Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL" SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

C O N S T A N C I A

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud TURNITIN ÍTHENTICATE 2.0 del INFORME FINAL DE TESIS titulada:

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE *Fasciola hepatica*: ESTUDIO COMPARATIVO DE DUELAS HEPÁTICAS RECOLECTADAS DE BOVINOS DEL MATADERO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ICA

Presentado por:

Bach. GUSTAVO WILMAN GALINDO DOMINGUEZ

Que, conforme al informe automatizado de originalidad emitido por el Operador del Programa Informático Evaluador de Originalidad de la Facultad de **CIENCIAS BIOLOGICAS**, se concluye que:

El resultado obtenido es del 10%, por el cual se le otorga el calificativo APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de Ithenticate.

Ica, 20 de febrero de 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Dr. Nicolás Hipólito Munive Bendezú
DECANO

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ciencias Biológicas

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE *Fasciola hepatica*: ESTUDIO COMPARATIVO DE DUELAS HEPÁTICAS RECOLECTADAS DE BOVINOS DEL MATADERO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ICA.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Salud pública y conservación del medio ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

AUTOR

Bach. GUSTAVO WILMAN GALINDO DOMÍNGUEZ

ICA – PERÚ

2026

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico esta tesis, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo he conseguido realizar la presente tesis.

A mis queridos padres Wilman Galindo e Ida Domínguez con mucho amor, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo y mis modelos a seguir.

A mis hermanas Bereniz y Noeli, porque son la razón de sentirme orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellas por confiar en mí.

Y sin dejar atrás a toda mi familia y amigos por confiar en mí, y sentir su respaldo a lo largo de mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial para Dios, mis queridos Padres, mis hermanas por apoyarme en todo momento de mi vida universitaria.

A la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por consiguiente, a los docentes, por su constancia incansable en la formación profesional de sus estudiantes.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, por ser cuna de grandes profesionales.

A mi asesor Mag. Cesar Augusto, MENDOZA YAÑEZ por el apoyo para la ejecución del presente trabajo de investigación

A mi asesor externo Mag. Davis Jesús, MARQUEZ GUZMAN por apoyarme en todo momento, dedicar su valioso tiempo a la realización de este gran trabajo, muy agradecido.

A mis amigos por brindarme palabras de apoyo y motivación.

Gracias infinitas a todos.

Índice

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
Índice de tablas v
Índice de figuras vi
Resumen vii
Abstract viii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA 5
2.1. Tipo y diseño de la investigación 5
2.2. Población y muestra 5
2.2.1 Población 5
2.2.2 Muestra 5
2.3. Cuantificación morfométrica de especímenes 5
2.4. Parámetros morfométricos 5
2.5. Estudio comparativo de adultos de *F. hepatica* 6
2.6. Análisis estadísticos y procesamiento de datos 6
III. RESULTADOS 7
IV. DISCUSIÓN 14
4.1. Caracterización morfométrica en la población de estudio 14
4.2. Relación entre el desarrollo corporal y el sistema reproductor 15
4.3. Variación morfométrica comparada entre poblaciones geográficas 16
4.4. Implicancias epidemiológicas y productivas 18
V. CONCLUSIONES 20
VI. RECOMENDACIONES 21
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 22
VIII. ANEXOS 25

Índice de tablas

Tabla 1. Caracteres biométricos lineales de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica…….. 7

Tabla 2. Áreas corporales de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica…… 9

Tabla 3. Caracteres biométricos de contorno de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica…….. 10

Tabla 4. Caracteres biométricos de forma de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica……... 11

Índice de figuras

Figura 1. Correlación entre el área testicular y el área corporal de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica…… 12

Figura 2. Correlación entre el largo del cono y el largo corporal de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica……. 12

Figura 3. Componentes principales de las poblaciones de *F. hepatica* estudiadas…… 13

Figura 4. Comparación de los valores medios y desviaciones estándar correspondientes al largo corporal de ejemplares de *F. hepatica*…….... 13

Figura 5. Comparación de los valores medios y desviaciones estándar correspondientes al ancho corporal de ejemplares de *F. hepatica*…….... 14

Figura 6. Distancias de Mahalanobis en las poblaciones estudiadas…….. 14

Resumen

La fascioliasis constituye una de las principales parasitosis que afectan al ganado bovino a nivel mundial. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar morfométricamente ejemplares adultos de *Fasciola hepatica* obtenidos de bovinos beneficiados en el matadero municipal de la provincia de Ica, procedentes de la localidad de Chaquipampa (distrito de Sancos, provincia de Lucanas), y comparar sus patrones morfológicos con poblaciones previamente descritas de Cajamarca (Perú), el Altiplano boliviano, Córcega (Italia) y Burkina Faso. Se analizaron 43 digitalizaciones de adultos de *F. hepatica* mediante el Sistema de Análisis de Imágenes por Computadora (CIAS), aplicando mediciones morfométricas estandarizadas y análisis estadísticos multivariados, que incluyeron el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el cálculo de distancias de Mahalanobis, con el fin de evaluar la variación fenotípica entre poblaciones. Los resultados mostraron una longitud corporal promedio de 14.72 ± 3.85 mm y un ancho promedio de 8.05 ± 1.85 mm, con una relación longitud/ancho de 1.82 ± 0.27, valores compatibles con la morfología característica de *F. hepatica*. El área corporal promedio fue de 98.84 ± 42.15 mm² y presentó una correlación positiva y altamente significativa con el área testicular ($r = 0.97$; $p < 0.0001$). El análisis multivariado evidenció una alta similitud morfométrica entre la población estudiada y la población de Cajamarca, así como un mayor distanciamiento respecto a la población de Burkina Faso, utilizada como referencia de *Fasciola gigantica*. Se concluye que los ejemplares analizados corresponden a poblaciones puras de *F. hepatica*, con un fenotipo de menor tamaño relativo, pero con morfología típica de la especie, sin evidencias de hibridación. Estos hallazgos aportan información relevante para la comprensión de la variabilidad morfológica y la epidemiología de la fascioliasis bovina en el sur del Perú.

Palabras clave: *Fasciola hepatica*, morfometría, bovinos, análisis multivariado, Ica.

Abstract

Fascioliasis is one of the most important parasitic diseases affecting cattle worldwide. The aim of this study was to perform a morphometric characterization of adult *Fasciola hepatica* specimens obtained from cattle slaughtered at the municipal abattoir of Ica Province, originating from Chaquipampa (Sancos District, Lucanas Province), and to compare their morphological patterns with populations from Cajamarca (Peru), the Bolivian Altiplano, Corsica (Italy), and Burkina Faso. A total of 43 digitalized images of adult *F. hepatica* were analyzed using a Computerized Image Analysis System (CIAS). Standardized morphometric measurements and multivariate statistical analyses were applied, including Principal Component Analysis (PCA) and Mahalanobis distance calculations, in order to assess phenotypic variation among populations. The results showed a mean body length of 14.72 ± 3.85 mm and a mean body width of 8.05 ± 1.85 mm, with a length-to-width ratio of 1.82 ± 0.27, values consistent with the typical morphology of *F. hepatica*. The mean body area was 98.84 ± 42.15 mm² and exhibited a strong and statistically significant positive correlation with testicular area ($r = 0.97$; $p < 0.0001$). Multivariate analysis revealed a high morphometric similarity between the studied population and the Cajamarca population, and a greater morphological divergence from the Burkina Faso population, which was used as a reference for *Fasciola gigantica*. It is concluded that the analyzed specimens correspond to pure populations of *F. hepatica*, displaying a relatively smaller phenotype but retaining the characteristic morphology of the species, with no evidence of hybridization. These findings provide valuable insights into the morphological variability and epidemiology of bovine fascioliasis in southern Peru.

Keywords: *Fasciola hepatica*, morphometry, cattle, multivariate analysis, Ica.

I. INTRODUCCIÓN

La fascioliasis es una enfermedad parasitaria zoonótica causada por trematodos hepáticos del género *Fasciola*, específicamente las especies: *Fasciola hepatica* y *F. gigantica*, las cuales afectan tanto a animales domésticos como a seres humanos (1,2). Estos parásitos poseen una amplia distribución geográfica, siendo considerados agentes etiológicos de una de las enfermedades con mayor extensión latitudinal, longitudinal y altitudinal entre las zoonosis parasitarias del mundo (3,4). La infección se produce por la ingesta de metacercarias enquistadas en vegetales acuáticos o en agua contaminada, lo que convierte a la fascioliasis en una enfermedad de transmisión alimentaria de importancia sanitaria y veterinaria global (5).

Desde el punto de vista pecuario, la fascioliasis genera grandes pérdidas económicas, pues provoca el decomiso de hígados infectados, la reducción del rendimiento productivo de carne y leche, y el deterioro del estado fisiológico de los animales. Se estima que la enfermedad ocasiona una reducción de hasta 28% en la producción cárnica y 15% en el consumo de alimento, afectando directamente la rentabilidad de los productores (6,7). En el Perú, la fascioliasis bovina es considerada la segunda enfermedad parasitaria de mayor impacto económico en la ganadería nacional (7).

A nivel mundial, el estudio de *Fasciola* spp. ha despertado gran interés por la variabilidad morfológica y genética que presentan las poblaciones según su distribución geográfica. Diversos investigadores han documentado que estas diferencias fenotípicas pueden deberse a la influencia del hospedador, la altitud, la carga parasitaria y la adaptación ecológica de las especies (2,8).

En este contexto, Bargues et al. realizaron un estudio exhaustivo en Ecuador sobre el genotipado y caracterización morfométrica de especímenes de fasciólidos que presentaban tamaños compatibles con *F. gigantica* (8). Analizaron 91 duelas hepáticas adultas recolectadas de bovinos y ovinos de diversas regiones, aplicando técnicas moleculares mediante PCR para amplificar las secuencias ITS-1, ITS-2, cox1 y nad1. Los resultados obtenidos se compararon con secuencias de *F. gigantica*, *F. hepatica* y *Fasciola* spp. disponibles en GenBank. A través del análisis morfométrico utilizando el Sistema de Análisis de Imágenes por Computadora (CIAS) y un análisis multivariado, identificaron que los tamaños máximos y medios fueron superiores a los descritos para *F. hepatica* en Sudamérica, presentando similitudes con poblaciones híbridas europeas. Sin embargo, el análisis molecular confirmó que todos los especímenes correspondían a *F. hepatica*, sin evidencias de hibridación ni posiciones heteroplásmicas en el ADN mitocondrial, concluyendo que *F. gigantica*, considerada la especie más patógena, no parece ser capaz de colonizar América.

Por su parte, Valero et al. realizaron la primera descripción fenotípica y genotípica de *F. hepatica* obtenida de ganado vacuno de zonas altas de Toluca, Estado de México, comparando los resultados con poblaciones del Altiplano Norte Boliviano (2). En total, analizaron 705 adultos grávidos mediante el sistema CIAS, identificando la ausencia de *F. gigantica* o formas intermedias. En el estudio molecular emplearon los marcadores ITS-1, 5.8S e ITS-2 de la región intergénica del ADN ribosómico, demostrando que los haplotipos Fh-1A y Fh-2A frecuentes en *F. hepatica* de regiones del sur de Europa también están presentes en poblaciones mexicanas. Los resultados evidenciaron una marcada homogeneidad fenotípica y genotípica con las poblaciones europeas, lo que sugiere la existencia de una distribución filogenética compartida entre América Latina y Europa.

En el ámbito nacional, los estudios han estado más orientados a determinar la prevalencia e impacto económico de la fascioliasis bovina. Silva evaluó el decomiso de hígados infestados con *F. hepatica* en el matadero de Huaura, Valle Verde, Lima, analizando 2198 hígados decomisados durante la inspección veterinaria (9). Mediante un modelo de regresión logística binaria, determinó que la presencia de *F. hepatica* alcanzó el 60% de los hígados revisados. Además, identificó que el origen del ganado, el sexo y la época del año fueron factores de riesgo asociados al decomiso de hígados, aunque no encontró relación significativa con la edad de los animales.

Asimismo, Fernández estudió la prevalencia de *F. hepatica* en bovinos sacrificados en el matadero municipal de Puquio, Ayacucho (10). Durante 60 días de muestreo se analizaron 452 hígados, hallándose una prevalencia de 38.10% (IC ± 4.47). Los distritos de Puquio, San Andrés y San Pedro presentaron las mayores tasas de infestación. Además, se observó que la infección fue más frecuente en hembras (41.16%) que en machos (31.03%). Este estudio resalta la persistencia del parásito en zonas altoandinas del sur del Perú, donde las condiciones climáticas y la presencia de hospederos intermediarios favorecen su ciclo biológico.

En cuanto a los antecedentes locales, Fracchia realizó una investigación sobre la prevalencia de *F. hepatica* en ovinos sacrificados en los mataderos de Ica y Huamanga (11). A través de la observación macroscópica de hígados durante las faenas, analizó 563 muestras procedentes de Huamanga, reportando un 42.6% de parasitismo, y 122 hígados de Ica, con una prevalencia de 18%. Además, se observó una mayor frecuencia de infección en ovinos machos (25.86%) y se estimaron pérdidas económicas equivalentes a S/. 841.50 por decomisos, que representaron aproximadamente 140.25 kg de hígado. Los resultados demostraron una prevalencia significativamente mayor en Huamanga en comparación con Ica, lo que evidencia diferencias epidemiológicas asociadas a las condiciones geográficas y de manejo del ganado.

A nivel institucional, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) es la autoridad encargada de garantizar la inocuidad agroalimentaria en los mataderos del país. Según su

normativa, el médico veterinario es responsable del decomiso de productos ganaderos (carne, sangre y vísceras) que representen un riesgo sanitario (7). No obstante, en el territorio peruano existen actualmente 222 mataderos, de los cuales solo 42% cuentan con autorización sanitaria vigente, siendo la mayoría de administración municipal, lo que refleja un control limitado sobre las enfermedades parasitarias (7).

El sector ganadero peruano constituye un pilar económico y social, con una alta participación de pequeños productores que representan el 80% de la producción agropecuaria nacional (12). Sin embargo, la falta de acceso a programas oficiales de control y prevención de enfermedades parasitarias agrava la situación de la fascioliasis animal, especialmente en regiones como Ica, donde se ha reportado una prevalencia del 18% en ovinos (11). Esta situación impacta directamente en la productividad, la inocuidad alimentaria y la economía local.

Desde el punto de vista biológico, se ha demostrado que las características morfométricas de *F. hepatica* están influenciadas por factores como el hospedador, la carga parasitaria y el microambiente hepático (2,8). Estas variaciones pueden reflejar adaptaciones fisiológicas que no solo afectan la forma y tamaño del parásito, sino también su capacidad patogénica. Los ejemplares de mayor tamaño producen lesiones más extensas en los conductos biliares, generando fibrosis, obstrucción y alteraciones funcionales del hígado que repercuten en la salud y productividad del animal (13,14).

En el Perú, los estudios morfológicos de *F. hepatica* son escasos. Solo se han realizado investigaciones detalladas en las regiones de Cajamarca y el Valle del Mantaro, enfocadas en ovinos (15). En la provincia de Ica, aún no existen investigaciones que describan de manera precisa las características morfométricas de los adultos de *F. hepatica* presentes en bovinos, lo cual representa un vacío en el conocimiento científico local sobre la dinámica parásito-hospedador.

Por lo tanto, la presente investigación se propone caracterizar morfométricamente las poblaciones de *F. hepatica* recolectadas de bovinos sacrificados en el matadero municipal de la provincia de Ica, mediante un análisis fenotípico comparativo de especímenes adultos. Los resultados obtenidos serán contrastados con muestras procedentes de Cajamarca (Perú), el Altiplano Boliviano y Córcega, con el fin de identificar posibles diferencias fenotípicas entre las poblaciones.

Este estudio contribuirá al conocimiento de la biología y variabilidad morfológica de *F. hepatica* recolectadas en bovinos faenados en el Matadero Municipal, aportando evidencia útil para la comprensión de la interacción parásito-hospedador y para el diseño de estrategias de control y prevención de la fascioliasis.

Finalmente, el presente informe se estructura en seis capítulos.

El Capítulo I, correspondiente a la Introducción, presenta los antecedentes internacionales, nacionales y locales relacionados con la *F. hepatica*, así como la formulación del problema, la justificación y los objetivos que orientan la investigación.

El Capítulo II, referido a la Metodología, describe el tipo y diseño de estudio, el área y población de investigación, los procedimientos para la recolección de muestras, las técnicas de medición morfométrica aplicadas y los métodos estadísticos utilizados para el análisis de datos.

El Capítulo III, denominado Resultados, expone los hallazgos obtenidos del análisis morfométrico de los especímenes adultos de *F. hepatica* recolectados en el matadero municipal de la provincia de Ica, presentando los datos mediante tablas y figuras que resumen las características biométricas observadas.

El Capítulo IV, correspondiente a la Discusión, interpreta y compara los resultados obtenidos con investigaciones nacionales e internacionales, analizando las posibles causas de las variaciones morfológicas y su relación con factores biológicos y ambientales.

El Capítulo V, titulado Conclusiones, resume los principales aportes del estudio y da respuesta a los objetivos planteados.

Finalmente, el Capítulo VI, referido a las Recomendaciones, plantea acciones orientadas a fortalecer la investigación sobre *F. hepatica* y a optimizar las estrategias de control y prevención de la fascioliasis en el ganado bovino de la provincia de Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación fue de tipo básico y descriptivo, con un enfoque cuantitativo, orientado al análisis morfométrico de especímenes de *F. hepatica*. Este tipo de estudio permitió obtener información objetiva y medible sobre las características morfológicas de los parásitos, con el propósito de identificar posibles variaciones entre las poblaciones analizadas.

El diseño metodológico fue no experimental, transversal y comparativo, dado que los datos se recolectaron sin manipular las variables y en un único periodo de tiempo. Asimismo, el carácter comparativo del estudio facilitó establecer diferencias y similitudes morfométricas entre los especímenes procedentes de distintas fuentes o zonas geográficas, contribuyendo al conocimiento biológico y epidemiológico de la especie.

2.2. Población y muestra

2.2.1 Población

La población de este estudio estuvo constituida por las digitalizaciones (fotografías) de 43 especímenes de *F. hepatica* (Ver Anexo 3) recolectados de bovinos faenados en el marco productivo del matadero municipal de la provincia de Ica. Según registros del médico veterinario los bovinos procedieron del centro poblado Chaquipampa, del distrito de Sancos, provincia de Lucanas, Ayacucho (ver Anexo 1.B).

2.2.2 Muestra

Debido al tamaño reducido de la población, se optó por incluir las 43 digitalizaciones de los especímenes. Por tanto, corresponde a un censo, considerando a todos los integrantes como parte del estudio.

2.3. Cuantificación morfométrica de especímenes

La medición de parámetros morfométrico se realizó mediante la técnica CIAS (Software de análisis de imágenes por computadora), se empleó el software ImagePro Plus VS 5.0 (Media Cybernetics, Silver Spring, EE.UU) (ver Anexo 3), el cual fue proporcionado por el grupo de investigación: Fenotipaje de parásitos y vectores – FPV – PP&V (con Código de referencia GIU2021-509), adscrito al departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica y Parasitología de la Universitat de Valencia.

2.4. Parámetros morfométricos

Se consideraron las mediciones estandarizadas para adultos de la familia Fasciolidae propuestas por Valero et al. (16–18) (Ver Anexo 4), para una visualización más grafica de las medidas morfométricas se anexa una figura en plano 2D (ver anexo 6):

2.5. Estudio comparativo de adultos de *F. hepatica*

La base de datos utilizada para el análisis comparativo por regiones fue proporcionada por el grupo de investigación: Fenotipaje de parásitos y vectores – FPV – PP&V (con Código de referencia GIU2021-509), adscrito al departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica y Parasitología de la Universidad de Valencia (Ver Anexo 7). Se consideró las siguientes regiones: i) Cajamarca, Perú (patrón de valle, 42 especímenes); ii) Altiplano Boliviano (patrón de altitud muy elevada, 127 especímenes); iii) Córcega (patrón insular mediterráneo, 64 especímenes) (3). Las regiones fueron seleccionadas debido a que representan distintos patrones epidemiológicos de transmisión de la fascioliasis, lo que nos permitió realizar un estudio comparativo más profundo y con futuras aplicaciones.

Como grupo control y con el propósito de comprobar la ausencia de individuos con características morfométricas propias de *F. gigantica* o posibles híbridos entre ambas especies, se empleó especímenes de Burkina Faso, África (69 especímenes).

2.6. Análisis estadísticos y procesamiento de datos

Se determinó los valores máximos y mínimos, medias aritméticas y desviación estándar de las medidas registradas. El análisis de componentes principales (ACP), se empleó para determinar las medidas que mejor explican la variabilidad en la morfología de los especímenes, se consideraron aquellas que no se superponen entre sí : BL, BW, BP, A-VS, Vit-P, OS máx, OS mín, VS máx y VS mín, los resultados están representados en gráficos de dispersión.

Para la evaluación de la variación morfométrica entre las poblaciones de estudio, se realizó un análisis discriminante canónico, previa transformación logarítmica, con la finalidad de que las medidas estén libres de alometría. Con los datos obtenidos se calculó las distancias de Mahalanobis considerando 1000 permutaciones mediante el software PAD win 98 (Jean-Pierre Dujardin, Institut de Rechercher pour le Développement, IRD, France) (19). Para el procesamiento de datos y creación de gráficos se utilizó los softwares estadísticos: Spss Statistics Vs 28, GraphPad prism Vs 9 y R Studio 4.4.1. Los valores se consideraron estadísticamente significativos cuando el valor de $P < 0.05$.

III. RESULTADOS

Tabla 1. Caracteres biométricos lineales de adultos de *F. hepatica*, recolectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

Ítem	Medidas (mm)	Especímenes adultos			
		Min	**Max**	**Media**	**DS**
1	Longitud corporal	6.20	23.88	14.72	3.85
2	Ancho corporal	3.62	11.95	8.05	1.85
3	Longitud del cono	1.22	2.85	1.92	0.29
4	Ancho del cono	1.65	3.52	2.55	0.46
5	Ancho corporal a nivel del ovario	3.42	8.96	6.48	1.37
6	Distancia entre el extremo anterior del cuerpo y la ventosa ventral	0.98	2.78	2.03	0.35
7	Distancia entre la ventosa oral y la ventosa ventral	0.66	2.02	1.43	0.31
8	Distancia entre la ventosa ventral y la unión de las glándulas vitelinas	3.90	14.84	8.86	2.41
9	Distancia entre la unión de las glándulas vitelinas y el extremo posterior del cuerpo	1.65	7.88	4.10	1.43
10	Distancia entre la ventosa ventral y el extremo posterior del cuerpo	5.80	21.45	13.08	3.58
11	Diámetro máximo de la ventosa ventral	0.40	1.27	1.00	0.18
12	Diámetro mínimo de la ventosa ventral	0.34	1.15	0.91	0.18
13	Diámetro máximo de la ventosa oral	0.33	1.02	0.74	0.14
14	Diámetro mínimo de la ventosa oral	0.22	0.83	0.58	0.13
15	Longitud de la faringe	0.41	0.89	0.67	0.11
16	Ancho de la faringe	0.22	0.57	0.36	0.08
17	Longitud testicular	3.64	10.84	6.82	1.69
18	Ancho testicular	2.46	7.88	5.47	1.27

Tabla 2. Áreas corporales de adultos de *F. hepatica*, recolectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

Ítem	Medidas (mm)	Especímenes adultos			
		Min	**Max**	**Media**	**DS**
1	Área corporal	20.12	210.44	98.84	42.15
2	Área de la ventosa ventral	0.12	1.16	0.77	0.25
3	Área de la ventosa oral	0.05	0.59	0.36	0.11
4	Área del esófago-faringe	0.04	0.36	0.19	0.06
5	Área testicular	6.80	60.12	30.05	12.67

Tabla 3. Caracteres biométricos de contorno de adultos de *F. hepatica*, recolectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

Ítem	Medidas (mm)	Especímenes adultos			
		Min	**Max**	**Media**	**DS**
1	Perímetro corporal	17.90	57.36	38.92	8.91
2	Perímetro testicular	10.82	29.76	21.15	4.62

.

Tabla 4. Caracteres biométricos de forma de adultos de *F. hepatica*, recolectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

Ítem	Medidas (mm)	Especímenes adultos			
		Min	**Max**	**Media**	**DS**
1	Redondez corporal	1.15	1.52	1.23	0.08
2	Relación entre longitud y ancho corporal	1.45	2.66	1.82	0.27
3	Relación entre el área de la ventosa oral y la ventosa ventral	0.18	0.69	0.47	0.11
4	Relación entre la longitud corporal y la distancia ventosa ventral–extremo posterior	0.78	1.91	1.16	0.14
5	Relación entre el ancho corporal a nivel del ovario y el ancho del cono	1.72	3.42	2.44	0.35

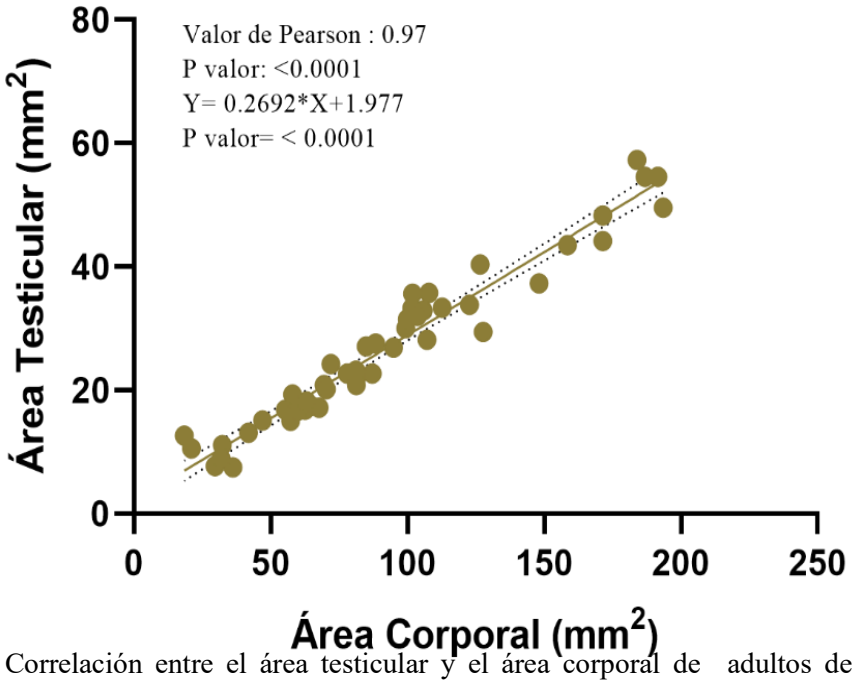


Figura 1. Correlación entre el área testicular y el área corporal de adultos de *F. hepatica*, recolectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

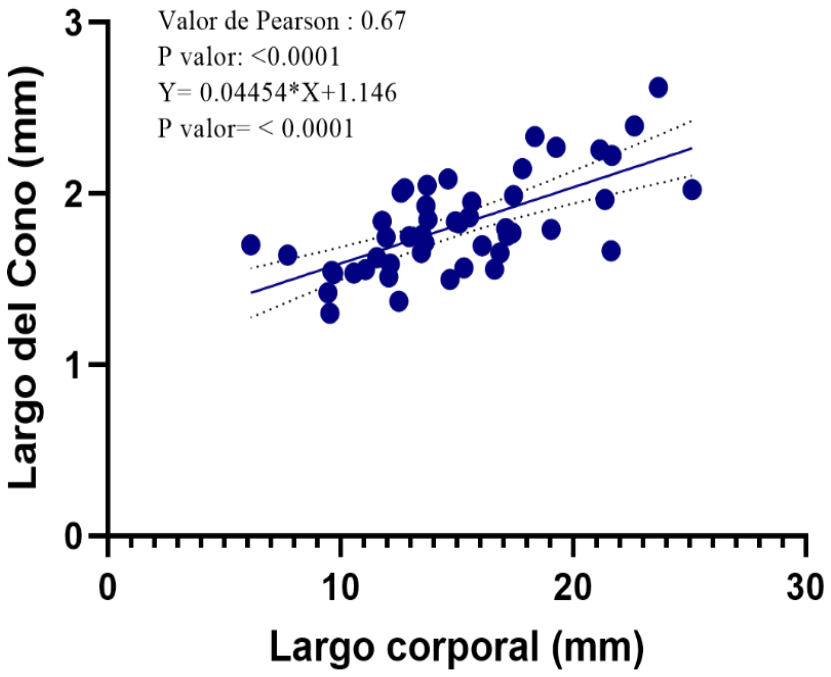


Figura 2. Correlación entre el largo del cono y el largo corporal de adultos de *F. hepatica*, colectados del matadero municipal de la provincia de Ica.

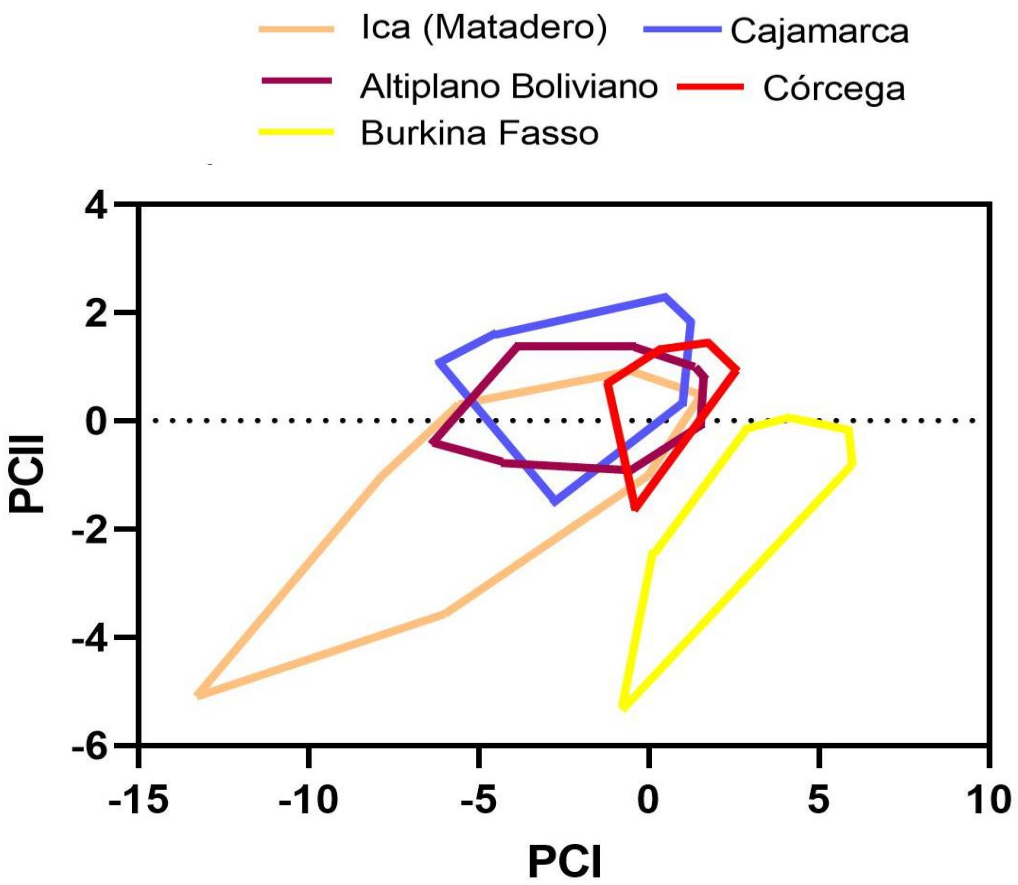


Figura 3. Componentes principales de las poblaciones de *F. hepatica* estudiadas

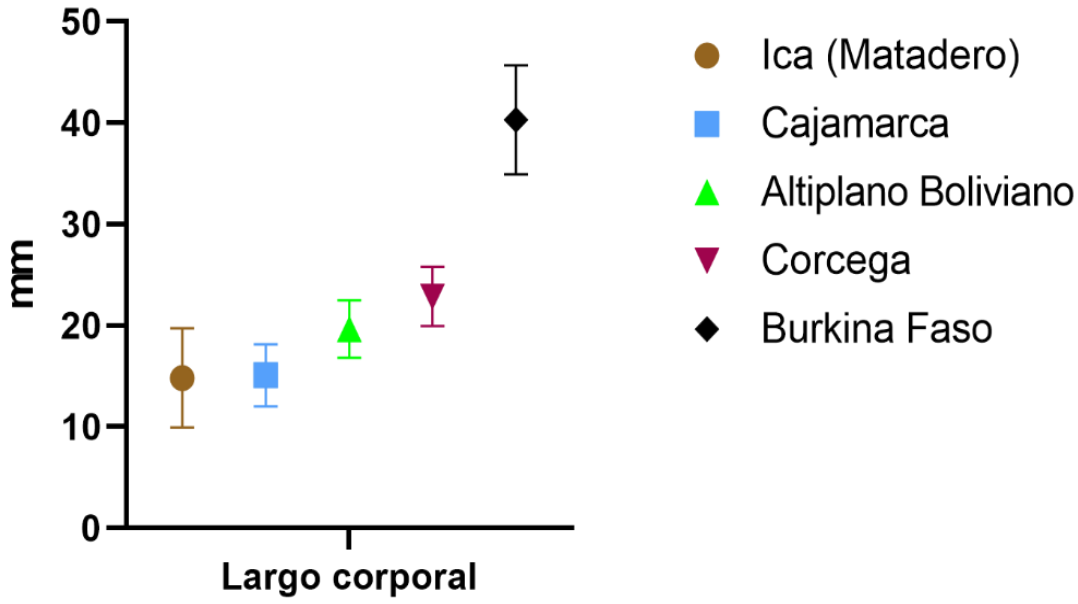


Figura 4. Comparación de los valores medios y desviaciones estándar correspondientes al largo corporal de ejemplares de *F. hepatica.*

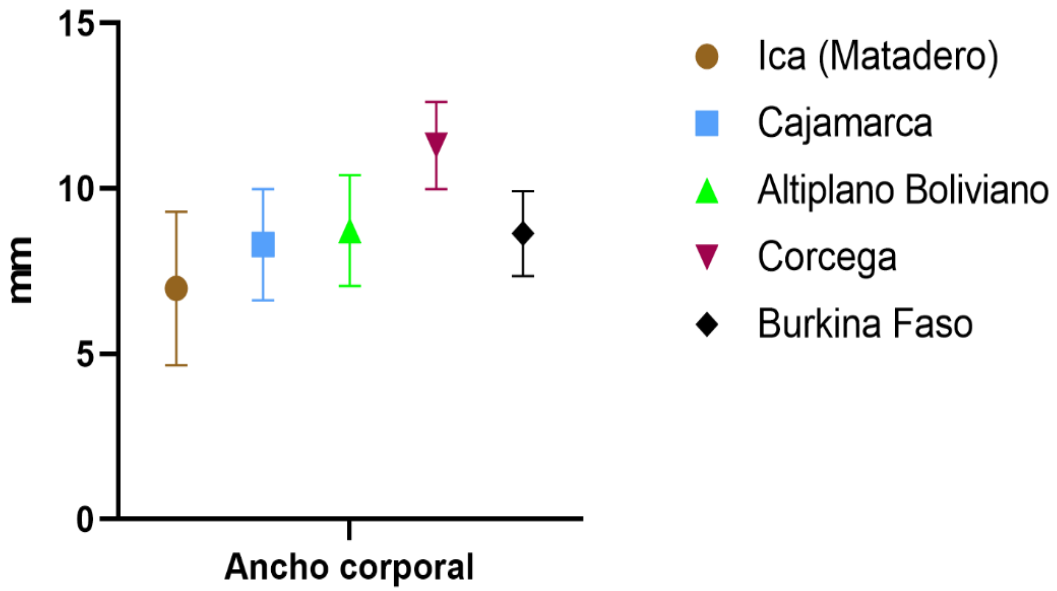


Figura 5. Comparación de los valores medios y desviaciones estándar correspondientes al ancho corporal de ejemplares de *F. hepatica.*

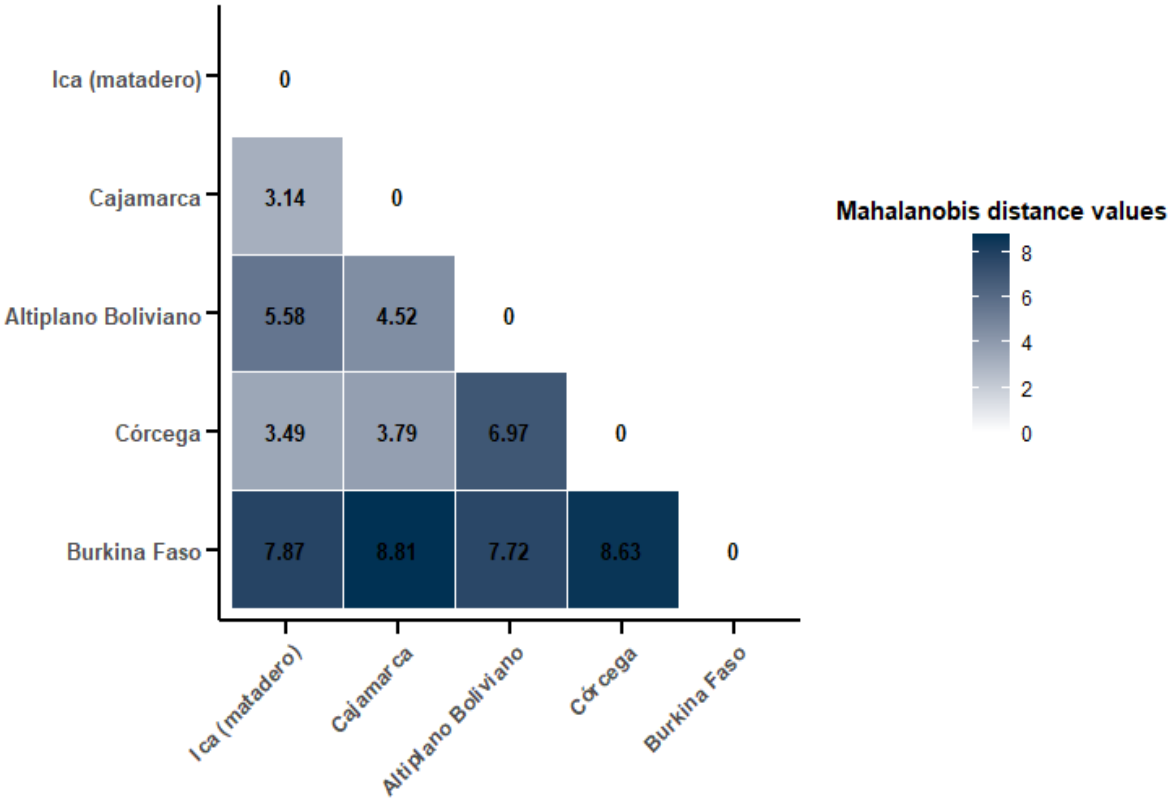


Figura 6. Distancias de Mahalanobis en las poblaciones estudiadas

IV. DISCUSIÓN

Se estudiaron 43 especímenes adultos de *F. hepatica* recolectados de hígados de bovinos faenados en el matadero municipal de la provincia de Ica, durante el mes de enero de 2024. Según los registros del establecimiento, los bovinos procedían del centro poblado Chaquipampa, del distrito de Sancos, provincia de Lucanas, Ayacucho, zona ganadera altoandina caracterizada por condiciones climáticas favorables para el desarrollo del ciclo biológico del parásito. Los animales fueron trasladados al matadero de Ica para su beneficio sanitario, donde durante la inspección post mortem se detectaron los hígados parasitados y se procedió a la recolección manual de las duelas hepáticas adultas.

4.1. Caracterización morfométrica en la población de estudio

Las mediciones lineales de los ejemplares de *F. hepatica* colectados mostraron una longitud corporal promedio de 14.72 ± 3.85 mm y un ancho corporal promedio de 8.05 ± 1.85 mm, estos resultados son consistentes con los reportados por Periago et al (21) quienes describieron largos corporales entre los 12.22 a 29.00 mm en ganado bovino. En conjunto los valores se encuentran dentro del rango descrito previamente para *F. hepatica* en hospedadores bovinos y ovinos de distintas regiones del mundo, aunque con evidencia de una variabilidad intra-poblacional marcada (2,19–22).

Valero et al. (2) describieron en bovinos de zonas altas de México longitudes corporales generalmente mayores a las reportadas clásicamente en poblaciones andinas, pero sin alcanzar las dimensiones máximas propias de *F. gigantica*. De forma similar, Valero et al. (19) y Periago et al. (21) señalan que las poblaciones sudamericanas de *F. hepatica* tienden a presentar cuerpos relativamente anchos y robustos, rasgo que se asocia a adaptación al hospedador y a condiciones ambientales particulares.

El ancho corporal promedio observado en los especímenes (8.05 mm) y la relación longitud/ancho corporal (1.82 ± 0.27) sugieren una morfología ligeramente alargada pero claramente compatible con el patrón típico de *F. hepatica*, que suele presentar relación longitud/ancho entre ~1.5 y 2.5 en adultos maduros según los estudios reportados por Valero et al. (19,20). Esta proporción es relevante porque *F. gigantica* y las formas intermedias descritas en África y la cuenca del Nilo suelen mostrar duelas más alargadas (relaciones longitud/ancho mayores) y conos cefálicos proporcionalmente más desarrollados (1,21,22). La ausencia de proporciones extremas refuerza la identificación de los especímenes como *F. hepatica* típica, sin indicios morfométricos compatibles con *F. gigantica* ni con híbridos.

El área corporal total promedio (98.84 ± 42.15 mm^2) fue amplia en rango, lo que refleja la coexistencia de individuos pequeños y grandes dentro de la misma población parasitaria.

Esta amplitud puede deberse a varios factores biológicos: i) diferentes grados de madurez sexual entre individuos recolectados en un mismo animal o en animales distintos, ii) diferencias en la carga parasitaria por hospedador, donde los parásitos sometidos a alta competencia intrahepática tienden a ser de menor tamaño, y iii) variaciones asociadas al estado fisiológico y nutricional del hospedador bovino (1,2,19,20). Se ha documentado que el tamaño final del parásito adulto depende tanto del microhábitat (conductos biliares más o menos dilatados, flujo de bilis, disponibilidad de nutrientes) como de la presión inmunológica del hospedador (17,18). En hospedadores con respuesta inflamatoria crónica intensa en vías biliares, el entorno mecánico y químico puede limitar el desarrollo pleno de la duela, lo que genera adultos de menor tamaño y, en consecuencia, áreas corporales más reducidas (14,17,18). Esto concuerda con la dispersión amplia de las medidas del área corporal registrada en la población de estudio.

En términos de estructuras específicas, observamos áreas relativamente pequeñas para ventosa oral (0.36 ± 0.11 mm²) y ventosa ventral (0.77 ± 0.25 mm²). Las ventosas son esenciales para la fijación en el epitelio biliar y se consideran rasgos taxonómicos útiles cuando se comparan proporciones entre ventosa oral y ventosa ventral (19–21). En nuestro estudio, la relación entre el área de la ventosa oral y la ventosa ventral fue 0.47 ± 0.11, lo que se alinea con el patrón clásico de *F. hepatica*, donde la ventosa ventral suele ser mayor y más robusta que la oral, una relación mayor (0.53–1.22 mm) fue reportada por Valero et al., quienes estudiaron especímenes provenientes de ganado ovino.

En *F. gigantica* y formas intermedias, esta diferencia tiende a ser aún más marcada, pero acompañada de cuerpos más alargados, lo cual no se observó en la población estudiada (1,2,21,22). Esto respalda nuevamente que la población analizada pertenece a *F. hepatica* sin indicios de introgresión genética de *F. gigantica*, similar a lo descrito por Bargues et al. en Ecuador, donde ejemplares de gran tamaño (21.49–32.78 mm de largo corporal) fueron confirmados molecularmente como *F. hepatica* pura, sin señales de hibridación (1).

4.2. Relación entre el desarrollo corporal y el sistema reproductor

Uno de los resultados más relevantes de este trabajo fue la correlación fuertemente positiva entre el área corporal total y el área testicular ($r = 0.97$; $p < 0.0001$), con un coeficiente de Pearson de 0.94 en el modelo de regresión lineal. Este hallazgo indica que el crecimiento somático general del parásito está estrechamente vinculado con el desarrollo del sistema reproductor masculino. Desde la biología de trematodos, esto es coherente: en duelas hepáticas adultas, la madurez reproductiva es una prioridad fisiológica y metabólica, ya que el éxito del ciclo de vida depende directamente de la producción de huevos viables que luego infectarán al caracol hospedador intermediario (7,14,18).

Valero et al. (20) y Periago et al. (21) ya habían señalado que, en *F. hepatica*, la expansión del cuerpo se acompaña de hipertrofia y lobulación de las gónadas, lo que maximiza la capacidad ovipositora. En un contexto productivo, esto tiene implicancia directa en la patogenia: duelas más grandes, con aparatos reproductores más desarrollados, no solo producen mayor cantidad de huevos y sostienen la transmisión en el ambiente, sino que además generan daño mecánico y fibrosis más extensa en los conductos biliares del hospedador (13,14).

Este daño se asocia con colangitis crónica, engrosamiento ductal y alteración de la función hepática, lo cual finalmente se traduce en pérdida de peso vivo, menor ganancia diaria y decomiso del hígado en matadero (6,7,10,16). Por lo tanto, el vínculo morfométrico "parásito grande = aparato reproductor grande" observado en la población de estudio no es solo una curiosidad anatómica, sino una señal directa de potencial impacto productivo y sanitario en el ganado local.

4.3. Variación morfométrica comparada entre poblaciones geográficas

El análisis comparativo entre la población colectada en el Matadero Municipal de Ica y otras poblaciones de referencia (Cajamarca, Altiplano Boliviano, Córcega y Burkina Faso) mostró dos patrones importantes: i) los adultos estudiados y la población de Cajamarca presentan un solapamiento parcial en el espacio morfométrico definido por el Análisis de Componentes Principales (ACP), lo que sugiere similitud fenotípica entre ambas poblaciones peruanas, ii) las poblaciones del Altiplano Boliviano y, especialmente, Burkina Faso, se ubicaron más alejadas en el espacio factorial, reflejando diferencias morfológicas más marcadas.

Es importante resaltar que los especímenes recolectados en el Matadero Municipal de Ica presentaron dimensiones corporales significativamente menores al alcanzar la madurez sexual (grávidos) en comparación con las demás poblaciones analizadas. Esta diferencia se evidencia claramente en la Figura 4, donde la dispersión de los valores correspondientes a la población de estudio se concentra en el cuadrante inferior izquierdo del plano factorial, indicando una tendencia hacia tamaños corporales más reducidos y proporciones generales menores. Este patrón sugiere que los individuos de *F. hepatica* recolectados podrían presentar limitaciones en el desarrollo somático asociadas a factores biológicos del hospedador, condiciones ambientales locales o diferencias en la carga parasitaria, lo que se traduce en un fenotipo adulto de menor tamaño respecto a las poblaciones de otras regiones.

El primer componente principal (PCI) explicó el 66.91% de la variación total y estuvo determinado fundamentalmente por variables asociadas al tamaño corporal general. Este resultado coincide con estudios previos que indican que el tamaño absoluto del cuerpo y de las ventosas es, en gran medida, la dimensión más importante para discriminar entre

poblaciones alopátricas de *Fasciola* (19–22). El segundo componente principal (PCII), que explicó el 15.56% de la varianza, estuvo asociado con proporciones internas y relaciones de forma. Esta partición entre "tamaño general" y "forma corporal relativa" es consistente con la aproximación de Valero, Periago y Mas-Coma, quienes mostraron que las poblaciones de *F. hepatica* de distintos contextos ecológicos pueden ser semejantes en forma, pero distintas en tamaño absoluto, o viceversa (2,19–22).

El solapamiento entre la población de estudio y Cajamarca es interesante porque Cajamarca ha sido descrita como una zona endémica andina clásica para fascioliasis animal y humana, con transmisión sostenida en sistemas ganaderos tradicionales y presencia estable de caracoles lymnaeidos compatibles (19). El parecido morfométrico sugiere que las poblaciones de *F. hepatica* que circulan en Chaquipampa podrían compartir linajes fenotípicos con las poblaciones andinas peruanas, pese a que el distrito de Sancos no es un ecosistema altoandino extremo como el Altiplano Boliviano. Esto puede interpretarse de dos maneras no excluyentes: i) Movilización/traslado de ganado entre regiones, favoreciendo la dispersión de los mismos linajes parasitarios a distintos mataderos del país, como ya se ha documentado en Perú y México (2,3,9,10,16); ii) Capacidad plástica de *F. hepatica* para mantener un fenotipo relativamente estable en distintos contextos agropecuarios del país, siempre que el hospedador principal (bovino) y el tipo de explotación sean similares.

En contraste, la población del Altiplano Boliviano tendió a ubicarse más alejada de la poblacion estudiada en el ACP y presentó valores medios mayores en ciertas variables morfométricas clave (por ejemplo, longitudes y anchos corporales más elevados en promedio). Esta diferencia era esperable: el Altiplano Boliviano representa un patrón epidemiológico de transmisión a gran altitud, con presión de infección intensa y muchos hospedadores expuestos, lo que históricamente se ha vinculado con duelas de mayor tamaño corporal (2,19). Ambientes altoandinos por encima de los 3 500 m.s.n.m. se han asociado con ciclos de transmisión prolongados en bovinos y ovinos que actúan como reservorios crónicos, permitiendo que los parásitos completen su desarrollo hasta tamaños mayores antes del sacrificio del animal.

Más notorio aún fue el distanciamiento de la población de Burkina Faso respecto a las demás poblaciones analizadas. En nuestro estudio, esta población correspondiente a especímenes confirmados de *F. gigantica* fue empleada como grupo control, con el propósito de descartar la presencia de morfotipos atípicos o posibles formas intermedias de hibridación *F. hepatica / F. gigantica* en la población procedente del Matadero Municipal. Como era previsible, los ejemplares africanos mostraron valores medios significativamente superiores en variables clave, como la longitud y el área corporal total, en comparación con las poblaciones

sudamericanas de Chaquipampa y Cajamarca. Este resultado coincide con lo descrito por Periago et al. y Bargues et al., quienes reportaron que las duelas africanas presentan rasgos morfométricos característicos de *F. gigantica*, así como la presencia de formas intermedias en zonas donde ambas especies coexisten o pueden hibridar naturalmente. En contraste, la población estudiada se mantuvo morfométricamente dentro del rango típico de *F. hepatica*, sin indicios fenotípicos de introgresión o hibridación interespecífica, confirmando la pureza específica de los ejemplares analizados (1,21,22).

Periago et al. (21) demostraron que, en África y en zonas ribereñas del Nilo, existen ejemplares con morfologías que se sitúan entre el fenotipo clásico de *F. hepatica* y el de *F. gigantica*. Estas duelas suelen ser más alargadas, con conos cefálicos proporcionalmente más extensos, y presentan una mayor masa corporal total. La posición alejada de Burkina Faso frente a la población de estudio en el análisis multivariado, así como las mayores distancias de Mahalanobis respecto a las poblaciones sudamericanas, refuerzan la idea de que las poblaciones africanas tienen una morfología distinta, potencialmente asociada a otra historia evolutiva, a otros hospedadores intermedios (caracoles lymnaeidos distintos) y a una mayor probabilidad de interacción interespecífica entre *F. hepatica* y *F. gigantica* (1,7,21,22).

Las distancias de Mahalanobis calculadas entre las poblaciones muestran cuantitativamente estas diferencias, donde las menores distancias se observan entre las población de estudio y Cajamarca (3.14), así como entre Cajamarca y Altiplano Boliviano (4.52). En contraste, las mayores distancias se encuentran entre Burkina Faso y las demás poblaciones, con valores superiores a 7 (por ejemplo, 8.81 frente a Cajamarca). La posición intermedia de Córcega (distancias entre 3.49 y 6.97) sugiere que esta población presenta una variabilidad moderada, situándose entre las poblaciones sudamericanas y la africana.

El uso de distancias de Mahalanobis es apropiado en este tipo de análisis, ya que permite medir la separación entre grupos considerando la covarianza entre variables, es decir, teniendo en cuenta la estructura multivariada de los datos en lugar de comparaciones univariadas aisladas (23). Este tipo de análisis discriminante multivariado ha sido ampliamente utilizado en estudios de taxonomía fenotípica de *Fasciola*, justamente para diferenciar poblaciones y detectar posibles formas híbridas (1,19,21,22).

4.4. Implicancias epidemiológicas y productivas

Desde el punto de vista sanitario y productivo, nuestros resultados confirman que la población de duelas presente en bovinos sacrificados en el matadero municipal de la provincia de Ica exhibe morfología plenamente compatible con *F. hepatica* típica. Esto es importante por dos razones. Primero, respalda que la fascioliasis está presente en bovinos afaenados en la provincia de Ica, siendo la población estudiada procedente de ganado de la

zona andina sur del Perú, donde la fascioliasis ya se reconoce como un problema económico, prevalencias elevadas y decomisos frecuentes de hígado (3,4,10,11,16). Segundo, la ausencia de rasgos compatibles con *F. gigantica* o con morfotipos intermedios sugiere que, a diferencia de zonas africanas y del Mediterráneo oriental, la presión evolutiva asociada a hibridación interespecífica no estaría presente en la zona de estudio (1,21,22). Esto tiene relevancia práctica porque las formas híbridas descritas en África y Asia se han asociado a particularidades biológicas que podrían afectar patogenicidad, respuesta inmune del hospedador y potencialmente eficacia de fármacos fasciolicidas (7,14,17,18,21,22).

En el contexto nacional, la caracterización morfométrica detallada que presentamos aporta evidencia nueva para la región, donde la información previa se centraba sobre todo en prevalencias, pérdidas económicas por decomiso y factores de riesgo asociados al origen y manejo del ganado (3,4,10,11,16). Al describir con precisión dimensiones corporales, áreas anatómicas y relaciones de forma de *F. hepatica*, y al compararlas con poblaciones de referencia nacionales (Cajamarca) e internacionales (Altiplano Boliviano, Córcega, Burkina Faso), este trabajo amplía el entendimiento de la dinámica parásito hospedador y genera una base fenotípica sólida que puede utilizarse para vigilancia epidemiológica futura.

Finalmente, el hecho de que las variables asociadas al tamaño corporal expliquen la mayor parte de la variación entre poblaciones refuerza el valor de la morfometría cuantitativa como herramienta de vigilancia parasitaria. En escenarios donde el diagnóstico molecular no siempre es accesible, la obtención sistemática de mediciones estandarizadas (como las propuestas por Valero y colaboradores) y su análisis multivariante puede alertar sobre la introducción de morfotipos atípicos, potencialmente más patógenos o de comportamiento biológico distinto (1,2,19–22). Esto resulta especialmente relevante en mataderos municipales bajo supervisión sanitaria limitada, donde SENASA exige el decomiso de hígados parasitados para garantizar inocuidad alimentaria (7,11), pero donde rara vez se sistematiza información biométrica del parásito.

V. CONCLUSIONES

1. Los especímenes adultos de *F. hepatica* procedentes de bovinos del centro poblado de Chaquipampa (Sancos, Ayacucho) y faenados en Ica, presentaron dimensiones corporales compatibles con *F. hepatica*, con una morfología ligeramente alargada; pero, dentro del rango típico descrito para la especie, sin evidencias morfométricas que sugieran la presencia de *F. gigantica* ni morfotipos intermedios.

2. Se demostró una correlación positiva, fuerte y altamente significativa entre el área corporal total y el área testicular ($r = 0.97$; $p < 0.0001$).

3. El primer componente principal (PCI) explicó el 66.91 % de la variación total y estuvo determinado principalmente por variables asociadas al tamaño corporal general, mientras que el segundo componente principal (PCII), con 15.56 % de la varianza, estuvo relacionado con proporciones la forma corporal relativa.

4. Las distancias de Mahalanobis confirmaron la afinidad morfométrica entre la población estudiada y la población de Cajamarca, así como una proximidad intermedia con la población del Altiplano Boliviano. Las mayores distancias se observaron con la población de Burkina Faso, empleada como referencia externa.

VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar en el matadero municipal de la provincia de Ica un registro sistemático y continuo de hallazgos parasitarios que no solo considere la presencia/ausencia de *F. hepatica*, sino que incluya información morfométrica básica (longitud corporal, ancho corporal y estado reproductivo de las duelas). Esta información permitiría vigilar el posible ingreso de morfotipos anómalos o de duelas de morfología compatible con *F. gigantica*, especialmente en animales procedentes de otras regiones.

2. Recomendar a las comunidades campesinas agropecuarias, fortalecer las medidas de control antiparasitario en el ganado bovino proveniente de zonas como Chaquipampa (Sancos, Ayacucho), dado que los resultados confirman la presencia de duelas adultas grávidas capaces de sostener el ciclo de transmisión. Se recomienda implementar esquemas terapéuticos estratégicos con fasciolicidas de eficacia comprobada y supervisar periódicamente su efectividad en campo, a fin de reducir la carga parasitaria previa al beneficio y, en consecuencia, disminuir las pérdidas económicas por decomiso hepático.

3. Incorporar rutinariamente análisis morfométrico comparativo y, cuando sea posible, análisis molecular en futuros lotes de duelas hepáticas procedentes de diferentes orígenes geográficos. La comparación con bases de referencia como Cajamarca, Altiplano Boliviano y Córcega, junto con el uso de poblaciones externas como Burkina Faso, debe mantenerse como estrategia de alerta temprana frente a la posible introducción de *F. gigantica* o de formas híbridas, que pueden tener distinto comportamiento biológico y potencial patógeno.

4. Promover estudios complementarios en universidades o institutos de investigación que relacionen: (i) la morfometría del parásito, (ii) la carga parasitaria por animal y (iii) parámetros productivos del ganado (condición corporal, peso canal, decomisos). Esta integración permitiría cuantificar el impacto económico real de la fascioliasis en esta ruta comercial específica (Ayacucho → Ica), y justificar ante autoridades municipales y regionales la inversión en programas de control parasitario, bioseguridad en origen y mejora de la inspección sanitaria en matadero.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bargues MD, Valero MA, Trueba GA, Fornasini M, Villavicencio AF, Guamán R, et al. DNA Multi-Marker Genotyping and CIAS Morphometric Phenotyping of *Fasciola gigantica*-Sized Flukes from Ecuador, with an Analysis of the Radix Absence in the New World and the Evolutionary Lymnaeid Snail Vector Filter. Animals. 2021;11(9):2495. https://doi.org/10.3390/ani11092495

2. Valero MA, Bargues MD, Calderón L, Artigas P, Mas-Coma S. First phenotypic and genotypic description of *Fasciola hepatica* infecting highland cattle in the state of Mexico, Mexico.Infect Genet Evol. 2018;64:231–40. https:// doi.org/10.1016/j.meegid.2018.06.032

3. Silva J. Decomiso de Hígados Infestados con *Fasciola hepatica* en Ganado Sacrificado en el Camal Valle Verde – Huaura. [Tesis] [Huacho]: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2021

4. Fernandez W. Prevalencia De *Fasciola hepatica* en los Bovinos que se Benefician en el Camal Municipal De Puquio. [Tesis] [Chincha]: Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"; 2019

5. Fracchia J. Prevalencia de *Fasciola hepatica* ovina en los mataderos de Ica y Huamanga, 2020". [Tesis] [Chincha]: Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" ; 2020

6. Martins IVF, Verocai GG. *Fasciola hepatica*. Trends Parasitol. 2024;40(10):930–1. https:// doi.org/10.1016/j.pt.2024.07.011

7. Mas-Coma S, Valero MA, Bargues MD. Fascioliasis. In 2024. p. 157–201. https:// doi.org/10.1007/978-3-031-60121-7_5

8. Drescher G, Vasconcelos TCB de, Belo VS, Pinto MM da G, Rosa J de O, Morello LG, et al. Serological diagnosis of fasciolosis (*Fasciola hepatica*) in humans, cattle, and sheep: a meta-analysis. Front Vet Sci. 2023;10. https:// doi.org/10.3389/fvets.2023.1252454

9. Gomez-Puerta LA, Angulo-Tisoc JM, Pacheco JI, Lopez-Urbina MT, Gonzalez AE. Infección natural por *Fasciola hepatica* en cérvidos del Perú. Rev Peru Biol. 2019;26(1):143–8. https:// doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15918

10. Elguera L. Prevalencia de *Fasciola hepatica* en las pérdidas económicas de hígados decomisados de bovinos (Bos taurus) en el camal municipal de Abancay. [Tesis] [Abancay, Perú]: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac; 2024.

11. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. Lima; 2014.

12. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). Boletín informativo SENASA - Servidores del campo. Lima; 2016.

13. Velezmoro G. Evaluación de heces, bilis e hígado en el diagnóstico de *Fasciola hepatica* en vacunos beneficiados en el Camal Municipal de Cajamarca. [Tesis] [Cajamarca]: Universidad Nacional de Cajamarca; 2018.

14. Zárate-Rendón D, Limaymanta-Zavala M, Fernández-Guzmán R. Eficacia del albendazol y rafoxanida contra *Fasciola hepatica* en vacunos procedentes del norte del Perú. Rev Investig Vet Perú. 2024;35(5):e26969. https:// doi.org/10.15381/rivep.v35i5.26969

15. Silva-Castro J, Rentería-Mendoza J, Hidalgo-Vasquez YN, Velásquez-Vergara C. *Fasciola hepatica* como causal de decomiso de hígados en bovinos faenados en la provincia de Huaura, Perú. Cienc Tecnol Agropecu. 2023;24(2). https:// doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3090

16. Arias-Pacheco C, Lucas JR, Rodríguez A, Córdoba D, Lux-Hoppe EG. Economic impact of the liver condemnation of cattle infected with *Fasciola hepatica* in the Peruvian Andes. Trop Anim Health Prod. 2020;52(4):1927–32. https:// doi.org/10.1007/s11250-020-02211-y

17. Xifeng W, Jiahua Z, Ningxing L, Guowu Z, Yunxia S, Xuepeng C, et al. The regulatory roles of *Fasciola hepatica* GSTO1 protein in inflammatory cytokine expression and apoptosis in murine macrophages. Acta Trop. 2023;245:106977. https:// doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.106977

18. Flynn RJ, Musah-Eroje M. Evasion of Host Immunity During *Fasciola hepatica* Infection. In 2020. p. 107–15. https:// doi.org/10.1007/978-1-0716-0475-5_8

19. Valero MA, Perez-Crespo I, Khoubbane M, Artigas P, Panova M, Ortiz P, et al. *Fasciola hepatica* phenotypic characterization in Andean human endemic areas: Valley versus altiplanic patterns analysed in liver flukes from sheep from Cajamarca and Mantaro, Peru. Infection, Genetics and Evolution. 2012;12(2):403–10. https:// doi.org/10.1016/j.meegid.2012.01.009

20. Valero MA, Panova M, Mas-Coma S. Phenotypic analysis of adults and eggs of *Fasciola hepatica* by computer image analysis system. J Helminthol. 2005 Sep 12;79(3):217–25. https:// doi.org/10.1079/joh2005301

21. Periago M V., Valero MA, Panova M, Mas-Coma S. Phenotypic comparison of allopatric populations of *Fasciola hepatica* and Fasciola gigantica from European and African bovines using a computer image analysis system (CIAS). Parasitol Res. 2006; 99(4):368–78. https:// doi.org/10.1007/s00436-006-0174-3

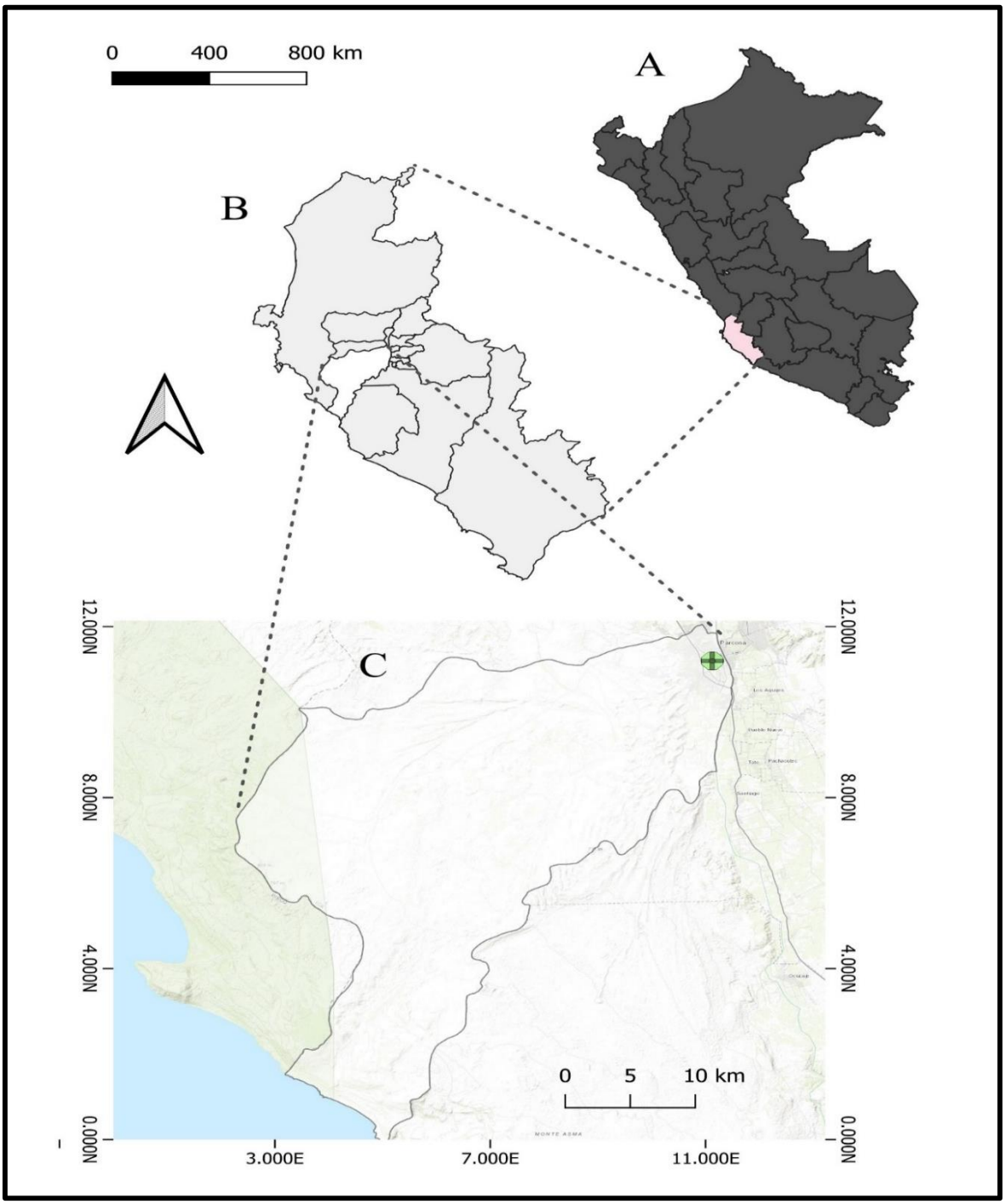
22. Periago MV, Valero MA, El Sayed M, Ashrafi K, El Wakeel A, Mohamed MY, et al. First phenotypic description of *Fasciola hepatica*/*Fasciola gigantica* intermediate forms from the human endemic area of the Nile Delta, Egypt. Infection, Genetics and Evolution. 2008;8(1):51–8. https:// doi.org/10.1016/j.meegid.2007.10.001

23. Mohana Rao Kakita, V., Hosur, R. V.. Mahalanobis distance correlation: A novel approach for quantitating changes in multidimensional NMR spectra in biological applications. J Magn Reson,. 2022;337:107165. https://doi.org/10.1016/j.jmr.2022.107165

VIII. ANEXOS

Anexo 1

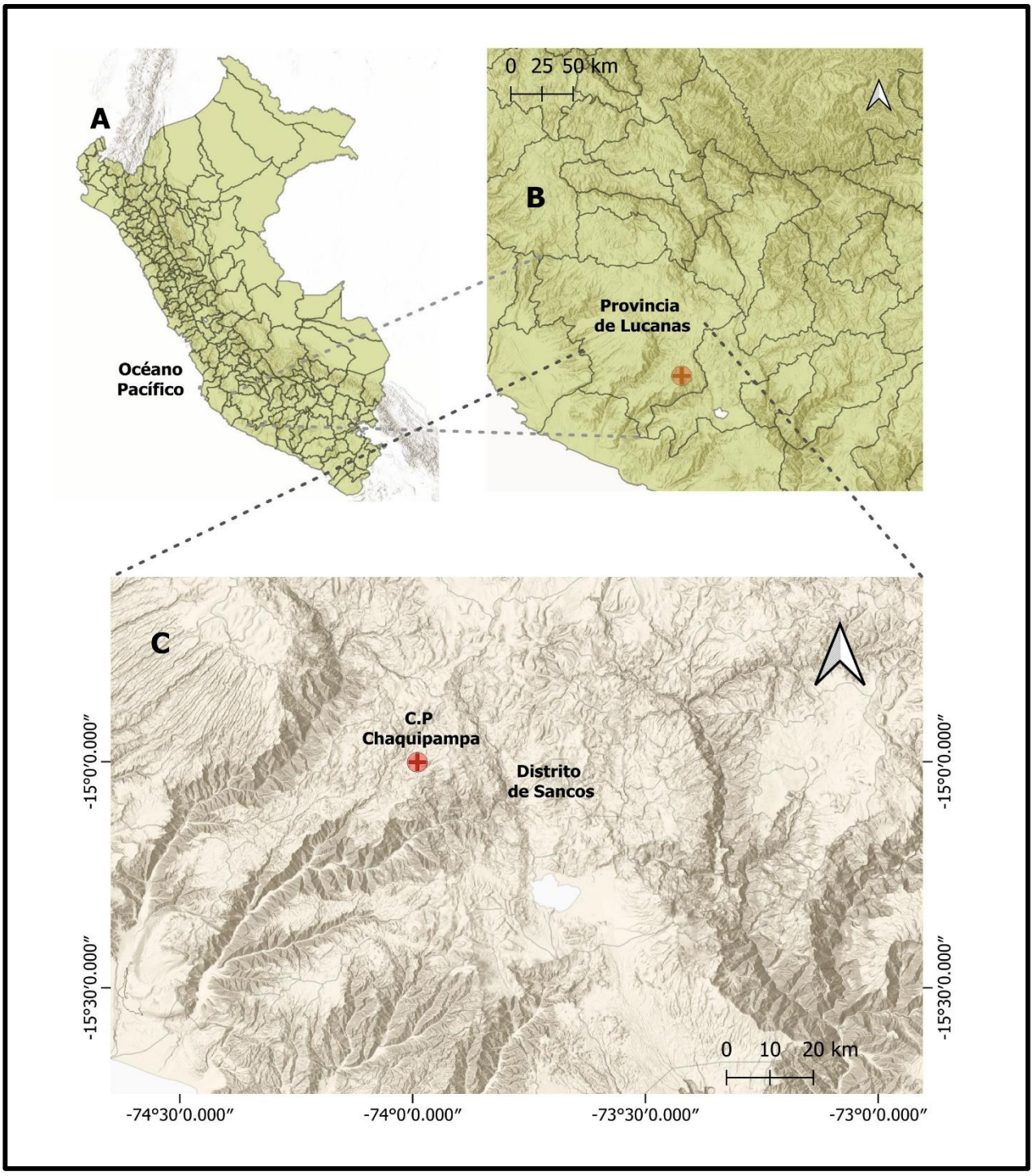
Anexo 1.A



Mapas que muestra ubicación geográfica del matadero municipal de la provincia de Ica, Perú. A) Mapa de Perú; B) Mapa del departamento de Ica; C) Mapa del distrito de Ica y ubicación geográfica del matadero municipal de Ica.

Fuente: Propia del autor.

Anexo 1.B



Mapas que muestra ubicación geográfica de la procedencia del ganado bovino, según fuentes del Matadero Municipal. A) Mapa de Perú; B) Mapa del departamento de Ayacucho; C) Mapa del distrito de Sancos, con georreferencia del centro poblado de Chaquipampa. Fuente: Propia del autor.

Anexo 2

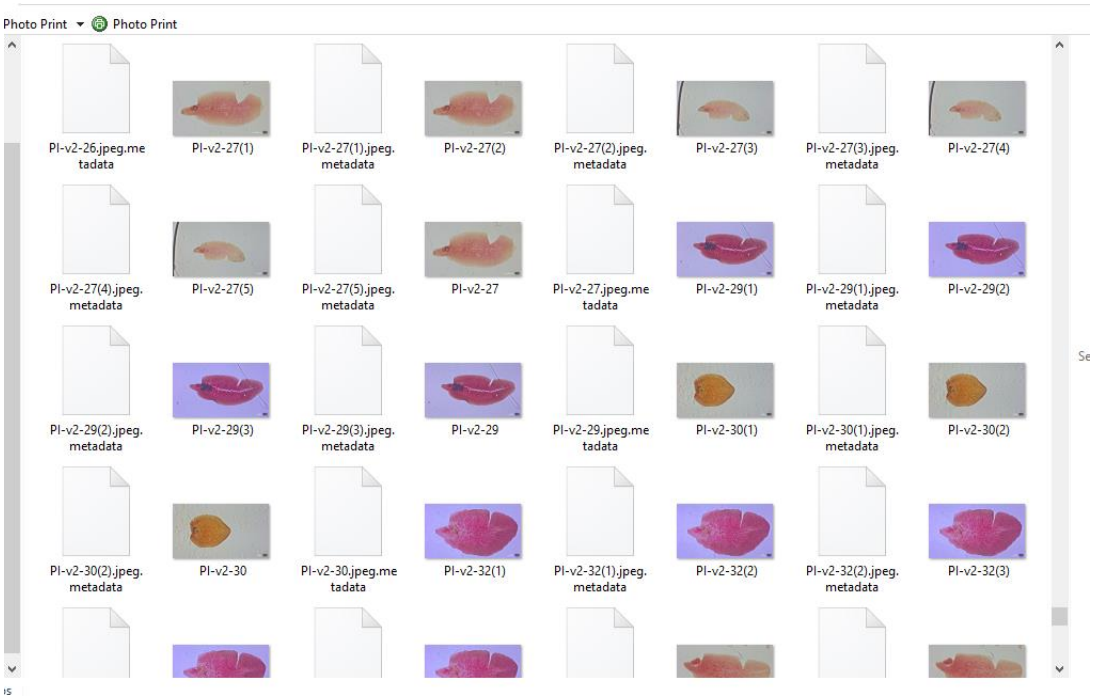


Figura 1. Digitalización de especímenes adultos de *F. hepatica* empleadas en el estudio

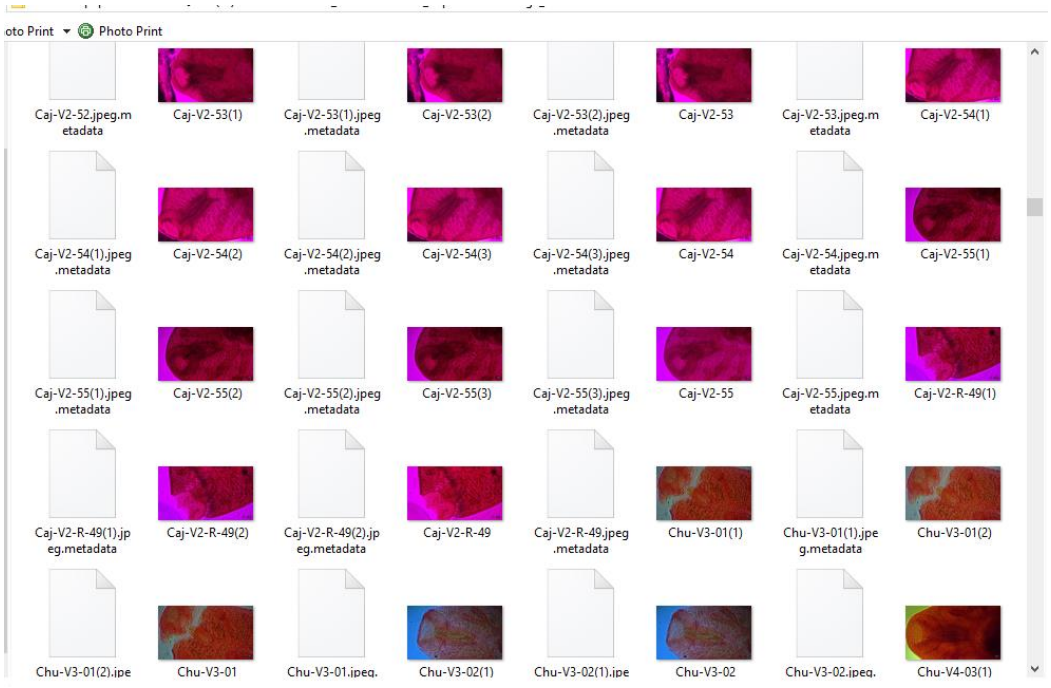
Anexo 3

Digitalizaciones de los especímenes estudiados

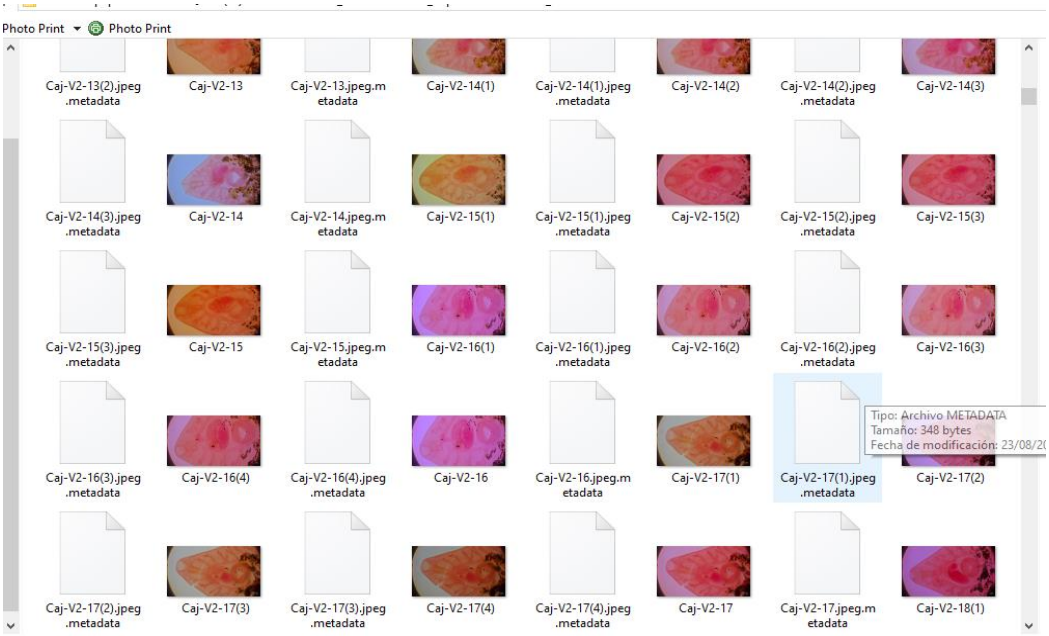
Digitalizaciones sección corporal total



Digitalizaciones sección anterior – mayor aumento



Digitalizaciones sección anterior – menor aumento



Anexo 4

Caracteres biométricos lineales

Medidas antropométricas propuestas para la familia Fasciolidae referentes a los caracteres biométricos lineales de especímenes adultos grávidos.

Ítem	Medidas (mm)	Abreviación
1	Longitud corporal	BL
2	Ancho corporal	BW
3	Longitud del cono	CL
4	Ancho del cono	CW
5	Ancho corporal a nivel del ovario	BWOv
6	Distancia entre el extremo anterior del cuerpo y la ventosa ventral	A-VS
7	Distancia entre la ventosa oral y la ventosa ventral	OS-VS
8	Distancia entre la ventosa ventral y la unión de las glándulas vitelinas	VS-Vit
9	Distancia entre la unión de las glándulas vitelinas y el extremo posterior del cuerpo	Vit-P
10	Distancia entre la ventosa ventral y el extremo posterior del cuerpo	VS-P
11	Diámetro máximo de la ventosa ventral	VS máx
12	Diámetro mínimo de la ventosa ventral	VS min
13	Diámetro máximo de la ventosa oral	OS máx
14	Diámetro mínimo de la ventosa oral	OS min
15	Longitud de la faringe	PhL
16	Ancho de la faringe	PhW
17	Longitud testicular	TL
18	Ancho testicular	TW

Áreas corporales

Medidas antropométricas propuestas para la familia Fasciolidae referentes a las áreas corporales de especímenes adultos grávidos.

Ítem	Medidas (mm)	Abreviación
1	Área corporal	BA
2	Área de la ventosa ventral	AV
3	Área de la ventosa oral	ASO
4	Área de la faringe	AFP
5	Área testicular	TA

Caracteres biométricos de contorno

Medidas antropométricas propuestas para la familia Fasciolidae referentes a los caracteres biométricos de contorno de adultos grávidos.

Ítem	Medidas (mm)	Abreviación
1	Perímetro corporal	BP
2	Perímetro testicular	TP

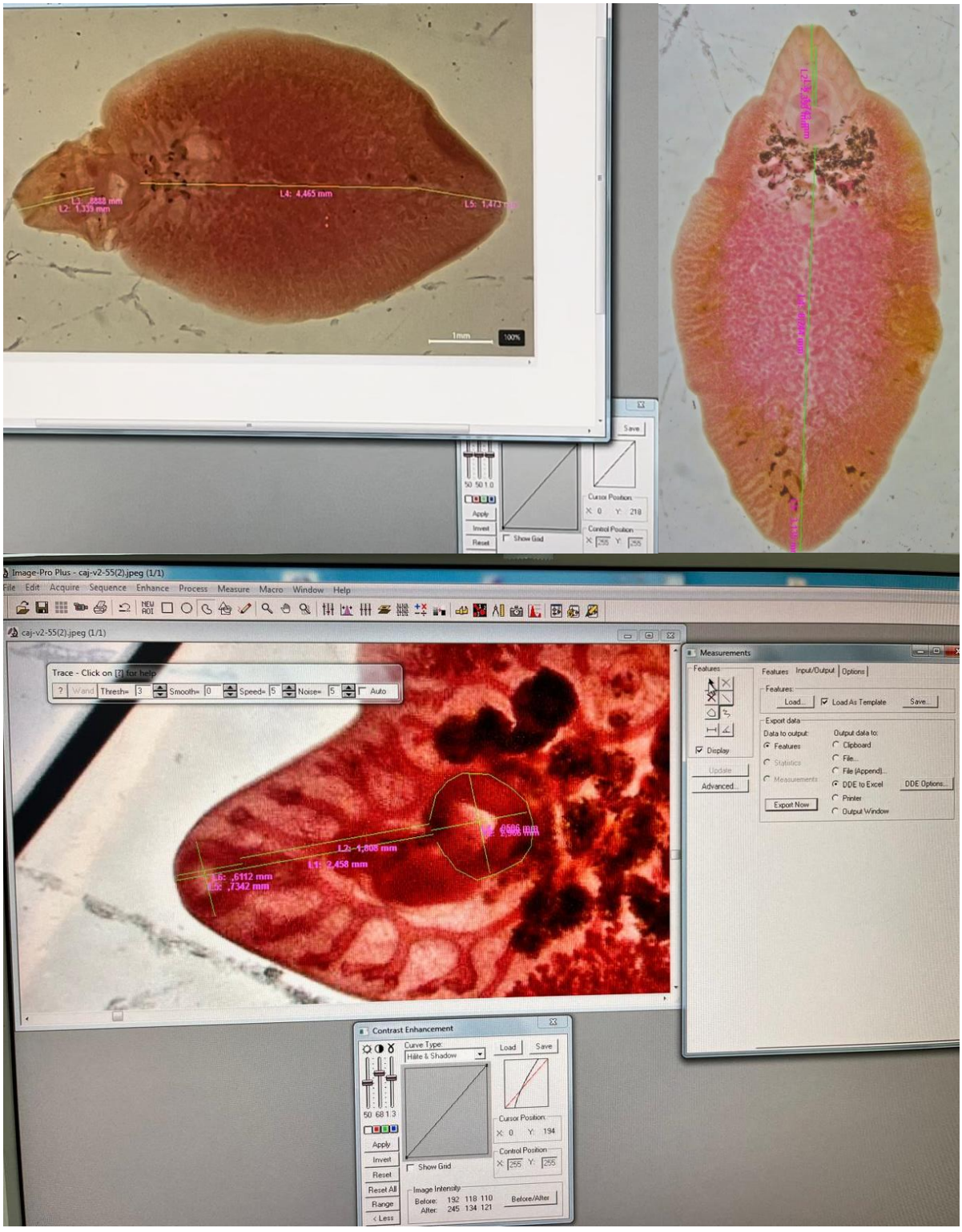
Carácter biométrico de forma y relaciones corporales

Medidas antropométricas propuestas para la familia Fasciolidae referentes al carácter biométrico de forma y relaciones corporales de especímenes adultos grávidos.

Ítem	Medidas (mm)	Abreviación
1	Redondez corporal	BR
2	Relación entre longitud y ancho corporal	BL/AB
3	Relación entre el área de la ventosa oral y la ventosa ventral	ASO/AV
4	Relación entre la longitud corporal y la distancia ventosa ventral–extremo posterior	AB/AB-AP
5	Relación entre el ancho corporal a nivel del ovario y el ancho del cono	

Anexo 5

Obtención de las medidas mediante software ImagePro Plus VS 5.0



Anexo 6

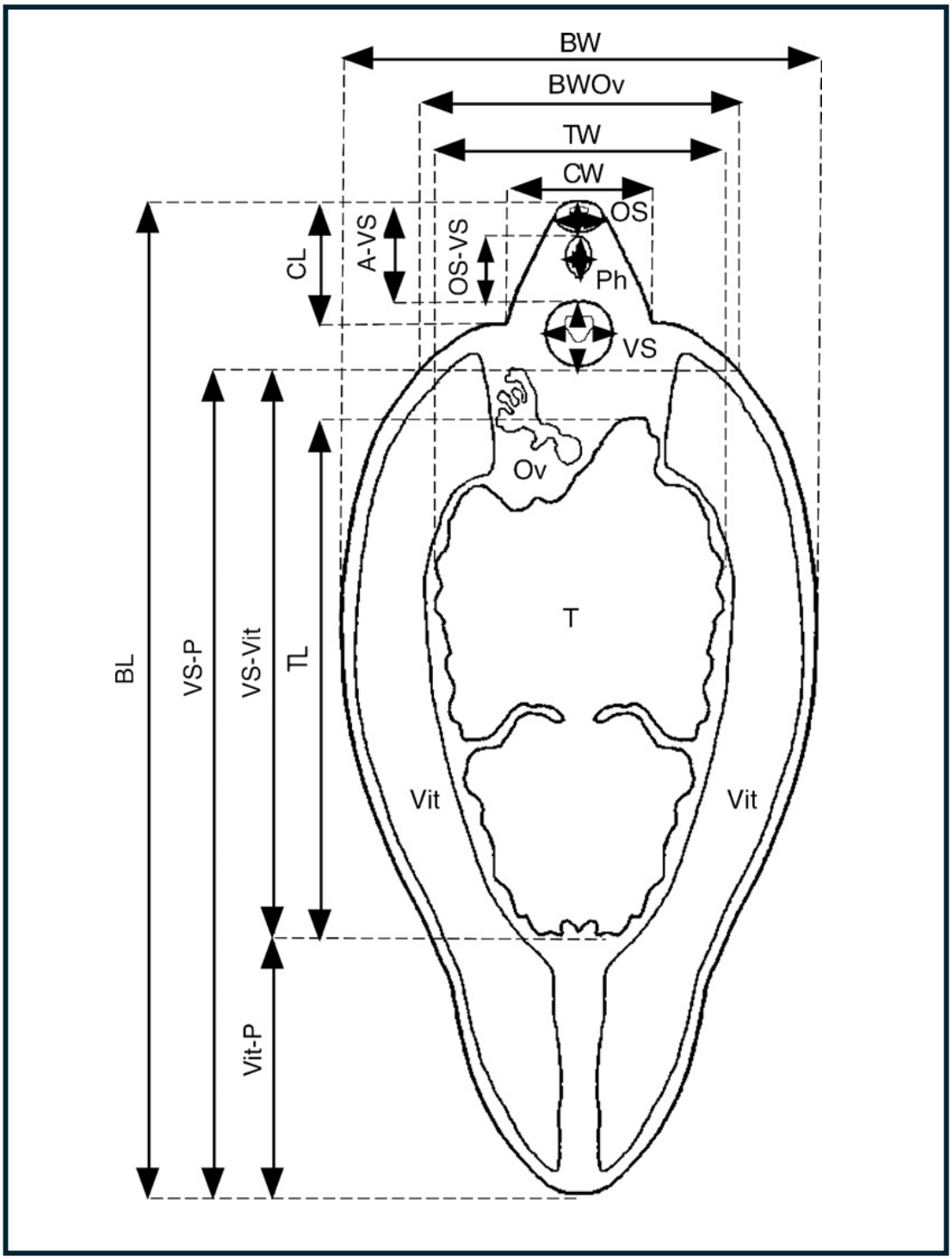
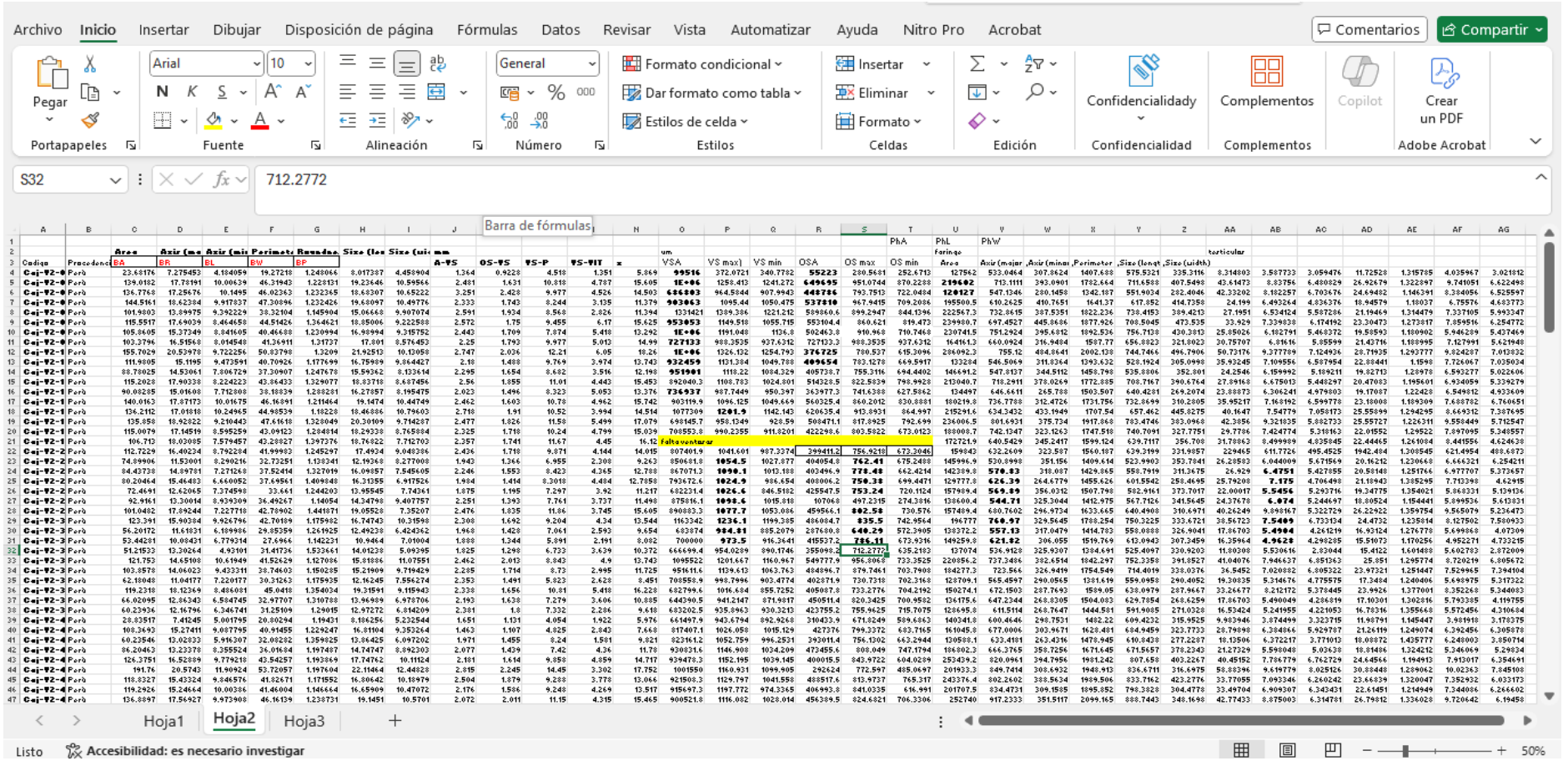


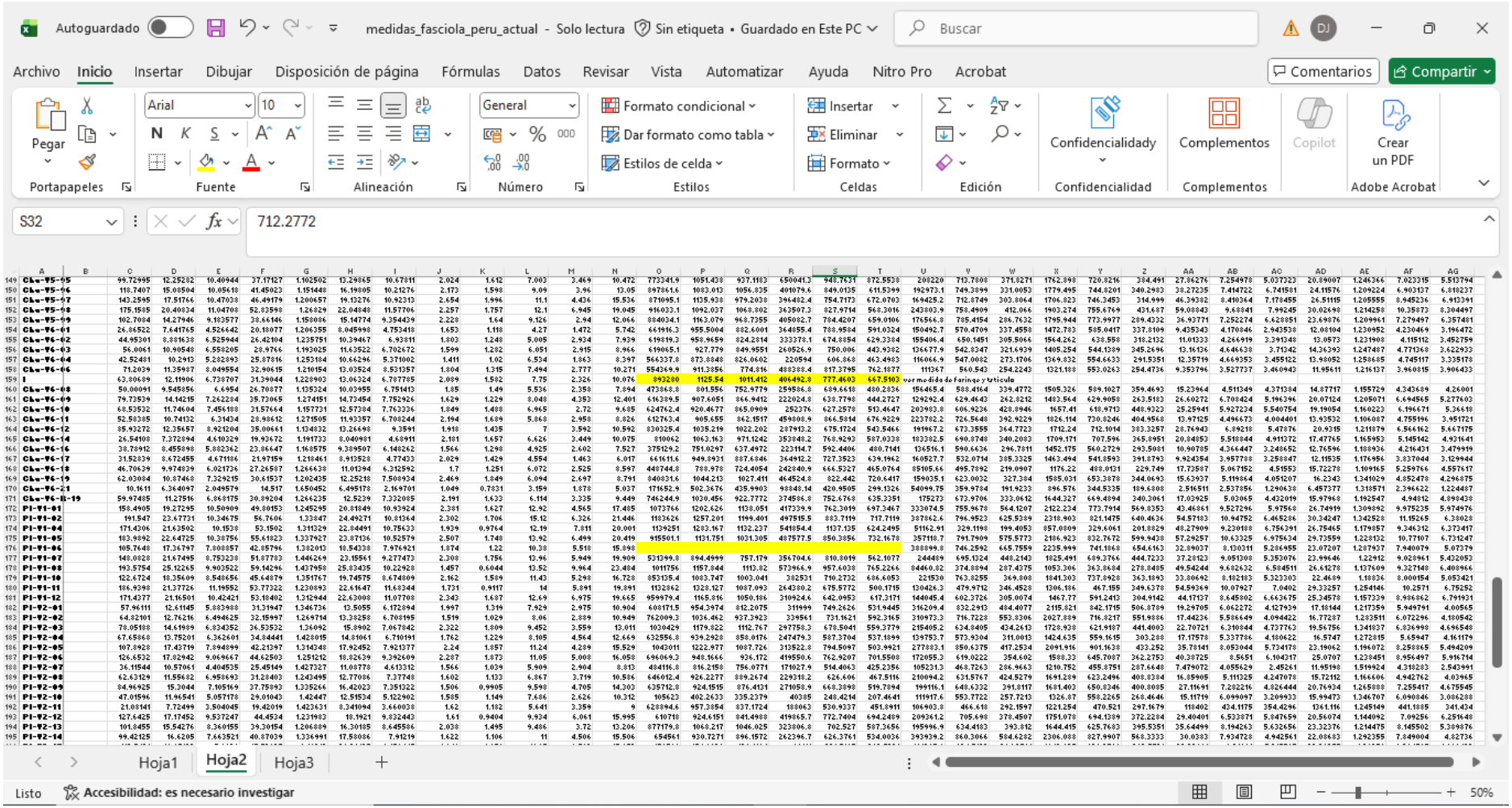
Figura 2. Mediciones estandarizadas en adultos grávidos de *F. hepatica* en plano 2D.

Fuente: Valero et al.

Anexo 7

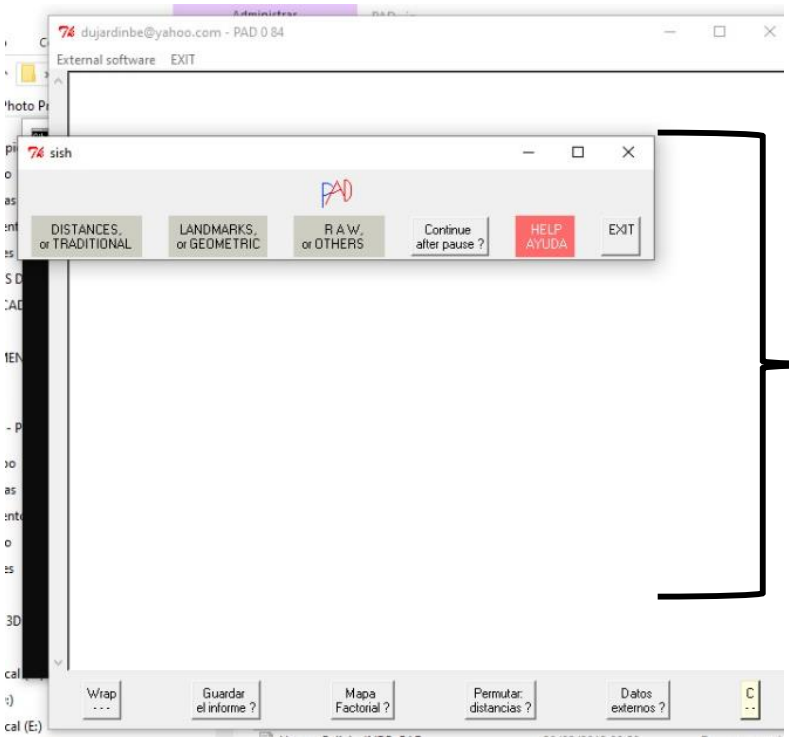
Base de datos para el análisis comparativo




Autoguardado
medidas_fasciola_peru_actual - Solo lectura
Sin etiqueta • Guardado en Este PC
Buscar
Archivo
Inicio
Insertar
Dibujar
Disposición de página
Fórmulas
Datos
Revisar
Vista
Automatizar
Ayuda
Nitro Pro
Acrobat
Comentarios
Compartir
Pegar
Portapapeles
Arial
10
Fuente
Alineación
General
Número
Formato condicional
Dar formato como tabla
Estilos de celda
Estilos
Insertar
Eliminar
Formato
Celdas
Edición
Confidencialidady
Confidencialidad
Complementos
Copilot
Crear un PDF
Adobe Acrobat
S32
712.2772
Hoja1
Hoja2
Hoja3
Listo
Accesibilidad: es necesario investigar
50%

Anexo 8

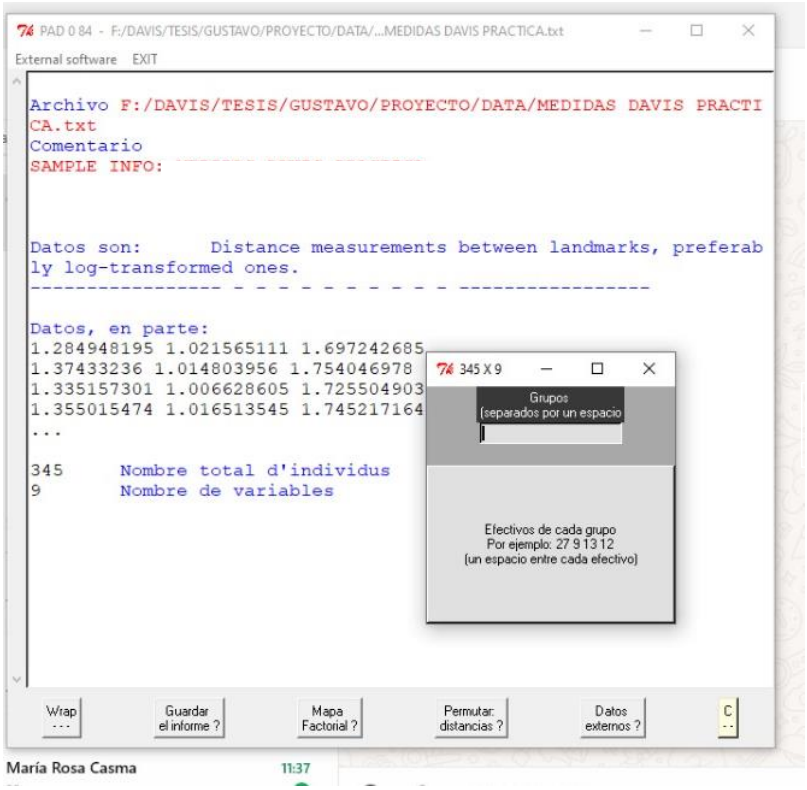
Distancias de Mahalanobis



1

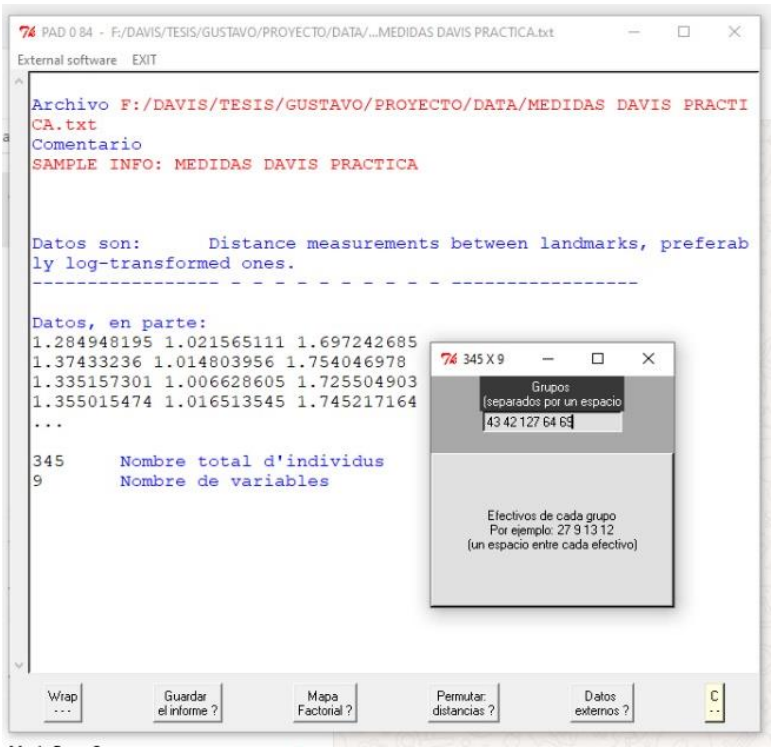
Apertura del programa PAD win 98

Interfaz del software PAD win 98



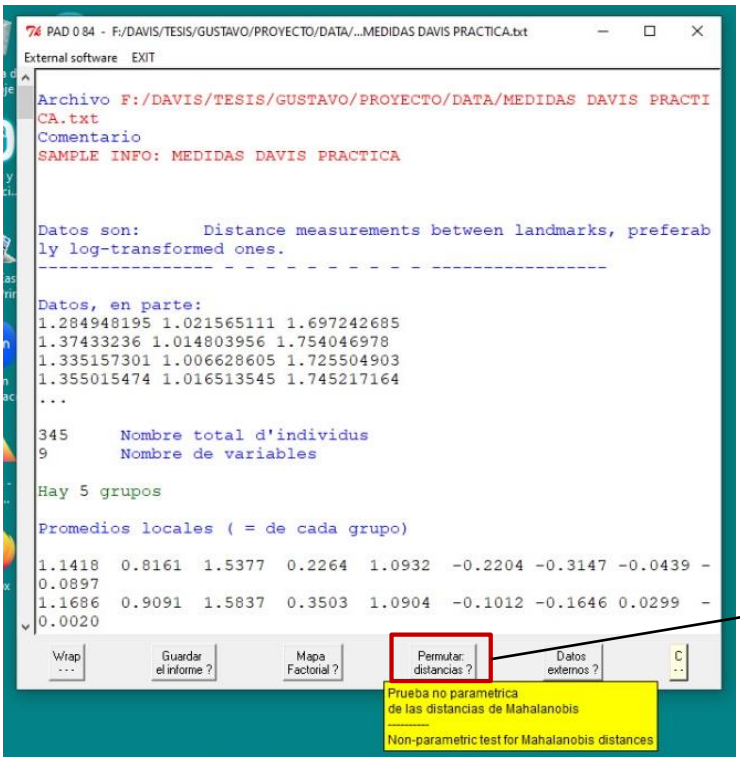
2

Cargar documento con medidas para el análisis



3

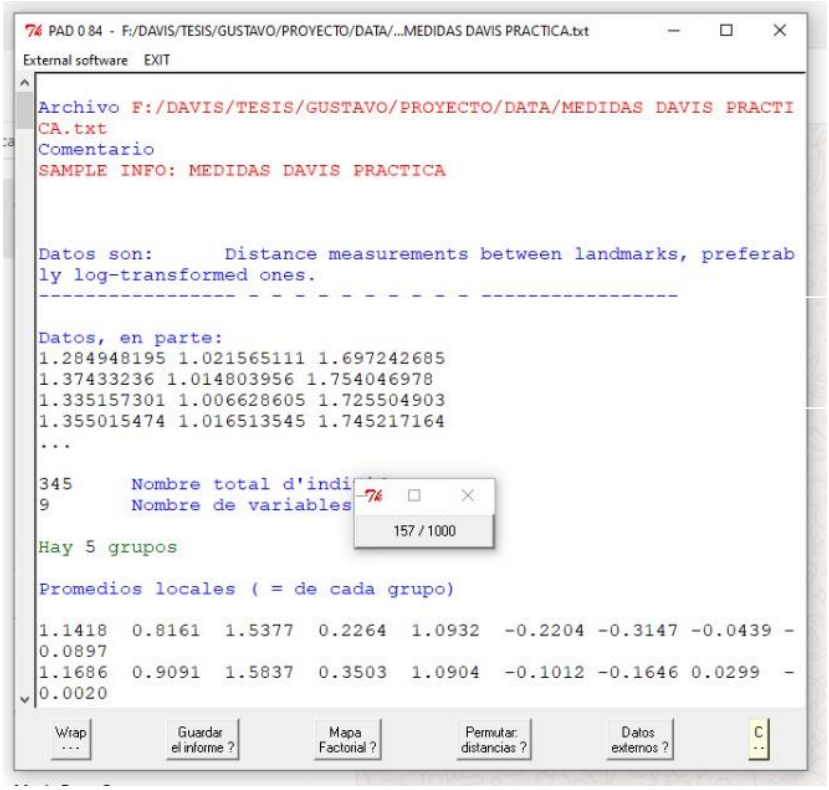
Delimitar tamaño de las poblaciones estudiadas



4

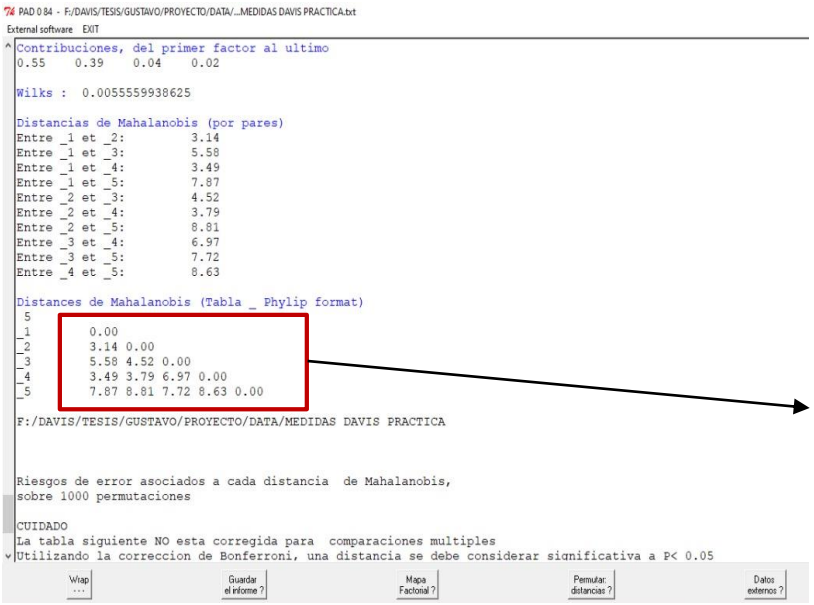
Primer resultado de la interfaz

Permutar 1000 distancias



5

Procesamiento de las permutaciones



6

Resultado Final

Distancias de Mahalanobis de las poblaciones estudiadas