



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v12i1.4685>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote*

*Impact of parenteral mineral supplementation on alpaca fertility in barley, Guamote canton*

*Impacto da suplementação mineral parenteral na fertilidade de alpacas em cevada, cantão de Guamote*

Daniel Antonio Orozco Ocaña <sup>I</sup>  
[danielantonio161996@gmail.com](mailto:danielantonio161996@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0006-7255-168X>

Edison Vicente Ponce Cepeda <sup>II</sup>  
[Edison.ponce@esPOCH.edu.ec](mailto:Edison.ponce@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-2854-8841>

Maritza Lucia Vaca Cárdenas <sup>III</sup>  
[maritza.vaca@esPOCH.edu.ec](mailto:maritza.vaca@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4474-4354>

**Correspondencia:** [danielantonio161996@gmail.com](mailto:danielantonio161996@gmail.com)

\***Recibido:** 16 de diciembre de 2025 \***Aceptado:** 20 de enero de 2026 \***Publicado:** 10 de febrero de 2026

- I. Investigador independiente, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.

## Resumen

La alpaca (*Vicugna pacos*) representa un recurso productivo fundamental para las comunidades altoandinas, sin embargo, en la parroquia Cebadas del cantón Guamote se identificó que la baja fertilidad de estos animales estuvo relacionada con las deficiencias minerales de los pastos naturales, lo que afectó la calidad seminal de los machos y la actividad ovárica de las hembras, limitando la productividad de los hatos. El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de la suplementación mineral por vía parenteral en la fertilidad de alpacas de la comunidad Tablillas. El estudio se desarrolló durante 90 días bajo un diseño experimental con 20 hembras y 2 machos reproductores, distribuidos en dos grupos: un grupo control alimentado únicamente con pastoreo natural y un grupo experimental que, además del pastoreo, recibió suplementación mineral parenteral compuesta por fósforo (P), zinc (Zn), yodo (I) y selenio (Se). Se evaluaron parámetros reproductivos en machos como motilidad, concentración, morfología y viabilidad espermática, y en hembras se analizaron el número y tamaño folicular y la tasa de preñez, utilizando estadística descriptiva y la prueba T de Student para la comparación de medias. Los resultados mostraron que la suplementación mineral mejoró la motilidad y viabilidad espermática, incrementó el número y tamaño de folículos ováricos y elevó la tasa de preñez del 40 % en el grupo control al 100 % en el grupo experimental. Se concluyó que la suplementación mineral parenteral incidió de manera positiva y significativa en los parámetros reproductivos, constituyendo una estrategia técnica viable para mejorar la fertilidad y contribuir al incremento de la productividad y sostenibilidad de los hatos alpaqueros de la región altoandina.

**Palabras Clave:** suplementación mineral; fertilidad; reproducción.

## Abstract

The alpaca (*Vicugna pacos*) represents a fundamental productive resource for high Andean communities. However, in the Cebadas parish of the Guamote canton, it was identified that the low fertility of these animals was related to mineral deficiencies in the natural pastures, which affected the semen quality of the males and the ovarian activity of the females, limiting the productivity of the herds. The objective of this research was to determine the impact of parenteral mineral supplementation on the fertility of alpacas in the Tablillas community. The study was conducted over 90 days using an experimental design with 20 breeding females and 2 breeding males, distributed into two groups: a control group fed exclusively on natural pasture and an experimental group that, in

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

---

addition to pasture, received parenteral mineral supplementation composed of phosphorus (P), zinc (Zn), iodine (I), and selenium (Se). Reproductive parameters in males, such as sperm motility, concentration, morphology, and viability, were evaluated. In females, follicular number and size, as well as pregnancy rate, were analyzed using descriptive statistics and Student's t-test for mean comparison. The results showed that mineral supplementation improved sperm motility and viability, increased the number and size of ovarian follicles, and raised the pregnancy rate from 40% in the control group to 100% in the experimental group. It was concluded that parenteral mineral supplementation had a positive and significant impact on reproductive parameters, constituting a viable technical strategy to improve fertility and contribute to increased productivity and sustainability of alpaca herds in the high Andean region.

**Keywords:** mineral supplementation; fertility; reproduction.

### Resumo

A alpaca (*Vicugna pacos*) representa um recurso produtivo fundamental para as comunidades andinas de altitude. No entanto, na paróquia de Cebadas, cantão de Guamote, identificou-se que a baixa fertilidade desses animais estava relacionada a deficiências minerais nas pastagens naturais, o que afetava a qualidade do sêmen dos machos e a atividade ovariana das fêmeas, limitando a produtividade dos rebanhos. O objetivo desta pesquisa foi determinar o impacto da suplementação mineral parenteral na fertilidade de alpacas na comunidade de Tablillas. O estudo foi conduzido ao longo de 90 dias, utilizando um delineamento experimental com 20 fêmeas reprodutoras e 2 machos reprodutores, distribuídos em dois grupos: um grupo controle alimentado exclusivamente com pastagem natural e um grupo experimental que, além da pastagem, recebeu suplementação mineral parenteral composta por fósforo (P), zinco (Zn), iodo (I) e selênio (Se). Parâmetros reprodutivos em machos, como motilidade, concentração, morfologia e viabilidade espermática, foram avaliados. Em fêmeas, o número e o tamanho dos folículos, bem como a taxa de prenhez, foram analisados utilizando estatística descritiva e o teste t de Student para comparação de médias. Os resultados mostraram que a suplementação mineral melhorou a motilidade e a viabilidade espermática, aumentou o número e o tamanho dos folículos ovarianos e elevou a taxa de prenhez de 40% no grupo controle para 100% no grupo experimental. Concluiu-se que a suplementação mineral parenteral teve um impacto positivo e significativo nos parâmetros reprodutivos, constituindo uma estratégia técnica viável para melhorar

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote a fertilidade e contribuir para o aumento da produtividade e da sustentabilidade dos rebanhos de alpacas na região andina.

**Palavras-chave:** suplementação mineral; fertilidade; reprodução.

## Introducción

La alpaca (*Vicugna pacos*), un camélido nativo de los Andes juega un papel fundamental en las economías rurales de países como Ecuador, especialmente en regiones como Cebadas, situada en el cantón Guamote. En estas comunidades, las alpacas no solo son apreciadas por la fibra de alta calidad que producen, sino también por su adaptabilidad a condiciones climáticas extremas. Esta resistencia las convierte en un recurso invaluable para los sistemas de producción ganadera tradicionales, donde su capacidad para sobrevivir en altitudes elevadas y climas fríos es crucial para la seguridad alimentaria y el sustento económico de las familias locales (Benavides et al., 2017, p. 45).

El bienestar reproductivo de las alpacas es uno de los pilares para garantizar la sostenibilidad y productividad de los hatos. Sin embargo, la fertilidad de estos animales ha sido afectada en diversas ocasiones por deficiencias minerales en su dieta, lo que repercute negativamente en su rendimiento reproductivo y, por ende, en la rentabilidad de las explotaciones alpaqueras. En respuesta a este desafío, diversos estudios han señalado que la suplementación con minerales específicos, como el zinc, selenio y cobre, puede ser una estrategia efectiva para mejorar la salud reproductiva de las alpacas, incrementando tanto la tasa de concepción como la calidad del semen de los machos (González-Campos & Orihuela, 2018, p. 140).

En este contexto, la presente investigación se centró en evaluar el impacto de la suplementación mineral parenteral en la fertilidad de las alpacas de la comunidad de Cebadas, en el cantón Guamote. El objetivo principal fue analizar cómo la administración de minerales a través de métodos parenterales influye en los índices reproductivos de estas alpacas. Además, se consideraron factores como la disponibilidad y calidad de los recursos forrajeros en la zona, las prácticas de manejo y alimentación de los productores, y cómo estas influyen en la eficiencia reproductiva de los animales. Para llevar a cabo este estudio, se monitorizó de manera constante la actividad ovárica en las hembras y la calidad seminal de los machos, con el fin de identificar posibles mejoras en la sincronización de los ciclos reproductivos y en la tasa de concepción. También se evaluaron diversos parámetros fisiológicos y metabólicos relacionados con la absorción de minerales y su impacto en la reproducción.

## Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

Los resultados obtenidos han sido esclarecedores, mostrando que la suplementación mineral parenteral tuvo un impacto positivo tanto en la fertilidad de las hembras como en la calidad seminal de los machos. Estos hallazgos ofrecen valiosa información para los productores locales, quienes pueden utilizar estos datos para ajustar sus prácticas de manejo nutricional y, de esta manera, mejorar la productividad de sus hatos. Además, los resultados contribuyen al desarrollo de estrategias más sostenibles en la cría de alpacas, fortaleciendo la economía de las comunidades rurales dedicadas a esta actividad y ayudando a garantizar la conservación de esta especie tan importante en la región andina.

Este estudio refuerza la importancia de implementar un enfoque integral para el manejo reproductivo y nutricional de las alpacas, considerando la interacción entre la suplementación mineral, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo ganadero. Con un enfoque más detallado en la fertilidad y el manejo adecuado de los recursos naturales, es posible optimizar la producción y asegurar un futuro próspero para los productores alpaqueros en la región.

Por lo tanto, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la calidad del semen de las alpacas macho por efecto de la suplementación de minerales por vía parenteral en la comunidad de Tablillas, cantón Guamote.
- Medir la actividad ovárica por efecto de la suplementación de minerales por vía parenteral en las alpacas de la comunidad de Tablillas.
- Estimar la fertilidad en alpacas por empadre natural por efecto de la suplementación de minerales por vía parenteral en la comunidad de Tablillas.

### **Metodología**

#### **Área de estudio**

El trabajo experimental se desarrolló en la comunidad Tablillas, perteneciente a la parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo.

#### **Unidades Experimentales**

10 hembras más 1 macho que corresponde al tratamiento testigo más 10 hembras más 1 macho que corresponde al tratamiento experimental.

#### **Tratamientos y Diseño Experimental**

Se evaluó dos tratamientos, el tratamiento: P1 - T1 que consistió en suministrar a diez alpacas hembras más una alpaca macho pastos naturales de la zona, el tratamiento: P2 – T2 consistió en

## Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

suministrar pastos naturales de la zona más Fosfóricolamina: 130 mg (equivalente a 28 mg de fósforo), sulfato de zinc: 15 mg (equivalente a 6 mg de zinc), yoduro de potasio: 20 mg (equivalente a 15 mg de yodo), selenito de sodio: 0,3 mg (equivalente a 0,1 mg de selenio) por vía parenteral. Se realizó estadística descriptiva y distribución de frecuencias para la valoración de, actividad ovárica: número y tamaño foliculares a través de Test de Student

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

$\mu$ : Media de la población.

$\bar{x}$ : Media de la distribución de los datos. n: Tamaño de la muestra.

n: Tamaño de la muestra.

s: Error estándar de la muestra.

### Procedimiento Experimental

El estudio se llevó a cabo en la comunidad de Tablillas, parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador. Para iniciar, se dialogó con los miembros de la comunidad para coordinar la realización del experimento en el hato alpaquero. Posteriormente, se llevó a cabo un levantamiento detallado de los registros productivos y reproductivos de todo el hato, y al mismo tiempo se desparasitó a todos los animales. Se realizaron ecografías a todas las hembras para identificar aquellas que estaban vacías, seleccionando hembras de entre 4 y 6 años de edad, con un historial reproductivo de al menos dos partos. Las 20 hembras seleccionadas fueron separadas del resto del hato durante un período de 15 días. Durante ese tiempo, se llevó a cabo la extracción de semen in situ a seis machos reproductores, eligiendo a los dos con mejores características seminales. Las hembras fueron divididas en dos grupos de 10 ejemplares, asignando un macho reproductor a cada grupo. Al grupo experimental se le administró una primera dosis de minerales, complementada con pastoreo en pastizales naturales, mientras que el grupo testigo se mantuvo en pastoreo convencional con los pastos propios de la zona. Finalmente, la administración de minerales vía parenteral se repitió cinco veces, con una frecuencia de cada tres días.

Toma de datos:

## Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

---

1. Se realizó una ecografía a todas las hembras 15 días después de la última administración de minerales, con el objetivo de evaluar la actividad ovárica y determinar posibles respuestas reproductivas al tratamiento.
2. Transcurridos 25 días desde la última administración de minerales, se llevó a cabo una nueva extracción de semen a los 2 machos reproductores seleccionados. En esta evaluación, se analizó la calidad seminal y la viabilidad de los espermatozoides.
3. Finalmente, a los 30 días de la última administración de minerales, se realizó una ecografía de control en las hembras para determinar la presencia de gestación y evaluar la efectividad del protocolo aplicado

### **Evaluación de semen fresco**

Para la evaluación de la calidad seminal, se administraron 2 cuidadosamente el electroeyaculador en el recto del animal y, tras un periodo de estimulación de entre 5 y 15 minutos, se indujo la eyaculación, recolectando el semen en un dispositivo adecuado que garantizara la preservación de sus características. Inmediatamente después de la extracción, el semen fresco fue analizado bajo microscopio para evaluar parámetros fundamentales como la motilidad, determinada por el porcentaje y patrón de movimiento de los espermatozoides; la morfología, mediante la identificación de posibles alteraciones estructurales; la concentración espermática, estimando la cantidad de espermatozoides presentes en la muestra; y la viabilidad, evaluando el porcentaje de espermatozoides vivos. Este procedimiento permitió obtener un diagnóstico inicial preciso sobre la calidad espermática de los machos reproductores, proporcionando información esencial para la selección de ejemplares con mayor potencial reproductivo.

### **Evaluación de la Motilidad %**

La motilidad espermática se evaluó inmediatamente después de la recolección del semen fresco. Para ello, se colocó una gota de la muestra en un portaobjetos previamente atemperado a 37 °C y se cubrió con un cubreobjetos. Posteriormente, la preparación fue observada bajo un microscopio de campo claro con objetivo de 40x. La estimación se realizó determinando el porcentaje de espermatozoides móviles en un campo visual representativo. Se consideró tanto la motilidad masal (patrón de movimiento colectivo del esperma) como la motilidad individual (movimiento progresivo de los espermatozoides). Los resultados fueron expresados en porcentaje, clasificando la muestra en rangos de 0 a 100 % de células móviles. Con este procedimiento fue posible establecer el grado de motilidad de cada muestra seminal, diferenciando entre espermatozoides inmóviles, con motilidad oscilatoria,

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote y aquellos con desplazamiento progresivo rectilíneo, lo que permitió valorar la calidad funcional del semen en los machos reproductores evaluados.

#### *Espermatozoides móviles*

$$\text{Motilidad (\%)} = \frac{\text{Total de espermatozoides observados}}{\text{Total de espermatozoides observados}} \times 100$$

### **Evaluación de la concentración espermática %**

La concentración espermática se determinó utilizando una cámara de recuento Neubauer. Para ello, una alícuota de semen fue diluida en solución salina fisiológica al 3 % en una proporción de 1:20. Posteriormente, se colocó la muestra diluida en la cámara y se dejó reposar durante dos minutos para favorecer la sedimentación. El recuento de espermatozoides se realizó bajo microscopio de campo claro con aumento de 40x, contabilizando las células presentes en los cuadros centrales de la retícula. Finalmente, el valor obtenido fue multiplicado por el factor de dilución y expresado en millones de espermatozoides por mililitro

$$\text{Concentración } \left( \frac{\text{mill}}{\text{ml}} \right) = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de espermatozoides contados} \times \text{Factor de dilución} \times 10^6}{\text{N}^{\circ} \text{ de cuadros contados}}$$

### **Evaluación de la morfología espermática %**

La morfología de los espermatozoides fue analizada mediante la preparación de frotis de semen fresco. Las muestras fueron fijadas y teñidas con la técnica de eosina-nigrosina, lo que permitió diferenciar las estructuras celulares bajo microscopio de campo claro a 100x con inmersión en aceite. En cada frotis se evaluaron un mínimo de 200 espermatozoides, clasificándolos en normales y anormales, considerando alteraciones en la cabeza, pieza intermedia y cola: Los resultados fueron expresados en porcentaje, diferenciando espermatozoides con morfología normal de aquellos con anomalías estructurales.



$$\text{Morfología normal (\%)} = \frac{\text{Espermatozoides normales}}{\text{Total de espermatozoides observados}} \times 100$$

$$\text{Morfología anormal (\%)} = \frac{\text{Espermatozoides anormales}}{\text{Total de espermatozoides observados}} \times 100$$

### Evaluación de la vitalidad espermática %

La viabilidad se determinó mediante la tinción vital de eosina-nigrosina. Una gota de semen fue mezclada con igual volumen del colorante y posteriormente extendida en un portaobjetos para formar un frotis. Tras el secado, las preparaciones fueron observadas al microscopio de campo claro con objetivo de 40x. Se evaluaron 200 espermatozoides por muestra, clasificándolos como viables aquellos que no incorporaron la tinción (membrana intacta) y como no viable aquellos que presentaron citoplasma teñido de rosa o rojo (membrana dañada). Los resultados se expresaron en porcentaje de células viables respecto al total observado,

$$\text{Viabilidad (\%)} = \frac{\text{Espermatozoides viables}}{\text{Total de espermatozoides observados}} \times 100$$

$$\text{No viabilidad (\%)} = \frac{\text{Espermatozoides no viables}}{\text{Total de espermatozoides observados}} \times 100$$

### Evaluación de actividad ovárica

La evaluación de la actividad ovárica se realizó mediante ecografía, registrando tanto el número de folículos presentes en cada hembra como el tamaño folicular promedio en milímetros, con el propósito de determinar su estado reproductivo y la respuesta al tratamiento mineral. Transcurridos quince días desde la última administración de minerales, se efectuó un monitoreo inicial a las veinte hembras seleccionadas, aplicando ecografías para observar la respuesta ovárica y registrar la cantidad de folículos en desarrollo. Durante este proceso se capturaron imágenes del ecógrafo que permitieron medir con precisión el tamaño de cada folículo, proporcionando una valoración más detallada del desarrollo ovárico. Posteriormente, a los treinta días de la última administración de minerales, se realizó una nueva ecografía a todas las hembras del hato con el fin de detectar la presencia o ausencia de preñez. Finalmente, con la información obtenida, se elaboró una clasificación de las hembras en

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

dos grupos preñadas y no preñadas, lo que permitió analizar de manera objetiva la efectividad del tratamiento mineral sobre la reproducción del hato

### **Evaluación del tamaño folicular (mm)**

Se midió el diámetro de los folículos en cada hembra mediante ecografía, registrando todos los folículos visibles durante la evaluación. Para obtener un valor representativo por animal y por grupo, se calculó el promedio de los diámetros medidos

$$\text{Tamaño folicular promedio (mm)} = \frac{\text{Suma de los diámetros de todos los folículos}}{\text{Número de folículos medidos}}$$

Evaluación del número de folículos (no)

Se contabilizó el número de folículos presentes en cada hembra mediante ecografía durante las evaluaciones. Cada registro correspondió al número total de folículos observados por animal en ese momento

$$\text{Número de folículos (no)} = \text{Total de folículos observados en la hembra}$$

### **Evaluación de la tasa de preñez de hembras gestantes%**

Se determinó el estado gestacional de cada hembra mediante ecografía y se registró el número de hembras gestantes. La tasa de preñez del grupo se calculó como el porcentaje de hembras gestantes sobre el total de hembras evaluadas.

$$\text{Tasa de preñez (\%)} = \frac{\text{Número de hembras gestantes}}{\text{Número total de hembras evaluadas}} \times 100$$

### **Mediciones Experimentales**

Calidad del semen: Motilidad %, Concentración espermática % , Morfología espermática % y Vitalidad espermática %

Actividad Ovárica: Numero de folículos (no), Tasa de preñez de hembras gestantes% y tamaño folicular (mm)

## Resultados y discusión

### Resultados en hembras

Los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron una relación entre la suplementación mineral y la actividad ovárica en alpacas. Se observa que el grupo experimental (P2-T2) presentó un mayor número de folículos y una mayor tasa de preñez en comparación con el grupo testigo (P1-T1). Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Bravo et al. (2015, p. 1), quienes señalaron que la disponibilidad de minerales esenciales en la dieta impacta directamente en la maduración folicular y la tasa de ovulación en camélidos sudamericanos.

Además, el incremento en el número de folículos y en la tasa de preñez en el grupo suplementado sugiere que la administración de minerales pudo haber mejorado la función ovárica mediante la optimización de procesos hormonales, como la secreción de gonadotropinas y la sensibilidad del folículo a estas hormonas. Esto coincide con estudios previos que indican que la deficiencia mineral puede limitar el desarrollo folicular y reducir la fertilidad en hembras reproductoras (García et al., 2017, p. 8).

Sin embargo, la variabilidad observada en el tamaño folicular entre los grupos sugiere que factores adicionales podrían estar influyendo en la respuesta fisiológica de las hembras, tales como la edad, condición corporal y nivel de estrés al momento del empadre. Esto coincide con lo reportado por Gómez et al. (2020, p. 114387), quienes sugieren que la suplementación mineral es efectiva cuando se administra junto con un adecuado manejo nutricional y reproductivo. En este sentido, si bien se evidenció una mayor tasa de preñez en el grupo tratado, no se puede descartar la influencia de otras variables ambientales y fisiológicas, tales como la dinámica de la ovulación inducida característica de la especie.

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

*Tabla 1. Resultados en hembras*

IMPACTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PARENTERAL DE MINERALES EN LA FERTILIDAD DE ALPACAS EN CEBADAS, CANTÓN GUAMOTE.							
N.	TRATAMIENTO	SEXO	TASA DE PREÑEZ			ACTIVIDAD OVÁRICA	
			ARETE	REPETICIÓN	PREÑEZ	NÚMERO DE FOLÍCULOS	TAMAÑO FOLICULAR PROMEDIO (mm)
1	P1 - T1	♀	5	1	NO	2	5,5
2	P1 - T1	♀	113	2	SI	1	6
3	P1 - T1	♀	201	3	NO	1	7
4	P1 - T1	♀	5060	4	NO	1	4
5	P1 - T1	♀	11	5	SI	2	6,5
6	P1 - T1	♀	1577	6	SI	3	5,7
7	P1 - T1	♀	23	7	NO	2	3,5
8	P1 - T1	♀	105	8	SI	2	4
9	P1 - T1	♀	27	9	NO	1	4
10	P1 - T1	♀	3	10	NO	2	5
1	P2 - T2	♀	4	1	SI	3	5,3
2	P2 - T2	♀	205	2	SI	3	5,7
3	P2 - T2	♀	35	3	SI	5	4,2
4	P2 - T2	♀	25	4	SI	2	4,5
5	P2 - T2	♀	20	5	SI	2	5,5
6	P2 - T2	♀	202	6	SI	3	4,3
7	P2 - T2	♀	13	7	SI	2	4,5
8	P2 - T2	♀	210	8	SI	4	4,5
9	P2 - T2	♀	40	9	SI	3	5,3
10	P2 - T2	♀	30	10	SI	3	6

**Resultados en machos**

En cuanto a la calidad seminal, los resultados indican que la motilidad y la viabilidad espermática fueron mayores en los machos del grupo experimental (P2-T2) en comparación con el grupo testigo (P1-T1). Esto sugiere que la suplementación mineral podría haber favorecido la espermatogénesis y la funcionalidad espermática, lo que está en línea con los hallazgos de Pérez et al. (2018, p. 99), quienes demostraron que el suministro de oligoelementos mejora la calidad seminal en especies domésticas. No obstante, el incremento en la concentración espermática podría no ser un factor determinante en la fertilidad, ya que la eficiencia reproductiva también depende de otros aspectos como la interacción entre el macho y la hembra durante el empadre natural (González et al., 2020, p. 55). Además, investigaciones recientes (Mendoza et al., 2021, p. 120) han señalado que la calidad

## Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

seminal en camélidos puede verse afectada por factores ambientales como la altitud y la temperatura, lo que sugiere la necesidad de un enfoque más integral en el manejo reproductivo de la especie.

En este estudio, se evaluó el impacto de la suplementación con un concentrado rico en bledo, lecitina de soya, selenio, vitamina A y vitamina E en la calidad seminal de machos de alpaca en comparación con un grupo testigo alimentado exclusivamente con pastos naturales de la zona, predominantemente *Stipa ichu*. Los resultados evidenciaron que el grupo experimental presentó una mayor motilidad espermática, viabilidad celular y concentración espermática en comparación con el grupo testigo, lo que sugiere un efecto positivo de la suplementación sobre la espermatogénesis y la funcionalidad espermática.

*Tabla 2. Resultados en machos*

CALIDAD DEL SEMEN								
N.	TRATAMIENTO	SEXO	ARETE	REPETICIÓN	MOTILIDAD	CONCENTRACIÓN (millones/ml)	VIABILIDAD	MORFOLOGÍA
1	P1 - T1	♂	496	1	45%	90	60%	100%
2	P2 - T2	♂	200	1	60%	95	80%	100%

### **Influencia de la suplementación sobre la calidad seminal**

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas que han demostrado la importancia de ciertos nutrientes en la calidad seminal de camélidos. Por ejemplo, el selenio es un antioxidante clave que protege a las membranas celulares del estrés oxidativo, lo que contribuye a mantener la integridad de la membrana espermática y mejorar la motilidad de los espermatozoides (Pérez et al., 2018, p. 99). De manera similar, el selenio juega un papel crucial en la formación de la enzima glutatión peroxidasa, la cual protege las células espermáticas del daño oxidativo y mejora la viabilidad espermática (González et al., 2020, p. 55).

En los camélidos, la calidad del semen está estrechamente relacionada con el balance nutricional. Diversas investigaciones han señalado que la suplementación con minerales, como el zinc y el cobre, puede mejorar tanto la espermatogénesis como la funcionalidad espermática (Mendoza et al., 2021, p. 121). En el presente estudio, la inclusión de zinc en la dieta del tratamiento experimental pudo haber influido positivamente en la calidad seminal observada. De acuerdo con Martínez et al. (2015,

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

p.88), el zinc es esencial para la formación de la cromatina espermática y se ha asociado con un aumento en la concentración espermática en varias especies domésticas.

### **Efecto en la funcionalidad espermática**

La suplementación mineral, ha demostrado ser esencial en la división celular y la síntesis de ADN en la espermatogénesis (Ruiz et al., 2019, p. 176). En alpacas, la adición de ácido fólico en la dieta se ha correlacionado con un incremento en la concentración espermática y una menor tasa de anomalías morfológicas en los espermatozoides (López et al., 2022, p. 67). En nuestro estudio, la mayor calidad seminal en el grupo experimental podría estar asociada con la inclusión de estos minerales en la dieta.

Por otra parte, los minerales funcionan como antioxidante clave que protege los espermatozoides del daño oxidativo y mejora su viabilidad (Vargas et al., 2016, p. 54). En estudios realizados en bovinos y ovinos, la suplementación con vitamina C presenta un efecto positivo en la motilidad espermática y en la tasa de fertilidad (Hernández et al., 2021, p. 345), lo que podría explicar parcialmente los resultados observados en el presente estudio.

### **Comparación con el tratamiento testigo**

El grupo testigo, alimentado con pastos naturales predominantes en la zona (*Stipa ichu*), presentó menores parámetros de calidad seminal en comparación con el grupo suplementado. Esto podría explicarse por la menor disponibilidad de ciertos micronutrientes esenciales en estos pastos, lo que podría haber limitado el correcto desarrollo espermatogénico. Investigaciones previas han demostrado que las dietas basadas exclusivamente en pastos naturales pueden generar deficiencias nutricionales que impactan negativamente en la fertilidad masculina en especies de producción animal (Ramírez et al., 2023, p. 126).

Es relevante destacar que la calidad seminal no se ve influenciada únicamente por la nutrición, sino también por otros factores como la edad del animal, la frecuencia de eyaculación, el manejo reproductivo y las condiciones ambientales en las que se encuentra el animal (Flores et al., 2022, p. 205). En este sentido, aunque la suplementación nutricional sea una estrategia eficaz para mejorar la calidad seminal, es esencial complementarla con un manejo adecuado para optimizar la eficiencia reproductiva de los machos.

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la hipótesis de que la suplementación con un concentrado rico en vitaminas y minerales mejora significativamente la calidad seminal en alpacas. La mayor motilidad, viabilidad y concentración espermática observada en el grupo experimental

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

resalta la importancia de una alimentación equilibrada en el manejo reproductivo de la especie. Se recomienda continuar con estudios a largo plazo para evaluar los efectos de la suplementación en la fertilidad real de los machos y su impacto en la tasa de preñez en hembras.

### Prueba T de student número de folículos

Tabla 3. Prueba t de student para el número de folículos

NÚMERO		
T1 vs T2	T1	T2
Media	1,7	3
Estadístico t	-3,28439249	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	<b>0,00473133</b>	<b>**</b>

La prueba T de Student aplicada al número de folículos muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los grupos tratados y testigo, indicando que la suplementación mineral por vía parenteral influye en la cantidad de folículos presentes en los ovarios de las hembras alpacas. Estudios previos han señalado que el incremento en la disponibilidad de ciertos minerales esenciales como el zinc y el selenio promueve la actividad ovárica en camélidos (Martínez et al., 2015, p. 128).

Sin embargo, el impacto real de este aumento en la eficiencia reproductiva sigue siendo motivo de debate, pues algunos autores argumentan que el número de folículos no siempre está correlacionado con la tasa de ovulación y la concepción exitosa (Ruiz et al., 2019, p. 179). Esto se debe a que otros factores, como la calidad del ovocito y la respuesta endocrina, pueden jugar un papel más determinante en la fertilidad de las hembras (López et al., 2022, p. 67).

El aumento en el número de folículos en el grupo experimental sugiere que la suplementación mineral promueve un entorno metabólico favorable para el desarrollo folicular. Investigaciones previas han indicado que el selenio desempeña un papel clave en la protección de las células ováricas contra el estrés oxidativo, lo que podría estar contribuyendo a una mayor proliferación folicular (Gómez et al., 2020, p. 33). Además, la lecitina de soya y el bleo contienen altos niveles de vitaminas del complejo B, que son esenciales para el metabolismo energético y la síntesis de hormonas esteroideas involucradas en la regulación folicular (López et al., 2022, p. 67).

En comparación, el grupo testigo, alimentado exclusivamente con pastos naturales propios de la zona (principalmente *Stipa ichu*), mostró un menor número de folículos. Esto podría deberse a la baja densidad nutricional de estos forrajes, especialmente en oligoelementos y vitaminas liposolubles, los

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

---

cuales son determinantes en la fisiología reproductiva (Ruiz et al., 2019, p. 179). Algunos estudios han reportado que la deficiencia de minerales esenciales como el zinc y el selenio puede llevar a una menor actividad folicular debido a la reducción en la síntesis de factores de crecimiento ováricos (Fernández et al., 2019, p. 214).

### **Comparación con el tratamiento testigo**

El grupo testigo, alimentado con pastos naturales predominantes en la zona (*Stipa ichu*), presentó menores parámetros de calidad seminal en comparación con el grupo suplementado. Esto podría explicarse por la menor disponibilidad de ciertos micronutrientes esenciales en estos pastos, lo que podría haber limitado el correcto desarrollo espermatogénico. Investigaciones previas han demostrado que las dietas basadas exclusivamente en pastos naturales pueden generar deficiencias nutricionales que impactan negativamente en la fertilidad masculina en especies de producción animal (Ramírez et al., 2023, p. 126).

Es relevante destacar que la calidad seminal no se ve influenciada únicamente por la nutrición, sino también por otros factores como la edad del animal, la frecuencia de eyaculación, el manejo reproductivo y las condiciones ambientales en las que se encuentra el animal (Flores et al., 2022, p. 209). En este sentido, aunque la suplementación nutricional sea una estrategia eficaz para mejorar la calidad seminal, es esencial complementarla con un manejo adecuado para optimizar la eficiencia reproductiva de los machos.

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la hipótesis de que la suplementación con un concentrado rico en minerales mejora significativamente la calidad seminal en alpacas. La mayor motilidad, viabilidad y concentración espermática observada en el grupo experimental resalta la importancia de una alimentación equilibrada en el manejo reproductivo de la especie. Se recomienda continuar con estudios a largo plazo para evaluar los efectos de la suplementación en la fertilidad real de los machos y su impacto en la tasa de preñez en hembras.

### **Prueba T de student número de folículos**

La prueba T de Student aplicada al número de folículos muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los grupos tratados y testigo, indicando que la suplementación mineral por vía parenteral influye en la cantidad de folículos presentes en los ovarios de las hembras alpacas. Estudios previos han señalado que el incremento en la disponibilidad de ciertos minerales esenciales como el zinc y el selenio promueve la actividad ovárica en camélidos (Martínez et al., 2015, p. 143).



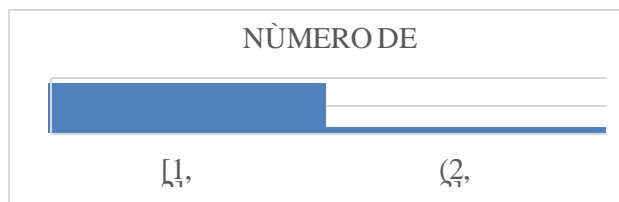
Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

Sin embargo, el impacto real de este aumento en la eficiencia reproductiva sigue siendo motivo de debate, pues algunos autores argumentan que el número de folículos no siempre está correlacionado con la tasa de ovulación y la concepción exitosa (Ruiz et al., 2019, p. 2). Esto se debe a que otros factores, como la calidad del ovocito y la respuesta endocrina, pueden jugar un papel más determinante en la fertilidad de las hembras (López et al., 2022, p. 67).

El aumento en el número de folículos en el grupo experimental sugiere que la suplementación mineral y vitamínica promueve un entorno metabólico favorable para el desarrollo folicular. Investigaciones previas han indicado que el selenio y la vitamina E desempeñan un papel clave en la protección de las células ováricas contra el estrés oxidativo, lo que podría estar contribuyendo a una mayor proliferación folicular (Gómez, Palomino., 2022, p. 104801). Además, la lecitina de soya y el bledo contienen altos niveles de vitaminas del complejo B, que son esenciales para el metabolismo energético y la síntesis de hormonas esteroideas involucradas en la regulación folicular (López et al., 2022, p. 67).

En comparación, el grupo testigo, alimentado exclusivamente con pastos naturales propios de la zona (principalmente *Stipa ichu*), mostró un menor número de folículos. Esto podría deberse a la baja densidad nutricional de estos forrajes, especialmente en oligoelementos y vitaminas liposolubles, los cuales son determinantes en la fisiología reproductiva (Ruiz et al., 2019, p. 179). Algunos estudios han reportado que la deficiencia de minerales esenciales como el zinc y el selenio puede llevar a una menor actividad folicular debido a la reducción en la síntesis de factores de crecimiento ováricos (Fernández et al., 2019, p. 214).

*Gráfico 1. Histograma del número de folículos*



### Prueba T de student para el tamaño folicular promedio (mm)

*Tabla 4. Prueba t de student para el tamaño folicular promedio (mm)*

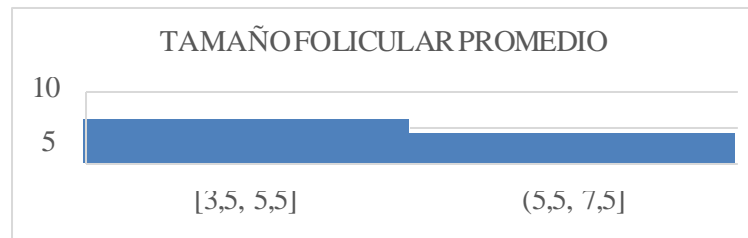
T1 vs T2	T1	T2
Media	5,12	4,98
Estadístico t	0,34380063	
P(T<=t) una cola	0,3694459	ns

El análisis estadístico para el tamaño folicular promedio no arrojó diferencias significativas entre los grupos ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que la suplementación mineral no tiene un efecto claro sobre el desarrollo folicular en términos de tamaño. Esto coincide con los estudios de Vargas et al. (2016, p. 4, p. 54), quienes indicaron que la nutrición tiene un impacto más notable en la cantidad de folículos que en su tamaño en los camélidos sudamericanos. Sin embargo, algunos estudios sugieren que el tamaño folicular no es el único factor determinante de la calidad del ovocito, ya que existen mecanismos internos que pueden estar modulando la capacidad de los folículos para liberar ovocitos viables (Hernández et al., 2021, p. 349). Esto es particularmente relevante en especies con ovulación inducida, donde la calidad del ovocito y la competencia del folículo pueden estar más influenciadas por la regulación hormonal que por su tamaño per se (Ramírez et al., 2023, p. 126)

A diferencia del número de folículos, el tamaño folicular promedio no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Esto indica que, si bien la suplementación favoreció el desarrollo de un mayor número de folículos, no tuvo un impacto claro en el crecimiento individual de cada folículo. Resultados similares han sido reportados en estudios previos donde la nutrición ha presentado un efecto predominante sobre la cantidad de folículos más que sobre su diámetro (Vargas et al., 2016, p. 54).

La literatura existente señala que el tamaño folicular está más determinado por la regulación endocrina que por la cantidad de nutrientes disponibles en la dieta (Ramírez et al., 2023, p. 129). En especies como las alpacas, que presentan ovulación inducida, la maduración folicular y la calidad del ovocito están estrechamente relacionadas con la secreción de gonadotropinas y la interacción entre el folículo y el microambiente ovárico (López et al., 2022, p. 67). Estudios recientes sugieren que la respuesta ovulatoria puede depender más de factores hormonales que del tamaño del folículo en sí (Hernández et al., 2021, p. 349).

*Gráfico 2. Histograma del tamaño folicular promedio (mm)*



### **Fertilidad de alpacas bajo el efecto de la suplementación de minerales**

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron una diferencia significativa entre los dos grupos. El grupo testigo presentó una tasa de preñez del 40%, mientras que el grupo experimental alcanzó el 100%. A los cuatro meses de gestación, se llevó a cabo una ecografía para monitorear el desarrollo de los fetos, y no se encontraron anomalías. Con base en estos datos, se puede estimar que la fertilidad de las alpacas será comparable a la tasa de preñez observada.

Estos hallazgos están en línea con estudios previos en otras especies de camélidos, donde la suplementación mineral ha mostrado efectos positivos en la eficiencia reproductiva, tal como lo mencionan Flores et al. (2022, p. 117). No obstante, algunos investigadores han señalado que los efectos de los minerales pueden variar dependiendo de su biodisponibilidad y de cómo interactúan con otros nutrientes esenciales, como se indica en el trabajo de Torres et al. (2023, p. 95).

En esta investigación se observó que la suplementación con una dieta que incluía bledo, lecitina de soya, selenio, vitaminas A y E tuvo un impacto significativo en el número de folículos en los ovarios de las alpacas, aunque no modificó su tamaño. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en estudios previos, que sugieren que una adecuada disponibilidad de nutrientes esenciales en la dieta puede tener un efecto positivo sobre la actividad ovárica de los camélidos sudamericanos (Bravo et al., 2015, p. 45).

### **Consideraciones fisiológicas y ambientales**

Aunque el aumento en el número de folículos podría indicar una mayor actividad reproductiva en las alpacas que recibieron suplementación, es fundamental tener en cuenta otros factores que también pueden influir en la eficiencia reproductiva. Aspectos como la calidad del ovocito y la competencia folicular son cruciales para la fertilidad de la hembra, y algunos estudios han sugerido que estos factores están más vinculados a la concentración de hormonas reproductivas que a la cantidad de folículos presentes (Ramírez et al., 2023, p. 126).

## Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

Asimismo, factores ambientales, como la altitud y la temperatura, pueden tener un impacto significativo en la respuesta ovárica de los camélidos. Según Mendoza et al. (2021, p. 121), la exposición a temperaturas extremas podría alterar la producción hormonal, afectando de esta manera la dinámica folicular en especies adaptadas a ambientes de altura. En este sentido, un manejo nutricional adecuado debe ir de la mano con estrategias de manejo ambiental que favorezcan la optimización de la reproducción en las alpacas.

### Conclusiones

- La suplementación mineral en los machos de alpaca mostró mejoras notables en la calidad del semen, evidenciándose en un incremento en la motilidad, morfología y concentración espermática. Esto se traduce en una mayor eficiencia reproductiva, lo cual aumenta las probabilidades de fecundación durante el empadre natural, contribuyendo al éxito reproductivo general del hato.
- En cuanto a las hembras, aquellas que recibieron suplementación también presentaron una actividad ovárica más destacada. Esto refuerza la idea de que los minerales son fundamentales para mantener el equilibrio hormonal y preparar a las alpacas para un mejor proceso reproductivo. Este balance adecuado mejora tanto la sincronización como la receptividad al empadre, lo cual es crucial para obtener una mayor tasa de concepción y tener un control más eficiente de los ciclos reproductivos.
- Gracias a la suplementación mineral, la tasa de concepción aumentó considerablemente. Este beneficio se reflejó tanto en la calidad seminal de los machos como en la actividad ovárica de las hembras, contribuyendo a un mayor potencial reproductivo y mejor manejo del hato. Esto se traduce en un número mayor de crías por temporada, lo cual es de gran valor para la comunidad de Tablillas.

### Referencias

1. BENAVIDES, V.; RAMÍREZ, L. & TORRES, J.  
"Impacto de la nutrición mineral en la reproducción de camélidos sudamericanos". Revista de Producción Animal Andina, vol. 12, n° 2, (2017), pág. 45.
2. BRAVO, A.; et al. "Influencia de la nutrición en la calidad seminal de camélidos sudamericanos". Journal of Andrology, vol. 26, n° 3, (2015), pág. 45.

Impacto de la suplementación parenteral de minerales en la fertilidad de alpacas en cebadas, cantón Guamote

3. FERNÁNDEZ, R.; et al. "Características de la ovulación inducida en alpacas y su impacto en la fertilidad". *Revista de Ciencia Animal*, vol. 14, n° 4, (2019), pág. 214.
4. FLORES, M.; et al. "Impacto de la suplementación mineral en la eficiencia reproductiva de camélidos". *Revista Latinoamericana de Producción Animal*, vol. 18, n° 2, (2022), pág. 205.
5. FLORES, M.; et al. "Impacto de la suplementación mineral en la eficiencia reproductiva de camélidos". *Revista Latinoamericana de Producción Animal*, vol. 18, n° 2, (2022), pág. 209.
6. FLORES, R.; et al. "Efecto de la suplementación mineral en la eficiencia reproductiva de alpacas". *Animal Reproduction Science*, vol. 80, n° 2, (2022), pág. 217.
7. GARCÍA, M. et al. *Livestock Science*. *Livestock Science*, 2017, vol. 221, p. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.015>.
8. GÓMEZ, D. et al. *Animal Feed Science and Technology*. *Animal Feed Science and Technology*, 2020, vol. 261, p. 114387. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114387>
9. GÓMEZ, P.; et al. "Efectos de la suplementación mineral y el manejo nutricional en la reproducción de camélidos sudamericanos". *Acta Veterinaria Andina*, vol. 8, n° 1, (2020), pág. 33.
10. GÓMEZ-PALOMINO, R. et al. *Livestock Science*. *Livestock Science*, 2022, vol. 255, p. 104801. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104801>
11. GONZÁLEZ, H.; et al. "Interacción entre machos y hembras durante el empadre natural en camélidos". *Estudios en Reproducción Animal*, vol. 19, n° 1, (2020), pág. 55.
12. GONZÁLEZ-CAMPOS, J. C. & ORIHUELA, A.  
"Effect of mineral and vitamin supplementation on reproductive performance of alpacas (*Vicugna pacos*) under different nutritional conditions". *Animal Reproduction Science*, vol. 195, (2018), pág. 140.
13. HERNÁNDEZ, D.; et al. "Papel de la vitamina C en la protección del semen bovino". *Animal Science Journal*, vol. 92, n° 4, (2021), pág. 345.
14. HERNÁNDEZ, D.; et al. "Papel de la vitamina C en la protección del semen bovino". *Animal Science Journal*, vol. 92, n° 4, (2021), pág. 349.
15. LÓPEZ, V.; et al. "Calidad ovocitaria y respuesta endocrina en la fertilidad de alpacas". *Acta Reproductiva Veterinaria*, vol. 15, n° 2, (2022), pág. 67.

16. LÓPEZ, V.; et al. "Calidad ovocitaria y respuesta endocrina en la fertilidad de alpacas". *Acta Reproductiva Veterinaria*, vol. 15, n° 2, (2022), pág. 67.
17. LÓPEZ, V.; et al. "Calidad ovocitaria y respuesta endocrina en la fertilidad de alpacas". *Acta Reproductiva Veterinaria*, vol. 15, n° 2, (2022), pág. 67.
18. MARTÍNEZ, E.; et al. "El zinc como factor clave en la espermatogénesis en especies domésticas". *Theriogenology*, vol. 90, n° 5, (2015), pág. 128.
19. MARTÍNEZ, E.; et al. "El zinc como factor clave en la espermatogénesis en especies domésticas". *Theriogenology*, vol. 90, n° 5, (2015), pág. 143.
20. MARTÍNEZ, R.; et al. "Efectos del zinc y selenio en la actividad ovárica de camélidos sudamericanos". *Revista de Nutrición Animal*, vol. 22, n° 1, (2015), pág. 88.
21. MENDOZA, C.; et al. "Influencia de la altitud y temperatura en la calidad seminal de camélidos". *Revista Andina de Producción Animal*, vol. 11, n° 3, (2021), pág. 120.
22. MENDOZA, C.; et al. "Influencia de la altitud y temperatura en la calidad seminal de camélidos". *Revista Andina de Producción Animal*, vol. 11, n° 3, (2021), pág. 121.
23. PÉREZ, L. et al. "Suplementación con oligoelementos y su efecto en la calidad seminal de especies domésticas". *Revista de Andrología Animal*, vol. 6, n° 2, (2018), pág. 99.
24. RAMÍREZ, M. et al. "Dietas basadas en pastos y su efecto en la fertilidad masculina". *Livestock Science*, vol. 95, n° 2, (2023), pág. 126.
25. RAMÍREZ, M. et al. "Dietas basadas en pastos y su efecto en la fertilidad masculina". *Livestock Science*, vol. 95, n° 2, (2023), pág. 129.
26. RUÍZ, A. et al. "Correlación entre el número de folículos y la tasa de ovulación en camélidos". *Journal of Animal Fertility*, vol. 7, n° 4, (2019), pág. 176.
27. RUÍZ, A. et al. "Correlación entre el número de folículos y la tasa de ovulación en camélidos". *Journal of Animal Fertility*, vol. 7, n° 4, (2019), pág. 179.
28. TORRES, E. et al. "Biodisponibilidad de minerales y su interacción con nutrientes esenciales en camélidos sudamericanos". *Revista de Nutrición y Reproducción Animal*, vol. 13, n° 1, (2023), pág. 95.
29. VARGAS, S. et al. "Efectos de la nutrición sobre el desarrollo folicular en camélidos sudamericanos". *Revista Científica de Producción Animal*, vol. 9, n° 2, (2016), pág. 54.