



Artículo

Sarna en alpacas (*Vicugna pacos*) y su tratamiento con maicha (*Senecio rufescens*, Asteraceae: Senecioneae) en el Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba, Bolivia

Mange in alpacas (*Vicugna pacos*) and its treatment with maicha (*Senecio rufescens*, Asteraceae: Senecioneae) in the Apolobamba National Natural Integrated Management Area, Bolivia

Jose Luis Mollericono^{1-3*}, Humber Alberto¹, Saúl Callancho¹, Santiago Tarqui², Aldo Echevarria¹, Oscar Loayza¹, Jorge Rojas¹, Guido Miranda¹ & Robert B. Wallace¹

¹Wildlife Conservation Society Bolivia – Programa de Conservación del Gran Paisaje Madidi-Tambopata, Calle Jaime Mendoza # 987, Bloque N 10 Zona San Miguel, La Paz, Bolivia

²Laboratorio de Química Biorgánica, Instituto de Investigaciones Químicas, Campus Universitario Cota Cota, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia

³Carrera Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Pública El Alto, Av. Sucre s/n, Villa Esperanza, La Paz, Bolivia

*Autor de correspondencia: jmollericono@wcs.org

Resumen

La sarna sarcóptica es una enfermedad ocasionada por el ácaro *Sarcoptes scabiei* (Sarcoptidae) que afecta a los camélidos sudamericanos provocando la disminución de la productividad, crecimiento deficiente, y afectando la calidad de la fibra que repercute en la economía de la gente local. En el presente estudio etnoveterinario se evaluó el efecto acaricida en base al extracto de la especie vegetal nativa maicha (*Senecio rufescens*, Asteraceae: Senecioneae) en el tratamiento de sarna sarcóptica en alpacas de cuatro comunidades de las provincias Bautista Saavedra y Franz Tamayo del Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba del departamento de La Paz. En febrero y marzo del 2023, se trabajó con tres grupos de tratamiento; grupo maicha, grupo ivermectina 3.15% LA y grupo grasa animal. Previo al tratamiento, en todos los animales con lesiones clínicas de sarna, se confirmó la presencia de *S. scabiei* mediante raspado de piel y observación del ácaro bajo microscopio. El extracto maicha y grasa animal fueron aplicados de forma tópica y la ivermectina 3.15% LA se administró a razón de 630 mcg/kg vía subcutánea. La maicha e ivermectina se aplicó solo una vez, mientras que la grasa animal se repitió a los 15 días. En todos los grupos se hizo el seguimiento por 35 días, realizando una revisión de la lesión cada siete días. La eficacia de los tratamientos maicha e ivermectina alcanzó un 100 % para el control de la sarna sarcóptica en alpacas a diferencia del grupo grasa animal que no logra eficacia para el control de sarna en alpacas. Según el modelo lineal generalizado los tratamientos de maicha e ivermectina demuestran eficacia significativa para tratar la lesión ocasionada por la enfermedad de sarna sarcóptica en alpacas ($P < 0.05$), según los días de seguimiento. El extracto a base de la planta maicha es una alternativa orgánica sostenible para el control de esta enfermedad en las alpacas, y revaloriza el conocimiento ancestral de las comunidades altoandinas.

Palabras clave : Enfermedad, Etnoveterinaria, Tratamiento, Sarna sarcóptica.

Abstract

Sarcoptic mange is a disease caused by the *Sarcoptes scabiei* (Sarcoptidae) mite that affects South American camelids, causing decreased productivity, poor growth, and affecting fibre quality, which has an impact on the local economy. In this ethnoveterinary study, the acaricidal effect of an extract from the native plant species maicha (*Senecio rufescens*, Asteraceae: Senecioneae) was evaluated in the treatment of sarcoptic mange in alpacas from four communities in the provinces of Bautista Saavedra and Franz Tamayo in the Apolobamba National Integrated Management Area in the department of La Paz. In February and March 2023, three treatment groups were studied: the maicha group, the 3.15% LA ivermectin group, and the animal fat group. Prior to treatment, the presence of *S. scabiei* was confirmed in all animals with clinical scabies lesions by skin scraping and observation of the mite under a microscope. The maicha extract and animal fat were applied topically, and ivermectin 3.15% LA was administered at a rate of 630 mcg/kg subcutaneously. Maicha and ivermectin were applied only once, while animal fat was repeated after 15 days. All groups were monitored for 35 days, with a review of the lesions every seven days. The efficacy of the maicha and ivermectin treatments reached 100 % for the control of sarcoptic mange in alpacas, unlike the animal fat group, which was not effective in controlling mange in alpacas. According to the generalised linear model, maicha and ivermectin treatments demonstrate significant efficacy in treating lesions caused by sarcoptic mange in alpacas ($P < 0.05$), according to the days of follow-up. The extract based on the maicha plant is a sustainable organic alternative for controlling this disease in alpacas and revalues the ancestral knowledge of the high Andean communities

Key words: Disease, Ethnoveterinary, Sarcoptic mange, Treatment.

Introducción

La producción de alpacas es una actividad característica de las zonas altoandinas de Bolivia y Perú. En Bolivia se registra una población de 481.873 animales, de los cuales, el departamento de La Paz concentra el 69.14% (333.193 animales), seguido del departamento de Oruro con el 25.33% (122.077 animales). El 6% restante se distribuye entre los departamentos de Cochabamba, Potosí, Chuquisaca y Tarija (INE 2023, MDPyEP 2024). La crianza de alpacas es una de las actividades más importantes de sustento para las familias, debido a que son fuente de carne y fibra, el estiércol como fertilizante y combustible, destacando su eficiencia en el uso de la tierra en un ambiente adverso como la región altoandina (Gutierrez-Flores *et al.* 2023, MDRT 2023). El sistema de crianza de alpacas en Bolivia es familiar, consistente en una fuente importante de proteína para la alimentación y se constituye en una fuente de ingresos económicos y de ahorro (Van't Hooft 2004). El sistema de cría presenta una serie de problemas como la alimentación deficiente, sobrepastoreo, falta de sanidad animal adecuada y alta tasa de mortalidad de las crías, lo que ocasiona disminución de la productividad y menor rendimiento económico (SERNAP-ARCMV A-ACOFIV B 2022, Gutierrez-Flores *et al.* 2023). Otros problemas identificados en la crianza de alpacas son los efectos del cambio climático, como el incremento de temperatura, la disminución o el agotamiento de las fuentes de agua y la prolongación de los periodos de sequía, afectando la calidad de los pastos (Huanca *et al.* 2019).

Dentro el sistema de crianza familiar, las enfermedades parasitarias que afectan a las alpacas cobran gran importancia, registrando disminución de la productividad en un 22% (Curil *et al.* 2001). Existe una diversidad de parásitos que afectan a las alpacas, la sarna sarcóptica, causada por el ácaro *Sarcoptes scabiei*, es una enfermedad emergente con mayor impacto en camélidos domésticos y silvestres de la región (Leguía & Casas 1999, Ferreyra *et al.* 2022). En la actualidad se reconoce que *S. scabiei* es una especie altamente variable con diferentes cepas y reciente estudios moleculares del ácaro, han demostrado que los camélidos domésticos y silvestres comparten las mismas cepas del ácaro (Anello *et al.* 2025, Sosa *et al.* 2025).

Se trata de una enfermedad de la piel altamente contagiosa, caracterizada inicialmente por eritema en la piel con mucho prurito, alopecia y de no tratarse evoluciona a formas crónicas más graves con engrosamiento de la piel (hiperqueratosis), liquenificación, presencia de costras y desprendimiento de fibras (Arzamendia *et al.* 2012, Deak *et al.* 2021) (Fig. 1). Su modo de transmisión es por contacto entre individuos enfermos y sanos, o por contacto con objetos del ambiente contaminados con el ácaro (Arzamendia *et al.* 2022). Actualmente se sospecha que los sitios comunales para baños de polvo que utilizan los camélidos sudamericanos podrían tener un rol importante en su transmisión, no solo en alpacas y llamas, sino también con vicuñas (*Vicugna vicugna*) dado que comparten estos sitios (Sosa *et al.* 2025).



Figura 1. Lesión clínica grave de sarna (*Sarcoptes scabiei*) en alpacas.

En vicuñas, la sarna sarcóptica ocasiona morbilidad y mortalidad pudiendo incluso llevar a su colapso poblacional (Bujaico & Zuñiga 2015, Ferreyra *et al.* 2022). En el Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba (ANMIN Apolobamba), la sarna sarcóptica ha sido reportada en vicuñas (Beltrán-Saavedra *et al.* 2011, Ruiz 2016) siendo de preocupación para las comunidades que son criadoras de alpacas y llamas indicando que existe una transmisión desde las vicuñas al ganado doméstico. En el ANMIN Apolobamba, la vicuña cohabita con las alpacas, y representa un importante recurso para los pobladores locales, puesto que se práctica la esquila en silvestría (chaku).

Entre las medidas de control de la sarna sarcóptica, habitualmente se utiliza medicamentos comerciales como las lactonas macrocíclicas (Ivermectinas), los piretroides (Cipermetrina) y amidinas (Amitraz). Sin embargo, el uso inadecuado de estos productos por falta de asistencia técnica ha generado otros problemas como la resistencia, principalmente para el control de garrapatas y ácaros (Araque *et al.* 2014). Por otra parte, se conoce que la ivermectina es nociva para los insectos coprófagos (Strong 1992, Römbke *et al.* 2010, Jensen & Scott-Fordsmand 2012) y su eliminación provocaría el retardo o falta de la descomposición natural de la materia fecal (Iglesias *et al.* 2005), lo que supone riesgos potenciales en el incremento de la transmisión de endoparásitos (y otras enfermedades), además de dificultar el reciclado de nutrientes al suelo, especialmente el nitrógeno (Jacobs & Scholtz 2015). Ante los problemas sobre el mal uso de los medicamentos comerciales, existen productores que continúan con las prácticas etnoveterinarias como una alternativa al control de la sarna por ser más económica, fácil uso y más amigable para el medio ambiente.

Las plantas constituyen la principal fuente de compuestos orgánicos más empleada que existe, y son consideradas laboratorios naturales donde biosintetizan gran cantidad de sustancias químicas que en la actualidad se usan para diferentes fines como en la medicina (González *et al.* 2004). El uso de *Senecio rufescens* (maicha) ha sido registrado para el alivio de dolencias estomacales, el “mal de alturas” y como antioxidante (Aguilar *et al.* 2021) y existen pocos estudios sobre las utilidades de esta planta. En la composición bioquímica de esta especie se incluyen sustancias como monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, triterpenoides, esteroides, flavonoides, cumarinas, ácidos fenólicos y alcaloides. También se ha registrado que se obtiene extractos de las partes aéreas que presentan actividad antioxidante atribuidas a compuestos fenólicos (Aguilar *et al.* 2021). Estos flavonoides tienen propiedades antiinflamatorias al inhibir enzimas clave como ciclooxigenasa y lipooxigenasa implicadas en la producción de mediadores inflamatorios como

tromboxanos y prostaglandinas (Zaragozá *et al.* 2002, Aguilar *et al.* 2021). También actúan como antioxidantes, transportando electrones, neutralizando radicales libres y estabilizando átomos, lo que reduce el daño oxidativo y favorece la regeneración de la piel (Wróblewski *et al.* 2024). Algunos los flavonoides presentes en plantas (por ejemplo, luteolina, delphinidina, baicaleína y quercetina), mejoran las lesiones cutáneas al suprimir la infiltración de células inmunitarias y mostrar actividad antiinflamatoria, inhibiendo la expresión de mediadores inflamatorios. También, reducen marcadores patológicos e inhiben la inflamación mediante inducción de apoptosis (activación de caspasas), disminuyen la infiltración de macrófagos y reducen la producción de queratina, ayudando a aliviar el eritema, descamación y engrosamiento de la capa epidérmica y pueden servir como alternativa acaricida por su capacidad antioxidante (Čizmarová *et al.* 2023). En ese entendido, el presente estudio tuvo el propósito de evaluar la actividad acaricida del extracto elaborado a partir de plantas de *S. rufescens* sobre lesiones clínicas leves, moderadas y graves de *S. scabiei* en alpacas.

Área de estudio

El presente trabajo tuvo una etapa de laboratorio, y otra de campo en cuatro comunidades (Plan Aeropuerto, Chari, Apacheta y Chuxña Quta) del Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba (Fig. 2), ubicada en el extremo oeste del departamento de La Paz, abarcando los municipios de Curva, Charazani y Pelechuco y las provincias Bautista Saavedra, Franz Tamayo y Larecaja (SERNAP 2012). La región ecológica en la que se distribuye *S. rufescens*, se caracteriza por un piso altoandino árido a semiárido, definido según la elevación entre los 3.500 a 5.000 m, con escasa vegetación y relictos de subarbustos como *Baccharis tola*, con laderas rocosas y borde de sendero, propia de la Cordillera de Apolobamba, una subdivisión de la Cordillera Real (Meneses *et al.* 2015).

Senecio rufescens (Asteraceae: Senecioneae) es un arbusto erecto o achaparrado, alcanzando 30-100 cm de altura. Es una planta aromática, rizomatosa, ramosa y de crecimiento horizontal u oblicuo. Sus tallos son simples, ascendentes, laxamente hojosos y miden aproximadamente \pm 30 cm de altura. Estos tallos son glandulosos – pubescentes (Fig. 3). Las hojas caulinares que están distribuidas en el tallo son similares a las basales, pero más pequeñas. Las hojas superiores son sésiles, oblongo-lanceoladas, agudas en el ápice, ensanchadas grandes, arrosietadas, con peciolo delgado de hasta 10 cm de largo en la base, con márgenes dentados. Los capítulos 3–5 grandes y discoides, enroscados en pedúnculos largos, situados en el ápice del tallo. El involucre tiene dimensiones de aproximadamente 1.5 x 3 cm. Las bracteolas del cálculo son numerosas y alcanzan al menos la mitad del involucre. Las flores son

numerosas, amarillas, isomorfas y con una corola tubulosa. Los aquenios son costados, glabros y llevan un papus blanco, facilitando su dispersión (Meneses *et al.* 2015, Halloy *et al.* 2020).

Actualmente, esta especie presenta una distribución en los Andes de Bolivia, Chile y Perú, y a nivel nacional en los departamentos de Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosí y

Tarija en un rango altitudinal de 3.500 a 5.000 m (Meneses *et al.* 2015). Esta especie es común dentro el área protegida y no se encuentra registrada dentro el libro rojo de la flora amenazada de Bolivia (MMAYA 2012). Dentro el área protegida ANMIN Apolobamba ha sido y es utilizada para el control de la sarna desde décadas atrás y posiblemente sea una alternativa de control para esta enfermedad de forma natural.

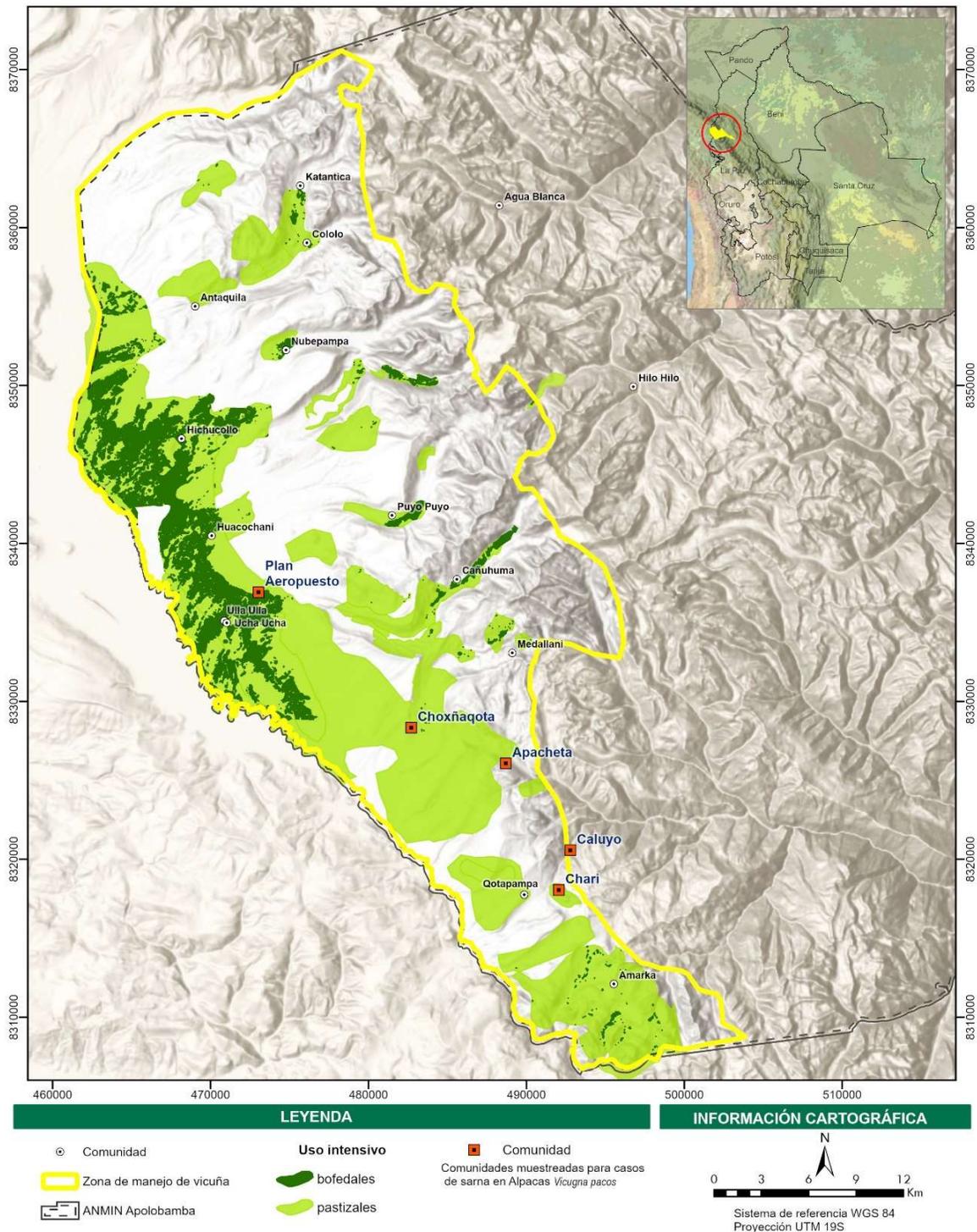


Figura 2. Mapa de ubicación de las comunidades de estudio en el ANMIN Apolobamba.



Figura 3. Planta (*Senecio rufescens*), en el ANMIN Apolobamba. a) Subarbusto sin floración. b) Subarbusto en etapa de floración.

Métodos

Extracción de flavonoides y prueba acaricida in vitro

Con el objeto de evaluar el poder acaricida de *S. rufescens*, se procedió como primera etapa a la extracción de flavonoides. Se sometió a deshidratación de 4.5 kg de hojas de *S. rufescens* por ocho días, una vez terminado el proceso de deshidratación se procedió al proceso de maceración de 1.5 kg de *S. rufescens* en 8 litros de etanol al 96% por 10 días. El macerado fue filtrado a otro recipiente donde los complejos flavonoides fueron obtenidos por destilación o evaporación del etanol (Huacuja 1995), todo el proceso fue realizado en el laboratorio de Química de la Universidad Mayor de San Andrés La Paz (UMSA), Bolivia. Previo a su exposición a los ácaros vivos, se probaron cuatro tipos de diluyentes para el extracto de flavonoides obtenido: agua destilada, aceite mineral, glicerina y manteca, seleccionando finalmente la glicerina y manteca por lograr una buena homogenización del extracto y en esta prueba se trabajó con glicerina.

Para evaluar el poder acaricida del extracto de flavonoides, se obtuvieron ácaros vivos directamente de la lesión del animal realizando un corte de un centímetro cuadrado conservado la muestra en un tubo falcón donde se mantuvieron vivos. Si bien se generaron ciertas condiciones de humedad y temperatura para su mantenimiento, aún no hemos estandarizado la técnica. Utilizando un estereomicroscopio se colectaron ácaros vivos depositando 5 en cada pocillo de vidrio donde se añadió una gota del extracto diluido a diferentes concentraciones de flavonoides de maicha (0.5%, 1% y 2%) y se midió el tiempo de mortalidad de los ácaros siguiendo el protocolo de Ayma *et al.* (1995).

Elaboración del extracto y ensayos de tratamiento tópico

La elaboración del extracto se realizó en función al conocimiento de la gente local (guardaparques), donde se colectaron ramas con hojas frescas de *S. rufescens*; éste fue

triturado, y posteriormente sometido a ebullición lenta por el lapso de media hora en manteca animal y se adicionó ceniza de madera. La cantidad preparada fue 4 kg de planta, 6 kg de manteca y 150 g de ceniza. Ya culminado el tiempo de ebullición, se procedió a tamizarlo con una tela milimétrica en un recipiente plástico, quedando un preparado de 5.580 kg para su enfriamiento y su solidificación como crema.

Mediante la revisión física externa de los animales en 12 diferentes tams de alpacas, se seleccionaron animales con signos clínicos de prurito, formación de queratosis y alopecia a nivel de las axilas, vientre, cara interna del muslo y región perianal compatibles con la enfermedad de sarna sarcóptica. Para la comparación de los grupos de tratamiento se establecieron tres grupos de tratamientos; el primer grupo conformado por alpacas tratadas con el extracto de maicha a 139 alpacas (130 leves, 8 moderadas y 1 grave), y el segundo grupo conformado por animales tratados con ivermectina a 3.15% LA en 185 alpacas (40 leves, 101 moderadas y 44 graves), y un tercer grupo asignado como grupo control, con 25 alpacas (24 leves y 1 moderado), referido a animales tratadas con grasa animal específicamente manteca porcina, residuo de la preparación de alimentos por las familias. Estas comparaciones se establecieron en base a los productos utilizados en la zona para el control de la sarna. Todos los animales tratados se identificaron con cintas de color y se asignó un número de registro, en el mismo se esquematizó la silueta de camélido con la finalidad de ubicar y categorizar el grado de lesión de la sarna sarcóptica, en función a lo descrito por Ferreyra (2019), Arzamendia *et al.* (2022) y SERFOR (2023). La categorización de esta enfermedad puede ser clasificada en: a) Lesión clínica leve, en esta etapa las lesiones son pequeñas con costras, cuyo tamaño alcanzó hasta los 20 cm de diámetro, así como zonas con alopecia; estas lesiones pueden observarse en las axilas o en la cara interna del muslo y también en los genitales, limitándose a un solo lugar, b)

Lesión clínica moderada, estas lesiones presentan costras o grietas de color blanco en diferentes lugares: miembros anteriores (brazos), miembros posteriores (patas), axilas o ingle. El tamaño fue variable entre los 10 cm a 30 cm de diámetro. Los animales presentan dificultad para caminar y las lesiones son de fácil observación, c) Lesión clínica grave,

esta etapa es considerada lesión avanzada y se puede observar las lesiones a nivel de las axilas, miembros anteriores y posteriores y los genitales. Se observa zonas con costras y grietas profundas y blanquecinas. Los animales no pueden caminar y algunos animales se quedan postrados (Fig. 4).



Figura 4. Lesión clínica de sarna sarcóptica en alpacas del ANMIN Apolobamba. a) Lesión clínica de sarna categoría leve. b) Lesión clínica de sarna categoría moderada.

A fin de confirmar la presencia del ácaro *S. scabiei* en las alpacas con lesiones clínicas de esta enfermedad, se colectaron muestras de raspados de piel, con la ayuda de una hoja de bisturí realizando un raspado de la lesión hasta observar un ligero sangrado. La muestra colectada se depositó en tubos falcón de 14 ml y se añadió alcohol al 75% para su conservación, una vez codificadas fueron remitidas al laboratorio de Wildlife Conservation Society (WCS) en la ciudad de La Paz, bajo el permiso (MMAYA-VMABCCGDF-DGBAP-UGCE-0282-CAR/24) de la autoridad nacional competente. En laboratorio las muestras fueron transparentadas en hidróxido de potasio (KOH) al 10%, durante 24 horas, transcurrido el tiempo fueron centrifugadas durante cinco minutos (Wall & Shearer 2001). Posteriormente el KOH fue decantado y sustituido por etanol al 75%, nuevamente se centrifuga durante cinco minutos. Con una pipeta de transferencia se colecta el sedimento y se colocó una gota en portaobjetos, se cubre con el cubreobjetos y se observó al microscopio binocular. La identificación morfológica de los ácaros se realizó según las claves taxonómicas de Soulsby (1987) y Leguía & Casas (1999).

La aplicación del extracto de *S. rufescens* y grasa animal se realizó con un suave masaje directamente a nivel de la lesión en los animales, la cantidad empleada fue de 100-150 g del extracto en lesiones clínicas leves, 150-300 g en lesiones clínicas moderadas y 400-500 g en lesiones graves (Ayma *et al.* 1995). La aplicación se realizó durante la mañana, antes de que los animales fueron liberados al pastoreo (Fig. 5). La

ivermectina 3.15% LA se administró según la dosis recomendada de 630 mcg/kg vía subcutánea, según la posología del producto.

Para medir la eficacia de los tratamientos en el control de la sarna sarcóptica se empleó la fórmula de Abbott (1987) y Araque *et al.* (2014). Específicamente:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{P.G.C.} - \text{P.G.T.}}{\text{P.G.C.}} \times 100$$

donde, P.G.C. = Porcentaje de grupo control y P.G.T. = Porcentaje grupo tratamiento.

El seguimiento se realizó cada semana (siete días), hasta los 35 días, en cada revisión se observó y esquematizó el tamaño de la lesión en el registro de seguimiento. La desaparición de las costras y regeneración de la piel en la zona afectada fueron contemplados para corroborar la eficacia del tratamiento. En base a los análisis previos, para identificar factores que influyen significativamente en la eficacia de los tratamientos contra la sarna en alpacas, se construyeron modelos lineales generalizados que incorpora todo el conjunto de variables recolectadas en este estudio (sexo, edad, grado de lesión, lugar de lesión, desparasitante utilizado y tiempo de evaluación). A partir de estos modelos, se seleccionaron parámetros promedios con sus respectivos intervalos de confianza correspondientes, en función de los valores obtenidos en los submodelos con mejor soporte. A partir de esto, se seleccionó solamente el modelo representando por las variables que explicaron mejor la variación de los datos, usando como indicador el

criterio de información de Akaike corregido (AICc) dentro el paquete MuMIn (Barton 2025). Los análisis estadísticos y gráfico resultante fueron realizados en el entorno R (R Project Team 2025) con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Resultados

Pruebas acaricidas *in vitro*

Todos los casos de las pruebas *in vitro* los ácaros murieron en un tiempo de 10 segundos con la exposición en las diferentes concentraciones. La mortalidad fue inmediata cuando entró en contacto directo con el flavonoide, que determinamos según la motilidad observada bajo estereomicroscopio.

Ensayos de tratamiento tópico

La eficacia de los tratamientos sobre el control de la sarna sarcóptica en alpacas alcanzó un 100% en el día 30 y 35 post aplicación con el extracto de *S. rufescens* y el grupo ivermectina. A diferencia de los animales tratados con manteca donde se observó una pequeña reducción de la lesión y un porcentaje de eficacia del 20.8% al día 7, del 30.6% al día 14 e incrementándose este al día 15 con el 48% de eficacia con la redosificación de la manteca. Sin embargo, al día 35 de evaluación la eficacia continuó siendo baja con el 19%, por lo que la aplicación de manteca en los animales sólo muestra eficacia en los primeros días post aplicación.

En el grupo de animales tratados con el extracto de *S. rufescens* el porcentaje de eficacia fue incrementándose según los días, observándose una eficacia del 55% al día 15 de evaluación, llegando al 73.96 al día 21; el porcentaje de eficacia llegó al 99.68 al día 30 y al 100% a la conclusión del seguimiento (Tabla 1). En grupo ivermectina demostró una eficacia más acelerada, llegando al 90% de eficacia a los 15 días post aplicación y al 94.7% al día 21 y al día 30 los animales no presentaban lesiones de esta enfermedad.

El mejor modelo con interacción fue la inclusión de las interacciones día y desparasitante, pues permite que cada tratamiento tenga su propia pendiente (tasa de cambio diario) y su propio intercepto (Valor inicial de porcentaje en día = 0). A continuación, se resumen esos valores: En el grupo control, el porcentaje de eficacia empieza en 85.85 y disminuye muy lentamente (-0.66 unidades por día). La desparasitante ivermectina parte más alto (91.2), pero reduce la lesión de sarna casi tres unidades cada día. El desparasitante basado en *S. rufescens* inició más bajo (72.7) y bajó alrededor de 2.6 unidades diarias (Tabla 2). Todos los términos de interacción y los coeficientes principales fueron estadísticamente significativos ($P<0.05$).

El grupo control mantuvo el porcentaje de eficacia estable, mientras que los tratamientos aceleraron la caída de la lesión. El desparasitante ivermectina, pese a empezar con valores más altos, logró la pendiente más pronunciada (-2.94), seguido por el extracto de *S. rufescens* (-2.62) (Fig. 6).



Figura 5. Aplicación del extracto maicha, en alpacas. a) Aplicación al inicio de tratamiento con el extracto de maicha. b) Regeneración de tejido afectado por sarna sarcóptes posterior al tratamiento con maicha.

Tabla 1. Eficacia promedio (%) de los grupos de tratamiento contra sarna sarcóptica en alpacas, según los días de seguimiento.

Días de seguimiento	Grupos de tratamiento		
	Maicha	Ivermectina 3.15 % LA	Grasa animal
Día 7	32.7	54.97	20.8
Día 14	55.14	89.08	30.6
Día 21	73.96	94.7	48.4
Día 30	99.68	100	37.4
Día 35	100	100	18.8

Tabla 2. Parámetros estimados para el modelo con el mejor soporte para explicar la variación respecto a la eficacia de los tratamientos en el control de la sarna sarcóptica en las alpacas del ANMIN Apolobamba.

Coefficientes	Estimación Estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepción	85.5429	2.1444	39.892	$< 2e - 16$ ***
Días	-0.6596	0.1012	-6.519	$8.85e - 11$ ***
Ivermectina	5.6236	2.3293	2.414	0.0158 *
Maicha	-12.8934	2.2847	-5.643	$1.89e-08$ ***
Día:Ivermectina	-2.2782	0.1099	-20.729	$< 2e-16$ ***
Día:Maicha	-1.9553	0.1078	-18.138	$< 2e - 16$ ***

Códigos de significación: 0 “***”, 0.001 “**”, 0.01 “*”, 0.05 “.”, 0.1 “.”

Error estándar residual: 14.81 con 2088 grados de libertad.

R cuadrado múltiple: 0.84, R cuadrado ajustado: 0.84

F= 2226, 2088 g.l. P= < 0.01.

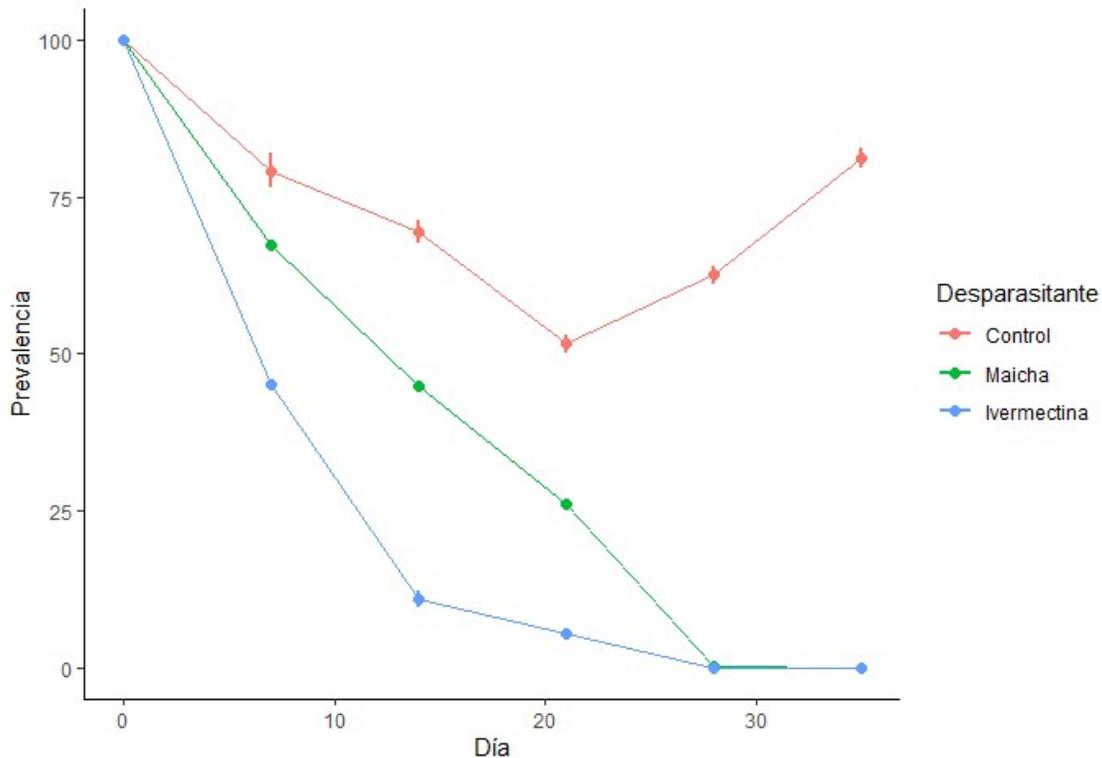


Figura 6. Comparación de los grupos de tratamiento maicha, ivermectina 3.15 % LA y grasa animal (manteca), en la reducción de la lesión clínica por sarna sarcóptica en alpacas de las comunidades del ANMIN Apolobamba.

Discusión

El presente estudio contribuye a la validación de un conocimiento tradicional que, ha sido utilizado desde la antigüedad y su combinación con las plantas medicinales, podría constituir una alternativa ecológica y sostenible para el control de esta enfermedad. Nuestros resultados sugieren que los flavonoides presentes en las hojas de *S. rufescens* tienen un efecto como acaricida. Es posible que estos flavonoides sean los responsables de la eficacia en el control del ácaro *S. scabiei* en las alpacas, aunque se han descrito otras acciones farmacológicas de los flavonoides, como sus propiedades diuréticas, antiespasmódica, antibacteriana, hepatoprotectora, antiulcerosa, antineoplásica y antialérgica (Zaragozá *et al.* 2002, Wróblewski *et al.* 2024).

El extracto de hojas de *S. rufescens*, mostró efectividad en un periodo de 30 y 35 días tras su aplicación tópica. Nuestros resultados guardan relación con el estudio de Augusto del Valle (2018), quién utilizó crema de *Couropita guianensis* (Lecythidaceae), para tratar la sarna por *S. scabiei* en perros, logrando una efectividad del 90% a los 28 días, atribuyendo esta efectividad a la presencia de flavonoides en la planta. Este hallazgo coincide con estudios previos (González *et al.* 2004, Hernández *et al.* 2015, Galvez *et al.* 2018), que reportan diversas plantas poseen compuestos orgánicos con efecto acaricida, insecticida y fungicida. Entre ellas *Leucaena* spp. (Fabaceae) y *Verbena officinalis* (Verbenaceae), que han demostrado eficacia para el control de ácaros y garrapatas, gracias a sus componentes

como aceites esenciales, taninos, mimosina, fenoles, cumarinas (Pulido *et al.* 2013, González-López *et al.* 2019). En nuestro estudio, el extracto se preparó mediante ebullición en manteca, un método que favorece la extracción no solo de flavonoides, sino también de otros compuestos como los taninos, clorofila y aceites esenciales. Estos compuestos podrían actuar sinérgicamente contra el ácaro *S. scabiei*.

Los resultados del grupo tratado con ivermectina 3.15% LA, mostró una efectividad del 100 % contra la sarna a los 21 y 30 días post aplicación. En todos los animales se observó la epidermis sin costras ni lesiones clínicas de esta enfermedad. Estos hallazgos difieren con estudios de Portocarrero *et al.* (1998) y Ramos *et al.* (2000), quienes reportaron una efectividad del 100% a los 7 días post aplicación de ivermectina 1% en alpacas contra la sarna sarcóptica y el registro de ácaros muertos entre los días 15 y 30 de seguimiento, así como una regeneración completa de la piel a los 45 días. Las diferencias en la eficacia y el tiempo de respuesta podrían deberse a variaciones en la concentración del fármaco o a posibles casos de resistencia antiparasitaria. Araque *et al.* (2014), señalan que el uso indiscriminado de antiparasitarios, como el cambio de fármacos sin criterio técnico, el aumento de dosis o la frecuencia inadecuada de aplicación puede favorecer la resistencia. Aunque no contamos con datos concluyentes, cabe destacar que en ferias locales se comercializan ivermectina en concentraciones variables (1%, 2% y 3.15%), lo que podría reflejar un uso indiscriminado de los antiparasitarios. Los resultados en alpacas del grupo control (tratado con grasa animal) no mostraron una eficacia acaricida, a diferencia de los grupos tratados con maicha e ivermectina 3.15 % LA. Aunque no existe estudios que respalden el uso de manteca como acaricida, se ha documentado que sustancias oleaginosas, como los aceites esenciales, poseen propiedades acaricidas debido a su capacidad para destruir e inhibir el desarrollo de huevos, bloquear la metamorfosis de larvas y ninfas, impedir el apareamiento y reducir la alimentación disminuyendo la movilidad intestinal de los ácaros (Hechavarría *et al.* 2015).

Este conocimiento sobre el uso de la planta maicha para el tratamiento de la sarna en alpacas es arraigado en la zona de estudio, tiene sus raíces en prácticas ancestrales. Incluso durante la época de la conquista, Garcilaso Inca de la Vega (1906), registro que los incas utilizaban manteca de porcino como remedio natural para tratar la sarna en alpacas y llamas, mientras que en humanos empleaban extractos de la planta molle (*Schinus molle*). Estos antecedentes históricos subrayan la necesidad de continuar futuras investigaciones para identificar los metabolitos responsables de esta acción acaricida de la manteca y comprender su mecanismo de acción.

Conclusiones

El efecto favorable de *S. rufescens* (maicha) para tratar la sarna se muestra como una alternativa útil para el manejo de la alpaca en la zona del ANMIN-Apolobamba. Es una, alternativa inocua para el ambiente, fácil de elaborar y revaloriza el conocimiento ancestral de las comunidades locales de Bolivia.

Futuros estudios deberían profundizar en base a estos hallazgos para optimizar su aplicación en el manejo integral de las enfermedades por ectoparásitos en camélidos.

Agradecimientos

Agradecemos al Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba (ANMIN Apolobamba), y un agradecimiento especial para los guardaparques Rebeca Chaca, Eduardo Barrera, Ricardo Guaman y las familias que pertenecen a las comunidades manejadoras de la Asociación Regional de Comunidades Manejadoras de Vicuñas (ARCMV) Apolobamba. A Verónica Huanaco por la elaboración del mapa. A Edwin Barrera Porto y las estudiantes Magali Quino y Ximena Mejillones por su apoyo en campo. Esta publicación ha sido posible en el marco del Programa de Conservación Gran Paisaje Madidi-Tambopata de la Wildlife Conservation Society (WCS) y el apoyo financiero del Gobierno de Reino Unido, a través de la Iniciativa Darwin, como también la Fundación Laguntza. Estamos agradecidos a las sugerencias y recomendaciones de los revisores para esta versión final.

Referencias

- Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of the American Mosquito Association* 3: 302–303.
- Aguilar, E.J., P.E. Bonilla & E.C. Enciso. 2021. Capacidad antioxidante de extractos obtenidos de las hojas de *Senecio rufescens* DC. *Revista del Sociedad Química del Perú* 86: 374-385.
- Anello, M., F. Sosa, H. Ferreyra, R.L. Allende, M. Mastromatey, M. Uhart, S. Romero, M. Florin-Christensen, B. Moroni, A.R. Molinar *et al.* 2025. Molecular analysis of *Sarcoptes scabiei* infecting wild and domestic South American camelids in Argentina. *Parasitology* 152(4): 1–409-418.
- Augusto del Valle, C. 2018. Efecto acaricida del extracto etanólico de Ayahuma (*Couroupita guianensis*) contra *Sarcoptes scabiei* en perros (*Canis lupus familiaris*). Tesis de licenciatura en medicina veterinaria, Universidad Alas Peruanas, Lima.
- Araque, A., S. Ujueta, R. Bonilla, D. Gómez & J. Rivera. 2014. Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 17: 161-170.

- Arzamendia, Y., L.E. Neder, G. Marcoppido, F. Ortiz, M. Arce, H.E. Lamas & B.L. Vila. 2012. Effect of the prevalence of ectoparasites in the behavioral patterns of wild vicuñas (*Vicugna vicugna*). *Journal of Camelid Science* 5: 105-117.
- Arzamendia, Y., H. Castillo, B.A. Gonzáles, B. Vilá, G. Marcoppido, M. Uhart, J. Baldo & P. Carmanchahi. 2022. Aspectos científicos y técnicos acerca de la sarna sarcóptica en vicuñas (*Vicugna vicugna*). *GECS NEWS* 9: 21-35.
- Ayma, L., D. Hervé & M. Sauvain. 1995. Efecto del extracto acuoso de ch'illka (*Parastrephia lucida*) en el control de la sarna en llamas. pp. 185-194. En: Genin, D., H.J. Picht, R. Lizarazu & T. Rodríguez (eds). *Waira Pampa, Un Sistema Pastoril Camélidos-Ovinos del Altiplano Boliviano*. Centro de Información para el Desarrollo, La Paz.
- Barton, K, 2025. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.48.11 <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>>.
- Beltrán-Saavedra, L.F., D. González-Acuña, R. Nallar-Gutierrez & H. Ticona-Challco. 2014. Estudio coproparasitario y ectoparasitario en alpacas (*Vicugna pacos* Linnaeus, 1758) de Apolobamba, con nuevos registros de Phthiraptera (Insecta) e Ixodidae (Acari), La Paz – Bolivia. *Journal of The Selva Andina Animal Science* 1: 1-17.
- Bujaico, N. & M. Zuñiga. 2015. Control y tratamiento de sarna (Escabiosis) en vicuñas de la comunidad campesina de Lucanas – Reserva Nacional de Pampa Galeras, Ayacucho Perú. *Ciencias y Desarrollo* 18: 31-36.
- Čizmarová, B., B. Hubková, V. Tomečková & A. Birková. 2023. Flavonoids as promising natural compounds in the prevention and treatment of selected skin diseases. *International Journal of Molecular Sciences* 24(6324): 1–20.
- Curil, C.F., M. Requena, L. Magno, H. Ccari & S. Mario. 2001. Control de la parasitosis externa en alpacas mediante el uso de plantas medicinales. *Revista de Investigaciones del Perú* 1: 418–17.
- Deak, G., B. Moroni, A.M. Boncea, L. Rambozzi, L. Rossi & A.D. Mihalca. 2021. Case report: Successful treatment of sarcoptic mange in European camelids. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 1-6.
- Ferreira, H. 2019. Guía de acciones ante la detección de sarna en camélidos silvestres administración de Parques Nacionales. Parque Nacional San Guillermo, San Juan.
- Ferreira, H., J. Rudd, J. Foley, R.E.T. Vanstreels, A.M. Martín, E. Donadio & M. Uhart. 2022. Sarcoptic mange outbreak decimates South American wild camelid populations in San Guillermo National Park, Argentina. *PLoS ONE* 17(1): 1–23 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.02566616>
- Galvez, C.E., C.M. Jimenez, A.A. Gomez, E.F. Lizarraga & D.A. Sampietro. 2018. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Senecio nutans*, *Senecio viridis*, *Tagetes terniflora* and *Aloysia gratissima* against toxigenic *Aspergillus* and *Furarium* species. *Natural Product Research* 34(10): 1442-1445.
- Garcilaso de la Vega, I. 1609. *Primera parte de los comentarios reales de los Incas*. Lisboa.
- González, T., Y. Ruiz, R. Pérez, Y. Díaz & E. Botta. 2004. Actividad acaricida de extractos acuosos de *Euphorbia lactea* frente a *Steneotarsonemus spinki*. pp 24-36. En: Simposio Latinoamericano y del Caribe “La diversidad acarina: Utilización, Protección y Conservación”, La Habana.
- González-López, G., M.M. Ojeda-Chi, F. Casanova-Lugo, I. Oros-Ortega, L.I. Hernández-Chávez, A.T. Piñeiro-Vázquez & R.I. Rodríguez-Vivas. 2019. Actividad acaricida de extractos etanólicos de tres genotipos de *Leucaena* spp. sobre *Rhipicephalus microplus* en condiciones in vitro. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10: 1-12.
- Gutierrez-Flores, I., A. Canales-Gutiérrez, K. Pillco-Mamani, M. Mamani-Mamani, M. Chambi-Alarcón & D. Cáceres-García. 2023. Conocimiento ancestral sobre el uso de plantas silvestres medicinales en el tratamiento de enfermedades en alpacas. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 22(5): 636–648.
- Halloy, S., S. Cuello, J. Carrilla, S. Lizárraga, J. Carrizo & A. Grau. 2020. *Flora altoandina de Huasi Huasi, Guía visual*. Ediciones del subtrópico, Tucumán.
- Hechavarría, L., C. Velázquez, R. Paneque & P. Rivera. 2015. Actividad acaricida del aceite esencial de *Azaraadactha indica* en el tratamiento de la sarna demodéica del perro. *Veterinaria (Montevideo)* 51: 11–23.
- Hernández, Y.M., C.M. Rodríguez & M. Saavedra. 2015. Plaguicida con acción insecticida, acaricida y nematocida a base de alcaloides isoquinolínicos y flavonoides. *Oficina Española de Patentes y Marcas*, Madrid.
- Huacuja, E.R. 1995. Contribución al estudio fitoquímico y determinación de la acción antimicrobiana de *Senecio candidissimus*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.
- Huanca, T., J. Sumar, M.L. Naveros, A. Nina, J. Ccopa & R. Mamani. 2019. Efecto del cambio climático sobre la producción y reproducción de alpacas en condiciones de puna seca. *Revista Académica Ciencia Animal* 17: 241–243.
- Iglesias, L.E., C.A. Saumell, L.A. Fusé, A. Lifschitz, E. Rodríguez, P. Steffan & C. Fiel. 2005. Impacto ambiental de la Ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación

- de materia fecal en pasturas (Tandil, Argentina). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34(3): 83–103.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2023. Bolivia – Población de alpacas por departamento edad y sexo, 1984–2022. La Paz. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/ganaderia-y-avicultura/ganaderia-cuadros-estadisticos/>
- Jacobs, C.T. & C.H. Scholtz. 2015. A review on the effect of macrocyclic lactones on dung-dwelling insects: Toxicity of macrocyclic lactones to dung beetles. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 82(1): 1–8.
- Jensen, J. & J.J. Scott-Fordsmann. 2012. Ecotoxicity of the veterinary pharmaceutical ivermectin tested in a soil multi-species (SMS) system. *Environmental Pollution* 171: 133–139.
- Leguía, G. & E. Casas. 1999. Enfermedades parasitarias y atlas parasitológico de camélidos sudamericanos. Editorial de Mar, Lima.
- Meneses, R.I., G. Stephan & F. Anthelme. 2015. La Cordillera Real y sus plantas. IRD & Herbario Nacional de Bolivia, La Paz.
- MDPyEP (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural). 2024. Industrialización en marcha. Industria Camélidos Turco, La Paz.
- MDRT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 2023. Estudio del producto de seguro pecuario colectivo para ganado camélido. La Paz.
- MMAyA (Ministerio de Medio Ambiente y Agua). 2012. Libro rojo de la flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina. La Paz.
- Portacarrero, M., A. Chávez, N. Falcón & A. Chavera. 1998. Efecto residual de la ivermectina L.A. en el control de la sarna sarcóptica de alpacas y sus cambios histopatológicos en piel. *Revista de Investigación Pecuaria IVITA* 9: 34-40.
- Pulido, N.J. & A. Cruz. 2013. Eficacia de los extractos hidraalcohólicos de dos plantas sobre garrapatas adultas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 14: 91-97.
- Ramos, H., M. Catrejón, N. Valencia & P. Sas. 2000. Control de sarna sarcóptica (*Sarcoptes scabiei* var. *aucheniae*) en alpacas (*Llama pacos*) en Perú, con ivermectina 1% p/p inyectable de larga acción. *Sitio Argentino de Producción Animal* 17(168): 570-577.
- Römbke, J., A. Coors, A.A. Fernández, B. Forster, C. Fernández, J. Jensen, J.P. Lumaret, M.A. Effects of the parasiticide ivermectin on the structure and function of dung and soil invertebrate communities in the field (Madrid, Spain). *Applied Soil Ecology* 45(3): 284-292.
- R Core Team. 2025. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena.
- Ruiz, C. 2016. Identificación y caracterización de la presencia de ectoparásitos y endoparásitos en vicuñas (*Vicugna vicugna*) en comunidades de los departamentos de La Paz y Oruro. Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- SERNAP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas), ANMIN A (Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba) & ARCMVA (Asociación Regional de Comunidades Manejadoras de Vicuña Apolobamba). 2012. Plan de manejo de la vicuña de la Asociación Regional de Comunidades Manejadoras de Vicuña del Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba. Proyecto Manejo de Áreas Protegidas y Zonas de Amortiguación Externa (MAPZA – GFA - GIZ), La Paz.
- SERNAP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas), ARCMVA (Asociación Regional de Comunidades Manejadoras de Vicuña Apolobamba) & ACOFIV B (Asociación Comunitaria para la Comercialización de la Fibra de Vicuña en Bolivia). 2022. Buenas prácticas de manejo alpaquero, productivo y sanitario en las comunidades del ANMIN Apolobamba. Wildlife Conservation Society, La Paz.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). 2023. Documento técnico para el manejo de la sarna en vicuñas. Lima.
- Sosa, F.E., M. Anelo, H. Ferreyra, D.M. Medina, J.F. Micheloud, H.M. Borsetti, N. Hernández, M. Florín-Christensen & S.R. Romero. 2025. Sarcoptic mange in a guanaco (*Lama guanicoe*) of northwestern Argentina: Clinical, histopathological and molecular studies. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 27: 1–6.
- Soulsby, E.J.L. 1987. Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. 7ma Edic. Editorial Interamericana, SA de CV, México DF.
- Strong, L. 1992. Avermectins: a review of their impact on insects of cattle dung. *Bulletin of Entomological Research* 82(2): 265–274.
- Van't Hooft, K. 2004. Gracias a los animales análisis de la crianza familiar en Latinoamérica, con estudios de caso en los valles y el altiplano de Bolivia. *Agroecología*, Universidad Mayor de San Simón, Editorial Plural, Cochabamba.
- Wall, R. & D. Shearer. 2001. Veterinary ectoparasites: Biology, Pathology and Control. 2da. Edic. Blackwell Science Ltd., Iowa.
- Wróblewski, M., J. Wróblewska, J. Nuskiewicz, C. Mila-Kierzenkowska & A. Wozniak. 2024. Antioxidant potential of medicinal plants in the treatment of *Scabies* infestation. *Molecules* 29(5310): 1–36.
- Zaragozá, F., Tofiño, M.I. & L. Oliveira. 2002. Flavonoides y fitoterapia. *Revista de Fitoterapia* 2: 21–32.