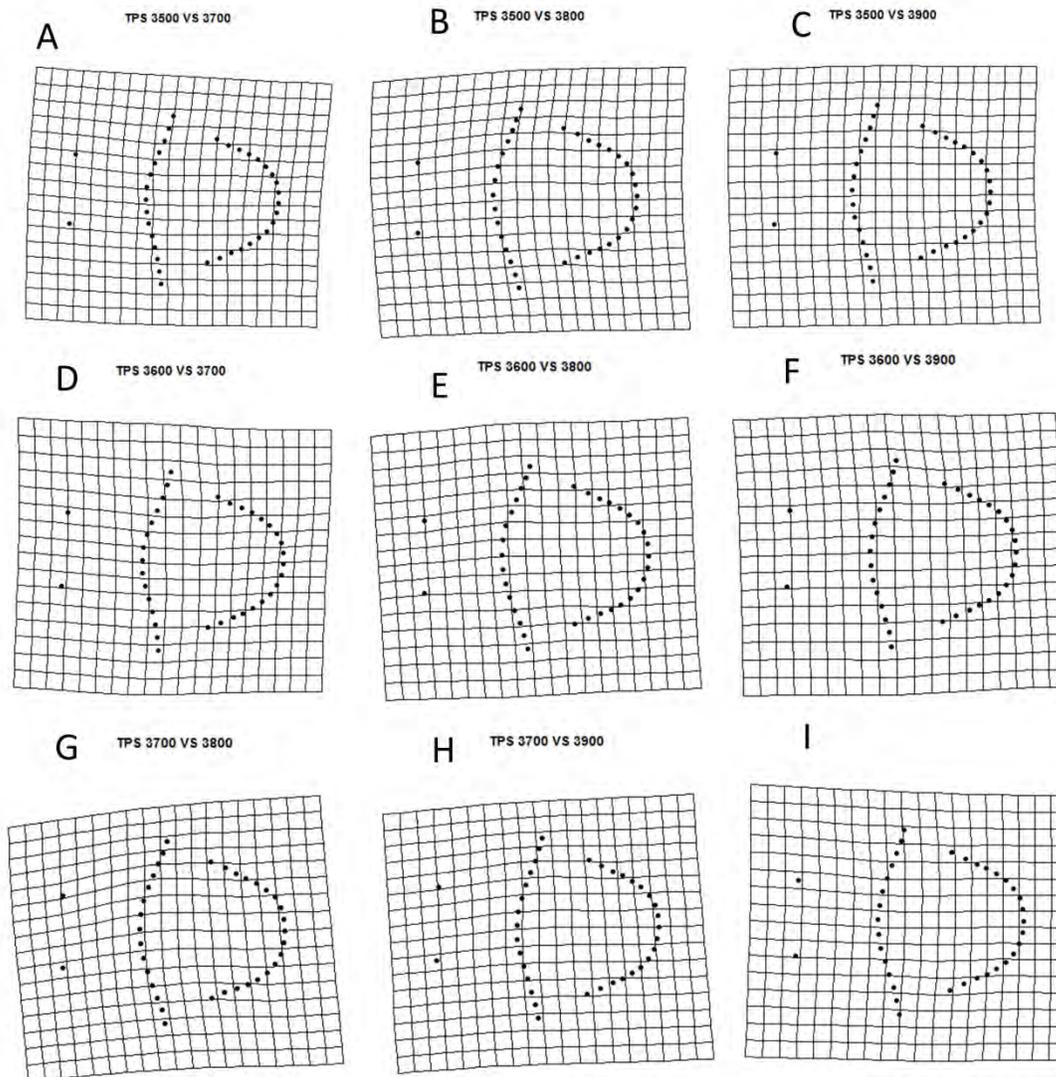
Nota: A. Paucartambo y Urubamba; B. Paruro y Canchis; C. Paruro y Paucartambo; D. Paruro y Urubamba; E. Paruro y Quispicanchis; F. Paucartambo y Canchis; G. Paucartambo y Quispicanchis; H. Quispicanchis y Canchis; I. Quispicanchis y Urubamba.

Figura 20. Forma promedio de cada altitud y Thine Plate Spline de el análisis de altitudes.



Nota: A. de 3400 msnm, B. de 3500 msnm; C. de 3600 msnm; D. de 3700 msnm; E. de 3800 msnm; F. de 3900 msnm. Thine Plate spline de las formas promedio; G. de 3400 y 3500; H. de 3400 y 3500; I. de 3400 y 3700; J. de 3400 y 3800; K. de 3400 y 3900; L. de 3500 y 3600.

Figura 21. *Thin Plate spline de las formas promedio para el análisis de altitudes.*
Continuación



Nota: A. de 3500 y 3700; B. de 3500 y 3800; C. de 3500 y 3900; D. de 3600 y 3700; E. de 3600 y 3800; F. de 3600 y 3900; G. de 3700 y 3800; H. de 3700 y 3900; I. de 3800 y 3900.

Figura 22. *Fotografías de ventritos abdominales de las provincias de estudio*



Nota: A. Anta, B. Calca; C. Canchis; D. Chumbivilcas; E. Cusco; F. Espinar; G. Paruro; H. Paucartambo; I. Quispicanchi; J. Urubamba. Escalas 5mm.

Tabla 10. Base de datos de ejemplares revisados en el presente trabajo

PAIS	DEPART.	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	FECHA	ALTITUD	COLECTOR
Perú	Cusco	Anta	Chacan	-	-13.4316	-72.1197	25/i/2019	3584	CEUC
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	Wañacahua	-14.29	-72.13	08/iii/1993	3750	E. yabar
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paucartambo	Challabamba	Sunchubamba	-13.211	-71.649	05/iv/2019	3450	L. Palomin
Perú	Cusco	paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaybamba	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Calca	Quecayoc	-	-13.45	-71.86666	04/vi/2008	3581	E. yabar
Perú	Cusco	Anta	Chacan	-	-13.4316	-72.1197	25/i/2019	3584	CEUC
Perú	Cusco	Anta	Chacan	-	-13.4316	-72.1197	25/i/2019	3584	CEUC
Perú	Cusco	Anta	Chacan	-	-13.4316	-72.1197	25/i/2019	3584	CEUC

Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Canchis	Marangani	Hanccohocca	-14.360554	-71.173199	20/x/2018	3733	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	Wañacahua	-14.29	-72.13	08/iii/1993	3750	E. yabar
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Chumbivilcas	Santo tomas	-	-14.4473	-72.0911	10/ii/2019	3686	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC

Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Cusco	San sebastian	Quirkas	-13.599	-71.9056	18/ii/2019	3949	CEUC
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Paruro	Occopata	-	-13.5962	-71.9767	06/i/2008	3929	W. Cosio
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Espinar	Espinar	-	-14.8017	-71.3835	01/ii/2019	3946	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Challabamba	Sunchubamba	-13.211	-71.649	05/iv/2019	3450	L. Palomin
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC

Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Paucartambo	Huancarani	-	-13.4316	-72.7319	26/i/2019	3909	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Quispicanchis	Andahuaylas	Mancco	-13.7119	-71.7319	12/i/2019	3864	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Chincheru	Korikancha	-13.4109	-72.0021	17/ii/2019	3622	CEUC
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaypampa	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaypampa	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaypampa	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaypampa	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino
Perú	Cusco	Urubamba	Maras	Mahuaypampa	-13.3689	-72.1617	11/iv/2019	3600	L. palomino