



Distribución actualizada de limneidos vectores de *Fasciola hepatica* e índice cercárico en la región Arequipa, Perú

Ayaqui, R.^{1*} ; Ticona, J.¹ ; Condo, R.¹ ; Ruelas-Llerena, N.¹ ; Pointier, J.P.²

¹Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Santa Catalina 117, Arequipa 04001, Perú. ²PSL Research University, USR 3278 CNRS-EPHE, CRIODE Université de Perpignan, Perpignan, France.
 rayaqui@unsa.edu.pe

Resumen

La fasciolosis es una zoonosis causada por *Fasciola hepatica*, de amplia distribución en el Perú y particularmente endémica en Arequipa. En esta región, los reportes de limneidos son escasos. Se realizó el estudio en la región Arequipa, con el objetivo de identificar los limneidos vectores de *F. hepatica*, su distribución de acuerdo con la región natural y el índice cercárico (IC). Se colectaron limneidos, de forma manual en acequias, bofedales o lugares húmedos, reconocidos por su tamaño pequeño y su conchilla dextrógira. Una parte (10-25 caracoles) fue introducida en agua a 70 °C por 30-40 segundos. Posteriormente, se extrajo el cuerpo blando de la conchilla y esta fue fijada en etanol 70%. La identificación taxonómica basada en caracteres morfológicos de las partes blandas y conchilla fue realizada en el Centre de Recherches insulaires et observatoire de L'environnement (CRIODE), Université de Perpignan, Francia. Las localidades se clasificaron según región natural: costa (hasta 2.000 m s. n. m.) y sierra (sobre 2.000 m s. n. m.). Los limneidos vivos fueron examinados por aplastamiento en microscopio compuesto. El criterio de positividad fue la observación de redias y cercarias compatibles con *F. hepatica*. Se detectaron nuevas áreas de distribución de limneidos. Las especies identificadas en la costa fueron *Galba cubensis* vector primario en las provincias de Caravelí, Camaná, Islay y Arequipa; *Pseudosuccinea columella* vector potencial en Caravelí y *G. schirazensis* en Santa Rita de Siguas. En la sierra se identificó a *G. truncatula* como vector primario en las provincias de Caylloma, La Unión, Castilla, Condesuyos y Arequipa. Los índices cercáricos en general fueron bajos con 0,63% para la región Arequipa y por localidades con vectores positivos distribuidos en la costa (*G. cubensis*) 2,13% en Vítor; y en la sierra (*G. truncatula*) en Huanca 1,20%, Achoma 1,61%, Maca 2,63% y Taurisma 2,78%.

Palabras clave: Localización geográfica, Lymnaeidae, vector, infección, larvas.

Distribution of lymneids and cercaric index of *Fasciola hepatica* in the Arequipa Region, Peru

Abstract. Fasciolosis is a zoonotic disease caused by *Fasciola hepatica*, which is widely distributed in Peru and considered highly endemic in the Arequipa region. Despite this, records of lymnaeid snails in the area remain limited. This study aimed to identify lymnaeid vectors of *F. hepatica* and to determine their distribution across natural regions, along with their corresponding cercarial index (CI). Lymnaeid snails were manually collected from irrigation canals, wetlands, and other humid environments, identified by their small size and dextral coiling shell. A subset of 10–25 snails was immersed in water at 70°C for 30–40 seconds to facilitate soft tissue extraction. The soft bodies were then removed from the shells and preserved in 70% ethanol. Taxonomic identification was conducted at the Centre de Recherches insulaires et observatoire de L'environnement (CRIODE), Université de Perpignan, France, based on morphological characteristics of the shell and soft body parts. Sampling locations were categorized according to natural regions: coast (≤ 2000 m.a.s.l.) and highlands (> 2000 m.a.s.l.). Live lymnaeids were examined by compression under a compound microscope (40X and 100X magnification). The criterion for positivity was the presence of rediae and cercariae of *F. hepatica*. New distribution areas of lymnaeid snails were identified. On the coast, the species detected included *Galba cubensis* (primary vector) in the provinces of Caravelí, Camaná, Islay,

and Arequipa; *Pseudosuccinea columella* (potential vector) in Caravelí; and *G. schirazensis* in Santa Rita de Siguas. In the highlands, *G. truncatula* was identified as the primary vector in the provinces of Caylloma, La Unión, Castilla, Condesuyos, and Arequipa. Cercarial indices were generally low, averaging 0.63% for the Arequipa region. In localities with positive vectors, the distribution was as follows: on the coast, *G. cubensis* in Vítor showed a CI of 2.13%; in the highlands, *G. truncatula* exhibited CI values of 1.20% in Huanca, 1.61% in Achoma, 2.63% in Maca, and 2.78% in Taurisma.

Key words: Geographic location, Lymnaeidae, vector, infection, larvae.

INTRODUCCIÓN

La zoonosis causada por *Fasciola hepatica* (Linnaeus 1758) es un importante problema de salud pública y veterinaria, de amplia distribución en el Perú, endémica de Arequipa; con una prevalencia de la fasciolosis bovina moderada de 34,4%, siendo las localidades altoandinas las que presentan las cifras más altas, por encima de 50%, lo que afecta el desarrollo pecuario de la región (Ayaqui et al. 2024). En algunas localidades se presentan casos de fasciolosis humana, principalmente en niños (Fundacionio 2020); siendo considerada una enfermedad zoonótica emergente, por el aumento de casos (Jara-Campos et al. 2019). El hombre adquiere fasciolosis a través de la ingestión de berros o lechugas; mientras que los animales herbívoros por ingestión de pastos, berros y/o alfalfa y en ambos casos por la ingestión de agua contaminada con metacercarias (Manrique y Cuadros 2002).

Un eslabón importante en el ciclo de vida de *F. hepatica* es el hospedero intermediario, un molusco o vector altamente susceptible. Son caracoles de la familia Lymnaeidae, con una gran capacidad de propagación relacionada con el movimiento de animales y humanos, el cambio climático y las modificaciones antropogénicas de los ambientes de agua dulce (Bardales-Valdivia et al. 2021). La transmisión de *F. hepatica* depende de la adaptación del limneido a las diferentes zonas ganaderas, asociada a la presencia de factores ambientales acuáticos favorables (Mas-Coma et al. 2009). Así, *Galba truncatula* (Müller 1774) infectada presenta una mayor capacidad de supervivencia, que favorece la transmisión principalmente en zonas altoandinas (Mas-Coma et al. 2001), en las cuales la fasciolosis animal presenta altas cifras de infección, en el ganado bovino, ovino, equino, porcino y así como en camélidos sudamericanos (Manrique y Cuadros 2002, Ayaqui et al. 2024).

La presencia de limneidos en el Perú fue documentada en diferentes localidades y fueron identificados por características conquiológicas y morfometría del aparato genital y rádula. Se identificó a *Pectinidens diaphanus* (King y Broderip 1832), *G. viator* (d'Orbigny 1835) [antes *Fossaria viatrix*], *G. cousinsi* (Jousseaume, 1887) [antes *Lymnaea cousinsi*] y *Pseudosuccinea columella* (Say, 1817) (Larrea et al. 1993). Sin embargo, por estudios del DNAr, se han identificado y validado para el Perú a *G. cubensis* (Alda et al. 2018), *G. truncatula* (Bargues et al. 2012, Ayaqui 2017, Alda et al. 2018), *G. neotropica* (Bargues et al. 2012), *G. schirazensis* (Alda et al. 2018) y *P. columella* (Ayaqui 2017, Bardales-Valdivia et al. 2021). En el Perú,

uno de los estudios más amplios sobre limneidos es el realizado en un transecto desde los 2.007 a 3.473 m s. n. m. en Cajamarca, donde se encontró *G. truncatula*, *P. columella* y *G. schirazensis*, resaltando la utilidad de los resultados para delimitar las áreas endémicas y la importancia de las especies frente a la infección por *F. hepatica* (Bardales-Valdivia et al. 2021).

Los estudios sobre los hospederos intermediarios en la región Arequipa son escasos a pesar de su importancia, porque *F. hepatica* tiene alta especificidad parasitaria y eficiencia para colonizar su hospedero intermediario molusco (Pointier et al. 2006). Por ello, se requiere un conocimiento preciso y profundo de todos los hospederos involucrados para comprender la dinámica epidemiológica de la *F. hepatica* (Bardales-Valdivia et al. 2021). Un indicador epidemiológico clave es el índice cercárico (IC), que cuantifica la proporción de limneidos infectados con estadios larvarios de *F. hepatica* (redias o cercarias) respecto al total examinado (Vázquez et al. 2015). Este parámetro refleja tanto la susceptibilidad de los limneidos a la infección como su capacidad vectorial en la transmisión de la fasciolosis (Bargues et al. 2020). De la región Arequipa, solo se conoce el IC de las localidades de Uchumayo de 6,1% en *G. truncatula* (Ayaqui 2017) y de Huanca de 7,2% en *Galba* sp. (Chávez-Arce y Zumarán 2021); por tal razón, se realizó el estudio con el objetivo de identificar los limneidos vectores de *F. hepatica*, su distribución por región natural (costa y sierra) y el índice cercárico (IC); con la finalidad de evaluar el estado epidemiológico de la infección por *F. hepatica* en poblaciones de limneidos y su asociación con áreas de riesgo para fasciolosis animal y humana, detectando otras zonas de transmisión; estos datos servirán de base para el diseño de un programa de control en áreas endémicas y con alto riesgo de infección, para disminuir las pérdidas y favorecer el desarrollo de la ganadería o controlar la fasciolosis humana en Arequipa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar del estudio. La región Arequipa se ubica en la parte Sur Occidental del Perú, entre las coordenadas: 70°48'15" a 70°05'52" de longitud oeste y 14°36'06" a 17°17'54" de latitud sur. Limita por el este con Moquegua y Puno, por el oeste con el Océano Pacífico, por el norte con Ica, Ayacucho, Cusco y Apurímac. Políticamente está constituida por ocho provincias: Islay, Camaná, Caravelí, Arequipa, Castilla, Caylloma, Condesuyos y La Unión. Integra dos regiones naturales: costa y sierra, con variado aspecto físico por su irregular topografía determinada

por la Cordillera Occidental y los ramales que de ella se desprenden; así como los majestuosos cerros nevados o volcanes que se elevan aisladamente (Pichupichu, Misti y Chachani en Arequipa; Ampato y Cotallaulli en Caylloma; Coropuna y Solimana en Condesuyos) y las extensas pampas arenosas de la costa, donde hay mesetas de poca altitud, por debajo de los 2.000 m s. n. m. Las unidades geográficas de la costa están ubicadas en las provincias de Camaná, Islay, Caravelí y parte de Arequipa; mientras que en la sierra están las provincias de Arequipa, Castilla, Condesuyos y La Unión; destacando las formaciones territoriales de sierra (colinas, montañas y altiplanicie), que abarcan el 60% del área territorial (GRA 2016).

La región Arequipa cuenta con una diversidad climatológica, de acuerdo con las regiones naturales, la costa de Arequipa tiene un clima templado y cálido con temperaturas entre 12 °C a 29 °C, con lloviznas menudas de 0 a 50 mm, siendo dominantes los vientos alisios. En la sierra, el clima es seco, varía según la altitud entre cálido, templado y frío intenso, la temperatura promedio es de 14 °C y tiene precipitaciones pluviales en los meses de diciembre a marzo, con frecuentes heladas con hielo y granizo (GRA 2016). El sistema productivo de cultivos de la región Arequipa, cuenta con una superficie agrícola total de 63.345,4 km² y está bajo riego en las principales cuencas de Tambo, Acarí, Yauca, Ocoña, Chaparra y destacan las cuencas de Quilca-Vítor-Chili (44.074,77 ha) y Camaná (40.222,69 ha); ambas representan el 65,9% del total de superficie agrícola bajo riego en el departamento (GRA 2016).

Diseño del estudio

Es un estudio de tipo transversal y descriptivo (Supo 2020). Se colectaron moluscos limneidos en los ambientes naturales acuosos de la región Arequipa, para su identificación morfológica y análisis en laboratorio.

Colecta e identificación de limneidos. Las colectas se realizaron en noviembre del 2021 en las provincias de Arequipa, Caylloma, Castilla, Condesuyos, Camaná e Islay; el mismo mes del 2022, en La Unión y Caravelí y en las localidades de Caylloma (mayo) y Huanca (agosto) en el 2023. La búsqueda de los caracoles limneidos se realizó en los charcos de agua, en las riberas de los ríos, acequias, estanques y bofedales; la recolección se hizo en forma manual por 25-30 minutos por punto de colecta, teniendo en cuenta las características de la familia Lymnaeidae, las cuales son: la concha dextrógira y el tamaño pequeño. Los caracoles fueron colocados en recipientes con algodón húmedo y respiraderos (Ayaqui 2017), codificados por localidad y punto de colecta de acuerdo a las coordenadas geográficas.

Fijación e identificación morfológica de especies de limneidos y distribución. De cada colecta de caracoles, entre 10 a 25 ejemplares fueron lavados en un colador y luego introducidos en agua a 70 °C por 30-40 segundos para su relajación y muerte. Seguidamente, se colocaron en agua fría y se procedió a separar el cuerpo de la conchilla con la ayuda de estiletes finos, para ser colocados y fijados

en tubos de polipropileno de 15 ml con etanol 70%, con la identificación respectiva, cambiando el etanol a las 24 horas (Pointier et al. 2006). Todo el material biológico fue llevado al laboratorio de parasitología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA) y los limneidos fijados, fueron llevados al Centre de Recherches insulaires et observatoire de L'environnement (CRIODE) de la Université de Perpignan Via Domitia de Francia, para la identificación taxonómica por las características morfológicas de la conchilla y del aparato reproductor masculino, siguiendo una clave de identificación (Pointier y Vázquez 2020). Para la distribución de limneidos por regiones naturales, se consideró costa hasta los 2.000 m s. n. m. y sierra sobre los 2.000 m s. n. m.

Determinación del índice cercárico (IC). Los caracoles fueron examinados en los laboratorios de la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA), después del aplastamiento en placas de Petri; para esto se colocó una gota de suero fisiológico, luego el caracol se aplastó con la ayuda de pinzas de punta fina y se observó al microscopio compuesto con objetivos de 4X y 10X; siendo el criterio de positividad la presencia de redias y/o cercarias gimnócéfalas compatibles con *F. hepatica*.

Aspectos éticos. Esta investigación es parte del proyecto “Índices epidemiológicos de la fasciolosis y taxonomía morfo-molecular de limneidos de algunas localidades de la región Arequipa”, que fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Ética de la Facultad de Medicina de la UNSA, con el N° 023 CIEI/UI/FM/UNSA. Para la colecta de limneidos, con fines de investigación científica de fauna silvestre, se obtuvo autorización con el Código N° AUT-IFS-2021-044, del Servicio Nacional Forestal y De Fauna Silvestre (SERFOR) y la autorización de exportación de fauna silvestre con el permiso N° 003924 – SERFOR. Además, se depositaron 10 ejemplares fijados por punto de colecta, en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, según constancia de depósito N° 022-2023-MUSA.

Análisis estadístico. Los datos de las colectas y los resultados obtenidos fueron organizados en Excel v 2016. El índice cercárico (IC) se calculó según metodología estandarizada (Vázquez et al. 2015), mediante la fórmula:

$$IC = (N^{\circ} \text{ de limneidos positivos a estadios larvarios} / N^{\circ} \text{ total examinado}) \times 100$$

Se consideraron como positivos los ejemplares con redias o cercarias de *F. hepatica* identificadas por microscopía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alta prevalencia de fasciolosis bovina en localidades altoandinas (Ayaqui et al. 2024) y los casos humanos documentados en Arequipa (n = 140; Fundacionio 2020) están directamente asociados a la presencia de poblaciones de gasterópodos limneidos competentes como hospederos intermedios de *F. hepatica*. Sin embargo, los estudios sobre la distribución y estado de infección de estos vectores

en la región son limitados (Ayaqui 2017, Alda et al. 2018). Este estudio caracterizó la diversidad de limneidos en Arequipa mediante muestreos estratificados por altitud

(costa hasta 2.000 m s. n. m. y sierra sobre 2.000 m s. n. m.), evaluando su papel en la transmisión mediante el índice cercárico.

Tabla 1. Especies de limneidos, según provincia, localidad, ubicación geográfica y altitud en la región de la costa de Arequipa.

Provincia/Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Especie
AREQUIPA				
La Joya	-16.4755	-71.8196111	1570.2	<i>G. truncatula</i>
Santa Rita De Siguanas1	-16.3429444	-72.1281944	1268.5	<i>G. cubensis</i>
Santa Rita De Siguanas2	-16.4662139	-72.0483111	1374.7	<i>G. schirazensis</i>
San Juan De Siguanas	-16.3426944	-72.1286667	1268.5	<i>G. cubensis</i>
Vítor	-16.4608194	-71.9235333	1183.2	<i>G. cubensis*</i>
Vítor La Caleta	-16.4608833	-71.8962944	1209.3	<i>G. cubensis</i>
Vítor	-16.460025	-71.9268417	1179.0	<i>G. truncatula</i>
ISLAY				
Mollendo 1	-17.0275722	-72.0011861	75.6	<i>G. cubensis</i>
CAMANÁ				
Ocoña	-16.414375	-73.110975	21.3	<i>G. cubensis</i>
Camaná	-16.5591889	-72.7231444	53.9	<i>G. cubensis</i>
CARAVELÍ				
Acarí-Chocavento	-15.4263	-74.613734	166.8	<i>G. cubensis</i>
Chaparra	-15.8361389	-74.0433611	573.9	<i>G. cubensis</i>
Caravelí-Anchaqui	-15.7505833	-73.3753056	1819.6	<i>P. columella</i>

*Positivos a larvas de *F. hepatica*

La colecta de los limneidos se realizó siguiendo los protocolos estandarizados (Ayaqui 2017), abarcando una amplia distribución geográfica que incluyó múltiples localidades con variaciones altitudinales significativas (Tabla 1). Esta forma de colecta de los limneidos difiere con lo realizado en Cajamarca (Bardales-Valdivia et al. 2021), donde la recolección de limneidos fue mediante transectos, porque la zona es tropical con abundante vegetación y fuentes de agua; a diferencia de la región Arequipa, que es de características topográficas y clima diferente, cálido en la costa y frío y seco en la sierra; solo en los valles se presenta humedad y fuentes de agua aptas para la colecta del vector (GRA 2016). En las localidades evaluadas, se observó que los sistemas tradicionales de acequias han sido reemplazados por canales de regadío construidos con material noble, caracterizados por un flujo rápido de agua. Estas condiciones limitan la permanencia y desarrollo de limneidos ya que la ausencia de acumulaciones de agua reduce los sitios potenciales de cría.

La identificación de los limneidos en el presente estudio se basó en caracteres morfológicos. Si bien se sabe que las especies crípticas de Lymnaeidae presentan dificultades para la diferenciación morfológica (Alda et al. 2018), el trabajo se apoyó en conocimientos taxonómicos especializados (Pointier y Vázquez 2020) y un análisis minucioso de los caracteres diagnósticos. La delimitación definitiva de las especies requeriría enfoques taxonómicos moleculares sobre el material biológico

preservado, que permanece disponible para dichos análisis complementarios.

En la región de la costa (hasta los 2.000 m s. n. m.) se ha encontrado una amplia diversidad de limneidos (Tabla 1), siendo *G. cubensis* la especie identificada en nueve localidades de las provincias de Arequipa, Islay, Camaná y Caravelí, con una amplia distribución, desde los 21,3 m s. n. m. (Ocoña) hasta los 1.520 m s. n. m. (La Joya). *G. cubensis* sería el vector principal o primario en la transmisión de *F. hepatica* en la región natural de la costa y coincide su presencia en otro lugar de la costa como Lurín (Alda et al. 2018). Es importante mencionar que en otros países como Cuba (Vázquez et al. 2009) y República Dominicana (De Vargas et al. 2019), es el vector principal; mientras que en Ecuador su introducción es reciente y probable es que tiene un rol secundario en la transmisión de fasciolosis, donde el vector principal es *G. coussini* (Celi-Erazo et al. 2020, Ríos-Granizo et al. 2021), así como en Colombia (Pereira et al. 2020). Su distribución en América es amplia abarcando Estados Unidos, Cuba, República Dominicana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Argentina y Brasil (Alda et al. 2021). Otra especie identificada fue *G. truncatula* colectada en las localidades Vítor y La Joya; lo más probable, es que su origen sea de zonas altoandinas de la campiña de Arequipa, donde ha sido identificada por estudios del ADN (Ayaqui 2017). Su importancia en estas localidades sería como vector secundario de la fasciolosis, tal como se presenta en Colombia (Pereira et

al. 2020). La tercera especie identificada fue *P. columella*, solamente en la localidad de Caravelí, la cual no presentó larvas de *F. hepatica*, en su análisis por aplastamiento. Se amplía su distribución, con lo informado de su presencia en la localidad de Yura (Ayaqui 2017) y su rol sería como vector potencial. De hecho, se sabe que esta especie está en expansión en América Latina y en algunos países asume el rol de vector secundario como en Brasil (Coelho y Lima 2003). Es importante tener en cuenta para su colecta y primera identificación en campo, que esta especie habita aguas corrientes; la conchilla presenta esculturas espirales y axiales, un ápice puntiagudo y 3-4 vueltas, siendo la última más amplia (Pointier y Vázquez 2020). Finalmente, se encontró a *G. schirazensis* en Santa Rita de Siguas, ampliando su distribución en la región, por su presencia en la localidad de La Joya (Alda et al. 2018). *G. schirazensis* se distribuye en Estados Unidos, México, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Alda et al. 2021) y su distribución está en expansión. *G. schirazensis* ha mostrado resultados

contradictorios en su capacidad como vector: mientras en Chimborazo (Ecuador) se reportó ausencia de infección natural (Celi-Erazo et al. 2020), en Pichincha (Ecuador) se detectaron positivos 1,75% por aplastamiento y 6% por PCR (Caron et al. 2017). Esta variabilidad geográfica sugiere que su competencia vectorial podría depender de factores como: i) cepa parasitaria, especificidad local de *F. hepatica* (Vázquez et al. 2019), ii) condiciones eco-epidemiológicas, altitud, temperatura y humedad (Bargues et al. 2020) y iii) interacción molecular parásito-hospedero, eficiencia del sistema inmune del limneido (Alba et al. 2022). Por lo tanto, su papel en la transmisión requiere más estudios experimentales que evalúen la susceptibilidad bajo condiciones controladas. Por otro lado, la coexistencia de más de una especie transmisora de *F. hepatica* y los movimientos de ganado dentro de la zona, configuran un escenario complejo, con dificultades para actividades de control (Bardales-Valdivia et al. 2021).

Tabla 2. Especies de Lymnaeidae, según provincia, localidad, ubicación geográfica y altitud de la región natural de la sierra de Arequipa.

Provincia/Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Especie
CAYLLOMA				
Caylloma	-15.2063889	-71.6891111	4289.8	<i>G. truncatula</i>
Canocota	-15.5618074	-71.56266	3754.5	<i>G. truncatula</i>
Achoma	-15.6592253	-71.691448	3444.0	<i>G. truncatula</i> *
Maca	-15.6426069	-71.7545925	3274.5	<i>G. truncatula</i>
Cabanaconde	-15.624386	-71.974075	3294.5	<i>G. truncatula</i>
Huambo 1	-15.72464	-72.108217	3270.4	<i>G. truncatula</i>
Huambo 2	-15.74567	-72.10567	3383.3	<i>G. truncatula</i>
Yanque	-15.6520194	-71.6643528	3409.1	<i>G. truncatula</i>
Huanca 1	-16.0313333	-71.875	3085.5	<i>G. truncatula</i> *
Huanca 2	-16.030313	-71.875032	3096.8	<i>G. truncatula</i>
Huanca 3	-16.03725	-71.8733333	2973.0	<i>G. truncatula</i>
LA UNIÓN				
Mungui 3	-15.1835671	-72.9026593	2543.5	<i>G. truncatula</i>
Mungui 2	-15.1835882	-72.9049293	2568.2	<i>G. truncatula</i>
Cotahuasi 3	-15.191315	-72.8838062	2591.0	<i>G. truncatula</i>
Piro 1	-15.2095123	-72.9137089	2401.9	<i>G. truncatula</i>
Huaynacotas 2	-15.1931275	-72.8872587	2589.3	<i>G. truncatula</i>
Ccochapampa	-15.1413926	-72.9031775	3282.7	<i>G. truncatula</i>
Taurisma 1	-15.1786931	-72.8590534	2593.4	<i>G. cubensis</i> *
				<i>G. truncatula</i> *
CONDESUYOS				
Andaray	-15.7753528	-72.8221911	3609.7	<i>G. truncatula</i>
Iray 2	-15.8548611	-72.6289764	2436.9	<i>G. cubensis</i>
CASTILLA				
Machaguay	-15.64599	-72.5071764	3166.2	<i>G. truncatula</i>

AREQUIPA

Yarabamba	-16.55783	-71.46788	2519.3	<i>G. truncatula</i>
Polobaya 1	-16.5712778	-71.3605556	3115.2	<i>G. truncatula</i>
Polobaya 2	-16.5725278	-71.3611111	3117.1	<i>G. truncatula</i>
Polobaya 3	-16.4090278	-71.3682778	3136.5	<i>G. truncatula</i>
Chiguata	-16.4083889	-71.4235833	2786.6	<i>G. truncatula</i>

Nota: *positivos a larvas de *F. hepatica*.

Con relación a las especies de limneidos identificados en la región natural de la sierra (desde 2.000 m s. n. m.) de la región Arequipa (Tabla 2), se encontró a *G. truncatula*, que está ampliamente distribuida (25/26 puntos de colecta) en las provincias de Caylloma, La Unión, Condesuyos, Castilla, sierra de Arequipa y sería el vector primario o principal en la transmisión de *F. hepatica* en esta región natural; porque coincide con las zonas de alto riesgo de infección del ganado bovino (Ayaqui et al. 2024) y de las zonas endémicas de la fasciolosis humana (Fundacionio 2020). *G. truncatula* ha sido identificada en las localidades de Uchumayo-Arequipa (Ayaqui 2017), Moquegua (Alda et al. 2018), Cajamarca, desde los 2.623 (Huayrapongo Grande) hasta los 3.473 m s. n. m. (Rancho Grande), zona tropical húmeda, donde existe la transmisión de *F. hepatica* (Bardales-Valdivia et al. 2021). En la región Arequipa está presente desde los 1.570 (La Joya) hasta los 4.290 m s. n. m. de Caylloma.

Por otro lado, la importancia del limneido en su rol de vector primario, al parecer tiene una dependencia de tipo evolutiva, porque la adaptación local, a partir de una interacción prolongada entre el vector y el parásito, lo ha llevado a tener altas tasas de transmisión (Vázquez et al. 2019). Así, en infecciones experimentales de *F. hepatica* y *G. truncatula*, se observó un periodo de eliminación

más prolongado y una mayor producción de cercariás; ambos aspectos relacionados con una mayor capacidad de supervivencia de los limneidos infectados del altiplano; lo que parece favorecer la transmisión y puede interpretarse como estrategias de adaptación asociadas a condiciones de gran altitud (Mas-Coma et al. 2001).

Con relación a *G. cubensis*, ha sido encontrada ocasionalmente en el ecotono de la costa y de la sierra. Es el caso de Taurisma, que tiene comunicación con las localidades costeras de Velinga (1.700 y 1.800 m s. n. m.) y Quechualla (1.600 m s. n. m.) y que se encuentran en el mismo cauce del río Cotahuasi, afluente del río Ocoña donde ha sido descrita *G. cubensis* (Alda et al. 2018). En el caso de Iray (2.400 m s. n. m.), esta localidad tiene mucho intercambio con Pacaychacra (1.770 m s. n. m.) y Acoy del Valle de Majes (693 m s. n. m.). La detección de *G. truncatula* en 27 y de *G. cubensis* en 11 puntos de colecta en la región Arequipa, revelan nuevas áreas de riesgo de infección de la fasciolosis y coincide con lo encontrado en Cajamarca, con 11 nuevos focos (Bardales-Valdivia et al. 2021). Además, los resultados muestran que no fue necesario aumentar los lugares o puntos de colecta de limneidos en las diferentes provincias, porque la especie principal es la misma por región natural (costa o sierra).

Tabla 3. Índice cercárico de larvas de *Fasciola hepatica* según especie de limneido, provincia y localidad de la región Arequipa.

PROVINCIA	ESPECIE DE LIMNEIDO	EXAMINADOS		POSITIVOS	
		Nº	Nº	%	
CAYLLOMA		357	4	1,12	
Huanca	<i>G. truncatula</i>	167	2	1,20	
Achoma	<i>G. truncatula</i>	62	1	1,61	
Maca	<i>G. truncatula</i>	38	1	2,63	
Cabanaconde	<i>G. truncatula</i>	27	0		
Huambo	<i>G. truncatula</i>	43	0		
Caylloma	<i>G. truncatula</i>	20	0		
LA UNIÓN		204	1	0,49	
Taurisma	<i>G. truncatula/ G. cubensis</i>	36	1	2,78	
Mungui	<i>G. truncatula</i>	28	0		
Cotahuasi	<i>G. truncatula</i>	26	0		
Huynacotas	<i>G. truncatula</i>	9	0		
Cocchapampa	<i>G. truncatula</i>	46	0		
Piro	<i>G. truncatula</i>	59	0		
CONDESUYOS		37	0	0	
Iray	<i>G. cubensis</i>	33	0		
Andaray	<i>G. truncatula</i>	4	0		

CASTILLA		46	0	0
Yato	<i>Galba</i> sp.	16	0	
Machaguay	<i>G. truncatula</i>	30	0	
AREQUIPA		156	1	0,64
Vítor	<i>G. cubensis</i>	47	1	2,13
Polobaya	<i>G. truncatula</i>	87	0	
Chiguata	<i>G. truncatula</i>	10	0	
Santa Rita de Sigas	<i>G. cubensis</i>	12	0	
ISLAY		67	0	0
Mollendo	<i>G. cubensis</i>	67	0	
CARAVELÍ		84	0	0
Acarí	<i>G. cubensis</i>	50	0	
Chaparra	<i>G. cubensis</i>	3	0	
Caravelí	<i>G. cubensis</i>	26	0	
Caravelí	<i>P. columella</i>	5	0	
TOTAL		951	6	0,63

Con relación al índice cercárico (IC) o la infección de limneidos por cercarias o redias de *F. hepatica* (Tabla 3), su conocimiento es de primordial importancia para estudiar la transmisión de la fasciolosis (Vázquez et al. 2015). Este índice por lo general es bajo, dependiendo de la estación de la colecta; es poco usual encontrar IC muy altos como el 57% en Chimborazo-Ecuador (Ríos-Granizo et al. 2021). El IC en la región Arequipa es bajo de 0,63%, comparado con otros antecedentes, asimismo lo es en las localidades positivas de la sierra, donde se encontró *G. truncatula*, como principal vector, en Huanca con 1,2%, Achoma 1,61%, Maca 2,63% y en Taurisma 2,78% con las especies crípticas *G. truncatula/G. cubensis*; mientras que en la localidad costera de Vítor fue de 2,13% con *G. cubensis*. Los valores de IC encontrados (0,63%) son consistentes con los reportados en Cuba de 2,94% (Vázquez et al. 2015) pero inferiores a los de zonas tropicales húmedas de 30% (Jara-Campos et al. 2019); lo que refleja diferencias eco-epidemiológicas. Estos índices cercáricos (determinados por aplastamiento) presentan limitaciones para detectar: (1) infecciones abortadas o previas (sin larvas viables al momento del examen) y (2) estadios iniciales del parásito (esporocistos). No obstante, la concordancia entre las altas prevalencias bovinas (Ayaqui et al. 2024) y los focos con limneidos positivos sugiere que la transmisión persiste incluso con baja detección en vectores, como se reporta en Cuba (Vázquez et al. 2015). Los resultados muestran una marcada asimetría entre la baja prevalencia en hospederos intermedios (IC: 0,63%) y las altas tasas de infección en bovinos (mayores a 50%), patrón que concuerda con los establecidos principios fundamentales de la dinámica parasitaria (May y Anderson 1979). Según su modelo teórico, esta disparidad refleja un balance evolutivo donde la presión selectiva favorece parásitos que optimizan su transmisibilidad sin causar mortalidad excesiva en los hospederos intermedios (evitando colapsar su propia población vectorial), mientras que en los hospederos definitivos origina una gran producción de huevos del parásito. Esta dinámica explica por qué, incluso con índices de infección bajos en limneidos, se mantienen altas prevalencias en el ganado, particularmente en sistemas con

movilidad animal entre zonas endémicas. Los valores del índice cercárico de 0,63% son inferiores a los reportados previamente en Arequipa de 6,1% en Uchumayo (Ayaqui 2017) y 7,4% en Huanca (Chávez-Arce y Zumarán 2021). Estas diferencias podrían atribuirse a factores ecológicos como la reducción de hábitats adecuados para limneidos debido a cambios en el uso del agua (canalización), sequías y disminución de la ganadería, lo que limita la disponibilidad de hospederos intermedios en zonas como Yuramayo y Santa Rita de Sigas. Adicionalmente, el esfuerzo de colecta (25-30 minutos/punto) pudo ser insuficiente para detectar caracoles en bajas densidades poblacionales. Finalmente, la susceptibilidad a la infección depende de múltiples factores intrínsecos (genética, edad, estado fisiológico de los limneidos) y no solo de su adaptación ambiental (Alba et al. 2022), lo que explica la variabilidad geográfica observada.

Comparando el 0,63% de la región Arequipa, con los índices cercáricos de otras regiones del Perú, es menor al 30,7% (Julio Setiembre) y 36,8% (octubre-diciembre) de Pataz-La Libertad (Jara-Campos et al. 2019). Comparado con el de otros países, es menor al 2,94% de Cuba en *G. cubensis* (Vázquez et al. 2015), al 29% en Alausí-Chimborazo de Ecuador en *G. couesi*; donde, además se informa de la presencia de *G. schirazensis* como una especie invasora y con un papel discutible de vector de *F. hepatica* (Caron et al. 2017, Celi-Erazo et al. 2020). También es un valor menor que el IC en *P. columella*, de 3,9% y 5,2% en Minas Gerais, Brasil (Coelho y Lima 2003) y de 7,4% en Argentina (Moriena et al. 2008). Es importante distinguir los vectores primarios, secundarios y los potenciales, de acuerdo a los diferentes países. Por ejemplo, *G. cubensis* es vector primario en Cuba (Vázquez et al. 2015) y República Dominicana (De Vargas et al. 2019), así como en la costa de Arequipa y probablemente en la región litoral de Ecuador (Celi-Erazo et al. 2020). *P. columella* es un vector secundario en Brasil (Coelho y Lima 2003), e igualmente en algunas ecorregiones de Argentina (Moriena et al. 2008). Sin embargo, ha sido reportado negativo a la infección de larvas de *F. hepatica* en la región Arequipa (Caravelí); tal vez es un hospedero alternativo natural resistente a *F. hepatica*.

originario de Cuba, capaz de una encapsulación efectiva por parte del sistema inmune innato (Alba et al. 2022).

Finalmente, los resultados del IC en la región Arequipa, indican que es bajo pero suficiente para la transmisión de *F. hepatica* al ganado bovino y al hombre (Fundacionio 2020, Ayaqui et al. 2024). Se concluye que en la costa se distribuyen *G. cubensis* vector primario en las provincias de Caravelí, Camaná, Islay y Arequipa; *P. columella* vector potencial en Caravelí y *G. schirazensis* como vector discutible en Santa Rita de Siguas; mientras que en la sierra se encontró a *G. truncatula* como vector primario en las provincias de Caylloma, La Unión, Castilla, Condesuyos y Arequipa. El índice cercárico para la región Arequipa fue bajo (0,63%) con variaciones entre localidades. El valor más alto se registró en Taurisima (2,78%), seguido de Maca (2,63%) y Vitor (2,13%), áreas que representan focos de transmisión activa. Estos hallazgos, sumados a la detección del área de distribución de limneidos, sugieren que las zonas altoandinas presentan las condiciones ecológicas más favorables para el desarrollo larval del parásito, y en la costa mantiene el riesgo pese a su menor altitud. Estos resultados coinciden con los patrones de prevalencia bovina reportados en estas localidades (Ayaqui et al. 2024) y resaltan la necesidad de vigilancia focalizada en estas áreas prioritarias.

Agradecimientos. A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, por el financiamiento del proyecto “Índices epidemiológicos de la fasciolosis y taxonomía morfo-molecular de los limneidos de algunas localidades de la región Arequipa”, según el contrato N°IBA-IB-10-2020-UNSA. Al Dr. Evaristo López Tejeda, Director del museo de Historia natural (MUSA) de la UNSA, por su invaluable apoyo. Al Blgo. Manuel Jesús Cahuana Llacho por su contribución con caracoles de Caylloma y a todas las personas que de algún modo han contribuido en el estudio.

ORCID

- Ayaqui, R.  rayaqui@unsa.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-2990-8288>
- Ticona, J.  jticonaz@unsa.edu.pe;  <https://orcid.org/0009-0001-7409-8296>
- Condo, R.  rcondosi@unsa.edu.pe;  <https://orcid.org/0009-0007-1722-5117>
- Ruelas-Llerena, N.  nruelasl@unsa.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0003-0698-5421>
- Pointier, J.P.  pointier@univ-perp.fr;  <https://orcid.org/0009-0007-5082-279X>

REFERENCIAS

1. Alba A, Vázquez AA, Sánchez J, Gourbal B. Immunological resistance of *Pseudosuccinea columella* snails from Cuba to *Fasciola hepatica* (trematoda) infection: what we know and where we go on comparative molecular and mechanistic immunobiology, ecology and evolution. *Front. Immunol.* 2022; 13:794186.
2. Alda P, Lounnas M, Vázquez AA, Ayaqui R, Calvopiña M, Celi-Erazo M, Dillon RT, Jarne P, Loker ES, Muñiz FC, Muzzio-Aroca J, Nárvaez AO, Noya O, Robles LM, Rodríguez-Hidalgo R, Uribe N, David P, Pointier JP, Hurtrez-Boussès S. A new multiplex PCR assay to distinguish among three cryptic *Galba* species, intermediate hosts of *Fasciola hepatica*. *Vet Parasitol.* 2018; 251:101-105.
3. Alda P, Lounnas M, Vázquez AA, Ayaqui R, Calvopiña M, Celi-Erazo M, Dillon RT, Gonzales LC, Loker E, Muzzio-Aroca J, Nárvaez AO, Noya O, Pereyra AE, Robles LM, Rodríguez-Hidalgo R, Uribe N, David P, Jarne P, Pointier JP, Hurtrez-Boussès S. Systematics and geographical distribution of *Galba* species, a group of cryptic and worldwide freshwater snails. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2021; 157: 107035.
4. Ayaqui R. Presencia de *Lymnaea truncatula* y *Pseudosuccinea columella* en la región Arequipa, Perú. Libro de Resúmenes del XXIV Congreso Latinoamericano de parasitología, Santiago, Chile. *Revista de parasitología Latinoamericana,* 2017; 66(3):76-77. Versión on-line ISSN: 0719-6326.
5. Ayaqui R, Ruelas-Llerena N, Ticona J, Zamata-Ramos M, Condo R, Ancco-Valdivia F. Prevalencia y factores de riesgo de la fasciolosis en ganado bovino de la región Arequipa, Perú, 2021. *Rev. vet.* 2024; 35(1): 29-37.
6. Bardales-Valdivia JN, Bargues MD, Hoban-Vergara C, Bardales-Bardales C, Goicochea-Portal C, Bazán-Zurita H, Del Valle-Mendoza J, Ortiz P, Mas-Coma S. Spread of the fascioliasis endemic area assessed by seasonal follow-up of rDNA ITS-2 sequenced lymnaeid populations in Cajamarca, Perú. *One Health.* 2021; 13:100265
7. Bargues MD, Artigas P, Khoubbane M, Ortiz P, Náquira C, Mas-Coma S. Molecular characterisation of *Galba truncatula*, *Lymnaea neotropica* and *L. schirazensis* from Cajamarca, Perú and their potential role in transmission of human and animal fascioliasis. *Parasit Vectors.* 2012; 5: 174.
8. Bargues MD, Artigas P, Angles R, Osca D, Duran P, Buchon P, Gonzales-Pomar RK, Pinto-Mendieta J, Mas-Coma S. Genetic uniformity, geographical spread and anthropogenic habitat modifications of lymnaeid vectors found in a One Health initiative in the highest human fascioliasis hyperendemic of the Bolivian Altiplano. *Parasit Vectors.* 2020; 613(1): 171.
9. Caron Y, Celi-Erazo M, Hurtrez-Boussès S, Lounnas M, Pointier JP, Saegerman C, Loson B, Benítez-Ortiz W. Is *Galba schirazensis* (Mollusca, Gastropoda) an intermediate host of *Fasciola hepatica* (Trematoda, Digenea) in Ecuador? *Parasite.* 2017; 24(24): 1-9.
10. Celi-Erazo M, Alda P, Montenegro M, Pavón D, Minda A, Calvopiña M, Pointier JP, Hurtrez-Boussès S, Cevallos W, Benítez W, Rodríguez-Hidalgo R. Prevalence of *Fasciola hepatica* infection in *Galba cousinsi* and *Galba schirazensis* from an Andean region of Ecuador. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports.* 2020; 20: 100390.
11. Chávez-Arce E, Zumarán G. Frecuencia de fascioliasis en ganado y de *Fasciola hepatica* en caracoles

- Lymnaeidae en el distrito de Huanca, Arequipa, Perú. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 2021; 32(3): e17607.
12. Coelho L, Lima W. Population dynamics of *Pseudosuccinea columella* and its natural infection by *Fasciola hepatica* in the State of Minas Gerais, Brazil. *J. Helminthology.* 2003; 77 (1):7-10.
 13. De Vargas M, Martínez J, Castillo J, Paulino D, Alarcón-Elbal P, Vázquez A. Potencialidad de *Pseudosuccinea columella* (Say, 1817) (Mollusca: Gastropoda: Lymnaeidae) en la transmisión de la fasciolasis humana en República Dominicana. *Ciencia y Salud.* 2019; 3(2): 9-16.
 14. Fundacionio. Diciembre 2020. Fasciolosis en Arequipa, Perú. 2020, P. 1. Disponible en: <https://fundacionio.com/diciembre-2020-fascioliasis-en-arequipa-peru/>. Ultimo acceso 06-02-2025
 15. Gobierno Regional de Arequipa (GRA). Plan de desarrollo regional concertado 2013 - 2021 actualizado de la región Arequipa. 2016. Disponible en: <https://www.saludarequipa.gob.pe/transp/planeamiento/PDRC%202013-2021.pdf>. Ultimo acceso 06-02-2025.
 16. Jara-Campos C, Escalante-Añorga, H, Siancas-Ruiz F, Casana-Mantilla, W, Benites-Murrieta, A. Infección de *Lymnaea* por *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) en la provincia de Pataz, Perú e identificación de plantas asociadas a sus biotopos. *Neotropical Helminthology.* 2019; 13(2): 123-133.
 17. Larrea H, Vivar R, Oviedo ML, Huaman P, Pachas L. Tres estudios de la familia Lymnaeidae vectores de la fasciolosis en el Perú. *Bol. de Lima.* 1993; 89: 85-96.
 18. Manrique J, Cuadros S. Fasciolosis: Buscando estrategias de control. 1ra edición, Edit. Akuarella, Arequipa. 2002. p. 68.
 19. Mas-Coma S, Funatsu IR, Bargues MD. *Fasciola hepatica* and lymnaeid snails occurring at very high altitude in South America. *Parasitology.* 2001; 123: 115-127.
 20. Mas-Coma S, Valero MA, Bargues MD. Climate change effects on trematodiases, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. *Vet. Parasitol.* 2009; 163(4): 264-280.
 21. May R, Anderson R. Population biology of infectious diseases: Part II. *Nature.* 1979; 280: 455-461.
 22. Moriena R, Alvarez J, Pietrokovsky S, Rubel D, Prepelitchi L, Racioppi O, Wisnivesky C. Presencia de pseudosuccinea columella naturalmente infestada con *Fasciola hepatica* en Santo Tomé (Corrientes, Argentina). *Rev. vet.* 2008; 19(2): 147-149.
 23. Pereira AE, Uribe N, Pointier JP. Lymnaeidae from Santander and bordering departments of Colombia: Morphological characterization, molecular identification and natural infection with *Fasciola hepatica*. *Vet. Parasitol.: Reg. Stud. Rep.* 2020; 20: 100408.
 24. Pointier JP, Cazzaniga N, González-Salas C, Gutiérrez A, Arenas J, Bargues MD, Mas-Coma S. Anatomical studies of sibling species within neotropical lymnaeids, snail intermediate host of fasciolasis. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.* 2006; 101(4): 431-435.
 25. Pointier JP, Vázquez AA. *Lymnaeoidea, Lymnaeidae.* In: Thorp & Covich's Freshwater invertebrates, Cristina Damborenea, D. Christopher Rogers & James H. Thorp Eds. Springer. 2020; 281-290.
 26. Ríos-Granizo J, Villavicencio-Abril A, Guamán-Guamán R, Ulloa-Cortázar S, Medina-Suescún E. Prevalencia e identificación de moluscos lymneidos transmisores de *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 (Platyhelminthes, Trematoda), en la Comunidad San Martín de la Parroquia Columbe, Cantón Colta, Provincia De Chimborazo, Ecuador. *Neotrop. Helminthol.* 2021; 15(1): 1-13.
 27. Supo J. Metodología de la investigación científica, 3ra edición, Edit. Bioestadístico EEDU EIRL USA, Columbia. 2020. P 23-24, 180-181
 28. Vázquez A, Sánchez J, Jiménez Y. Distribución y preferencia de hábitats de moluscos hospederos intermedios de *Fasciola hepatica* en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical.* 2009; 61: 248-263.
 29. Vázquez A, Sánchez J, Alba A, Pointier JP, Hurtrez-Bousses S. Natural prevalence in Cuban populations of the lymnaeid snail *Galba cubensis* infected with the liver fluke *Fasciola hepatica*: Small values do matter. *Parasitol Res.* 2015; 114(11): 4205-10.
 30. Vázquez A, De Vargas M, Sánchez J, Alba A, Sabourin E, Vittecoq M, Alarcon-Elbal PM, Pointier JP, Hurtrez-Bousses S. Reviewing *Fasciola hepatica* transmission in the west indies and novel perceptions from experimental infections of sympatric vs. allopatric snail/fluke combinations. *Vet Parasitol.* 2019; 275: 108955.