

**Caracterización de un suplemento de sal mineral a base de diferentes porcentajes de pulverizado de cangrejo (*Ucides Occidentalis*).**

**Characterization of a mineral salt supplement based on different percentages of crab powder (*Ucides occidentalis*)**

**Caracterização de um suplemento de sal mineral à base de diferentes percentagens de pó de caranguejo (*Ucides Occidentalis*).**

Calva Motoche Jordy Fabian  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
[jordycalvamotoche@tsachila.edu.ec](mailto:jordycalvamotoche@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-6354-4666>



Pérez Calzación Alisson Nicole  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
[alissonperezcalzacon@tsachila.edu.ec](mailto:alissonperezcalzacon@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-2265-3335>



Quiñonez Alvarado María del Pilar  
Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
[mariaquinonez@tsachila.edu.ec](mailto:mariaquinonez@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1672-0104>



**DOI / URL:** <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1422>

**Como citar:**

Calva, J., Pérez, A &, Quiñonez, M., (2026). Caracterización de un suplemento de sal mineral a base de diferentes porcentajes de pulverizado de cangrejo (*Ucides Occidentalis*). *Código Científico Revista de Investigación*, 7(E1), 2235-2268.

**Recibido:** 03/01/2026

**Aceptado:** 29/01/2026

**Publicado:** 31/03/2026

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar un suplemento de sal mineral formulado con diferentes porcentajes de pulverizado de cangrejo (*Ucides occidentalis*), evaluando su composición bromatológica, mineral y viabilidad económica. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando análisis cuantitativos de laboratorio y una descripción técnica del proceso productivo. Se aplicó un DCA con cuatro tratamientos (0%, 5%, 10% y 15% de pulverizado) y 3 repeticiones, total de 12 UE. El análisis del pulverizado de exoesqueleto de cangrejo evidenció un alto contenido de cenizas (48,16 % en base seca), acompañado de proteína moderada (25,16 %) y fibra (13,10 %), confirmando su carácter predominantemente mineral. En el suplemento de sal mineral, los resultados mostraron incrementos significativos ( $p < 0,05$ ) en macrominerales aumentó el nivel de inclusión del pulverizado. El calcio se incrementó de 4,31% a 7,94%, el fósforo de 1,27% a 2,00%, el magnesio de 0,34% a 0,43% y el azufre de 0,71% a 0,82%, mientras que el potasio disminuyó de 0,24% a 0,19% por efecto de sustitución de la sal marina. En los microminerales, se observaron aumentos en hierro (734,33–760 ppm), zinc (117–141,67 ppm), cobre (533,67–540 ppm) y manganeso (27,67–30 ppm). El análisis bromatológico del suplemento evidenció estabilidad en la humedad (4,19–4,56%) y aumentos progresivos en proteína, extracto etéreo, ceniza y fibra. El análisis económico determinó precios de venta entre 1,64 y 1,69 USD/kg, inferiores a productos comerciales. En conclusión, la incorporación de pulverizado de cangrejo resulta técnica, nutricional y económicamente viable, promoviendo el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales.

**Palabras Clave:** Exoesqueleto de cangrejo; Suplementación mineral; Análisis mineral; Análisis bromatológico; Economía circular.

## Abstract

The objective of this research was to characterize a mineral salt supplement formulated with different percentages of powdered crab (*Ucides occidentalis*), evaluating its bromatological and mineral composition and economic viability. The study was conducted using a mixed approach, integrating quantitative laboratory analyses and a technical description of the production process. A DCA was applied with four treatments (0%, 5%, 10%, and 15% powder) and three replicates, 12 UEs. Analysis of the crab shell powder showed a high ash content (48.16% on a dry basis), accompanied by moderate protein (25.16%) and fiber (13.10%), confirming its predominantly mineral nature. In the mineral salt supplement, the results showed significant increases ( $p < 0.05$ ) in macrominerals as the level of powder inclusion increased. Calcium increased from 4.31% to 7.94%, phosphorus from 1.27% to 2.00%, magnesium from 0.34% to 0.43%, and sulfur from 0.71% to 0.82%, while potassium decreased from 0.24% to 0.19% due to the effect of sea salt substitution. In microminerals, increases were observed in iron (734.33–760 ppm), zinc (117–141.67 ppm), copper (533.67–540 ppm), and manganese (27.67–30 ppm). El análisis bromatológico del suplemento evidenció estabilidad en la humedad (4,19–4,56%) y aumentos progresivos en proteína, extracto etéreo, ceniza y fibra. El análisis económico determinó precios de venta entre 1,64 y 1,69USD/kg, inferiores a productos comerciales. En conclusión, la incorporación de pulverizado de cangrejo resulta técnica, nutricional y económicamente viable, promoviendo el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales.

**Keywords:** Crab shell; Mineral supplementation; Mineral analysis; Bromatological analysis; Circular economy

## Resumo

A presente investigação teve como objetivo caracterizar um suplemento de sal mineral formulado com diferentes percentagens de caranguejo pulverizado (*Ucides occidentalis*), avaliando sua composição bromatológica, mineral e viabilidade econômica. O estudo foi desenvolvido sob uma abordagem mista, integrando análises quantitativas de laboratório e uma descrição técnica do processo produtivo. Foi aplicado um DCA com quatro tratamentos (0%, 5%, 10% e 15% de pó) e 3 repetições, 12 UE. A análise do pó de exoesqueleto de caranguejo evidenciou um alto teor de cinzas (48,16% em base seca), acompanhado de proteína moderada (25,16%) e fibra (13,10%), confirmando seu caráter predominantemente mineral. No suplemento de sal mineral, os resultados mostraram aumentos significativos ( $p < 0,05$ ) em macrominerais, aumentando o nível de inclusão do pulverizado. O cálcio aumentou de 4,31% para 7,94%, o fósforo de 1,27% para 2,00%, o magnésio de 0,34% para 0,43% e o enxofre de 0,71% para 0,82%, enquanto o potássio diminuiu de 0,24% para 0,19% devido ao efeito da substituição do sal marinho. Nos microminerais, observaram-se aumentos no ferro (734,33–760 ppm), zinco (117–141,67 ppm), cobre (533,67–540 ppm) e manganês (27,67–30 ppm). A análise bromatológica do suplemento evidenciou estabilidade na umidade (4,19–4,56%) e aumentos progressivos em proteína, extrato etéreo, cinza e fibra. A análise econômica determinou preços de venda entre 1,64 e 1,69 USD/kg, inferiores aos produtos comerciais. Em conclusão, a incorporação de pó de caranguejo é técnica, nutricional e economicamente viável, promovendo o aproveitamento sustentável de resíduos agroindustriais.

**Palavras-chave:** Exoesqueleto de caranguejo; Suplementação mineral; Análise mineral; Análise bromatológica; Economia circular.

## Introducción

Los suplementos minerales cumplen una función esencial en la nutrición animal y humana, aportando los elementos indispensables para procesos fisiológicos como la formación de huesos, la función enzimática, el balance osmótico y otros. Los minerales como calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y otros oligoelementos deben estar presentes en proporciones adecuadas para asegurar el óptimo crecimiento, la salud y el bienestar de los organismos consumidores. En mercados agrícolas y pecuarios, así como en alimentación humana, la suplementación mineral se ha convertido en una práctica habitual, especialmente cuando la dieta base no aporta todos los nutrientes esenciales (Cuellar, 2021).

Por otro lado, los crustáceos de manglar, como el cangrejo rojo, representan una fuente biológica con alto potencial de aprovechamiento de sus partes no convencionales, como los exoesqueletos o caparazones, debido a su contenido de minerales especialmente calcio (Ca) y otros elementos minerales estructurales. En Ecuador, el cangrejo es una especie ecológica y económicamente significativa en los ecosistemas de manglar, explotada artesanalmente, cuya extracción debe ser manejada para garantizar su sostenibilidad (Rosado, 2016).

Además, investigaciones previas muestran que este cangrejo no solo tiene valor alimenticio, sino que sus subproductos tienen aplicaciones potenciales en otros ámbitos. Por ejemplo, se ha estudiado la obtención de astaxantina a partir del exoesqueleto de cangrejo (*Ucides occidentalis*) (Chiliquinga, 2025). También se ha trabajado con los caparazones como aditivos en materiales de construcción, como en la elaboración de baldosas cerámicas, o como fuente de carbonato de calcio. Por lo tanto, estos residuos pueden tener un valor agregado importante si se caracterizan y procesan adecuadamente (Venegas et al., 2020).

El presente estudio se enfoca en la caracterización de un suplemento de sal mineral elaborado con diferentes porcentajes de pulverizado de cangrejo (*Ucides occidentalis*). El objetivo fue determinar cómo varía la composición mineral, la disponibilidad de nutrientes según el porcentaje de adición del material pulverizado y a su vez disminuir el impacto de contaminación de los residuos como el caparazón al medio ambiente, buscando la formulación adecuada para lograr un producto con excelentes características.

En la actualidad, se estima que aproximadamente un tercio de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o se desperdicia a escala global, lo que equivale a más de 1.300 millones de toneladas anuales. Dentro de este problema, los residuos provenientes de alimentos marinos constituyen una categoría específica, aunque igualmente significativa, e incluyen principalmente restos de pescado y mariscos. A nivel mundial, la actividad comercial de productos del mar genera entre 6 y 8 millones de toneladas de desechos de conchas de cangrejo,

camarón y langosta cada año. Mientras que en los países en vías de desarrollo estos residuos suelen ser depositados directamente en vertederos, en las naciones desarrolladas, su gestión y disposición final implican costos elevados (Vicente et al., 2022).

En este contexto, hay una creciente preocupación frente a la sustentabilidad de los ecosistemas de manglar y el uso sostenible de sus recursos. El cangrejo rojo de manglar ha sido objeto de estudios recientes sobre su valor nutricional. Se ha identificado que grandes cantidades de exoesqueletos del cangrejo quedan como residuos sólidos, los cuales muchas veces no se aprovechan y pueden generar impactos negativos ambientales si no se gestionan adecuadamente (Paspuel & Correa, 2019). Este recurso es ampliamente comercializado por su carne, pero su exoesqueleto o carapacho suele ser desechado, acumulándose en grandes volúmenes que, al descomponerse, generan contaminación ambiental y problemas sanitarios. En este sentido, el aprovechamiento de estos residuos como fuente de minerales representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental y promover prácticas de economía circular, transformando un desecho en un producto de valor agregado.

## Metodología

La investigación se desarrolló en la Planta de Procesos y el Laboratorio de Química del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, ubicado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, parroquia Chigüilpe. La materia prima utilizada, correspondiente al cangrejo (*Ucides occidentalis*), fue adquirida en el Mercado de Mariscos 17 de diciembre, local 32. El estudio se ejecutó durante el periodo lectivo II-2025, con una duración aproximada de cuatro meses (septiembre 2025- diciembre 2025).

El trabajo se sustentó en un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas, lo que permitió una interpretación integral del fenómeno analizado. El enfoque cuantitativo se centró en la caracterización fisicoquímica, bromatológica y mineral

de la sal mineral formulada con diferentes proporciones de pulverizado del exoesqueleto de cangrejo, mientras que el enfoque cualitativo se orientó a la descripción y análisis de los resultados obtenidos durante el proceso experimental.

La investigación se desarrolló bajo las modalidades de investigación de campo, documental y experimental. La investigación de campo permitió la elaboración directa del suplemento de sal mineral en condiciones controladas, evaluando sus características bromatológicas y minerales conforme a los parámetros establecidos. La investigación documental facilitó la construcción del marco teórico, mediante la revisión de estudios relacionados con la sal mineral, el aprovechamiento de subproductos del cangrejo y sus propiedades nutricionales, lo que permitió contextualizar y sustentar científicamente el estudio. Por su parte, la investigación experimental consistió en la formulación controlada de sal mineral con distintas proporciones de pulverizado del exoesqueleto del cangrejo, estableciendo tratamientos y controles para la medición de variables fisicoquímicas y minerales.

El nivel de investigación fue explicativo, ya que se buscó determinar la relación causa-efecto derivada de la variación en la proporción de pulverizado de cangrejo incorporado en la formulación del suplemento de sal mineral. Este enfoque permitió explicar cómo dichas variaciones influyen en la concentración de microminerales y minerales, así como en las características bromatológicas del producto, comparándolo con un suplemento comercial disponible en el mercado.

La población de estudio estuvo constituida por las diferentes formulaciones de sal mineral elaboradas con distintas proporciones de pulverizado del exoesqueleto de cangrejo, incluyendo además suplementos comerciales utilizados como referencia para la comparación bromatológica y mineral. La muestra estuvo conformada por los tratamientos elaborados en planta, lo que permitió realizar un análisis comparativo representativo de las propiedades físico-químicas y nutricionales de cada formulación.

Para la recolección de información se emplearon técnicas de laboratorio y observación directa. Las técnicas de laboratorio permitieron obtener datos cuantitativos sobre la composición mineral y bromatológica del suplemento, mediante procedimientos estandarizados para la determinación de macro y microminerales. La observación directa se utilizó para registrar detalladamente cada etapa del proceso de elaboración, desde la preparación de la materia prima hasta la obtención del producto final, garantizando la trazabilidad y confiabilidad de los datos mediante fichas de registro.

La variable independiente correspondió a la formulación de la sal mineral, definida por la proporción de pulverizado de cangrejo incorporada en la mezcla, considerando cuatro tratamientos con concentraciones de 0 %, 5 %, 10 % y 15 %. Las variables dependientes incluyeron el análisis mineral, las características bromatológicas y el costo del proceso. Los análisis minerales y bromatológicos fueron realizados en un laboratorio certificado.

Finalmente, para el control de calidad de los parámetros minerales y bromatológicos se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, lo que dio lugar a un total de 12 unidades experimentales. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, utilizando un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0,05$ ), lo que permitió establecer diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 1.**  
Formulaciones

Tratamientos	% de pulverizado
T1	0% de pulverizado de cangrejo
T2	5 % de pulverizado de cangrejo
T3	10% de pulverizado de cangrejo
T4	15% de pulverizado de cangrejo

**Elaborado por:** Pérez y Calva, (2025)

**Tabla 2.**  
Formulación para la sal marina en base a 100kg

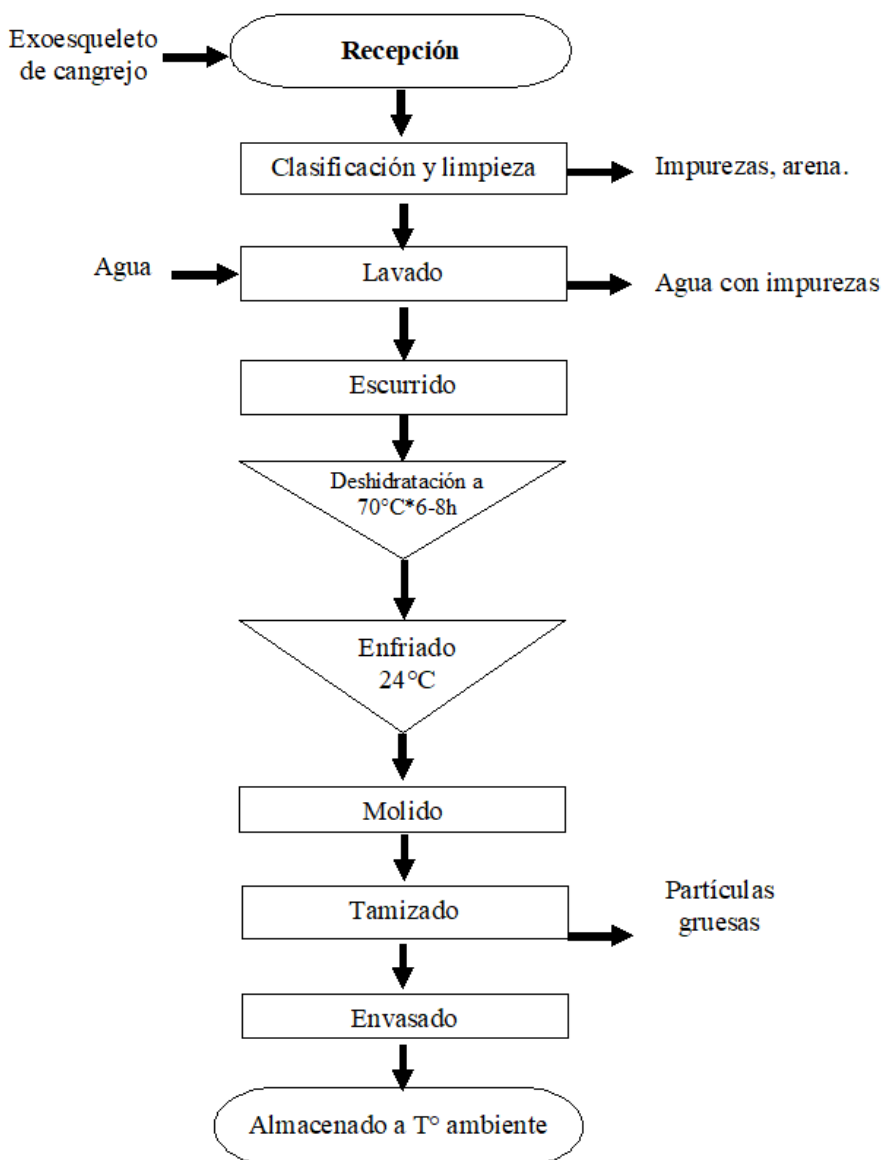
Ingrediente	Cantidad (%)	Función
Sal marina (variación de porcentaje)	54,4%	Fuente principal de Na y Cl
<b>Exoesqueleto de cangrejo pulverizado</b>		

(variación de porcentaje 0% 5%// 10%/ 15%)		Fuente natural de Ca, P y microelementos
Sulfato de magnesio	8 %	Aporta Mg y S, ayuda BCAD negativo
Azufre	5%	Ajusta S total
Sulfato de cobre	0,6%	Microelemento
Óxido de zinc	1 %	Microelemento
Urea	4%	

Fuente: (Flórez et al., 2015)

Adaptado por: Pérez y Calva, (2025)

**Diagrama de flujo del pulverizado del exoesqueleto de cangrejo**



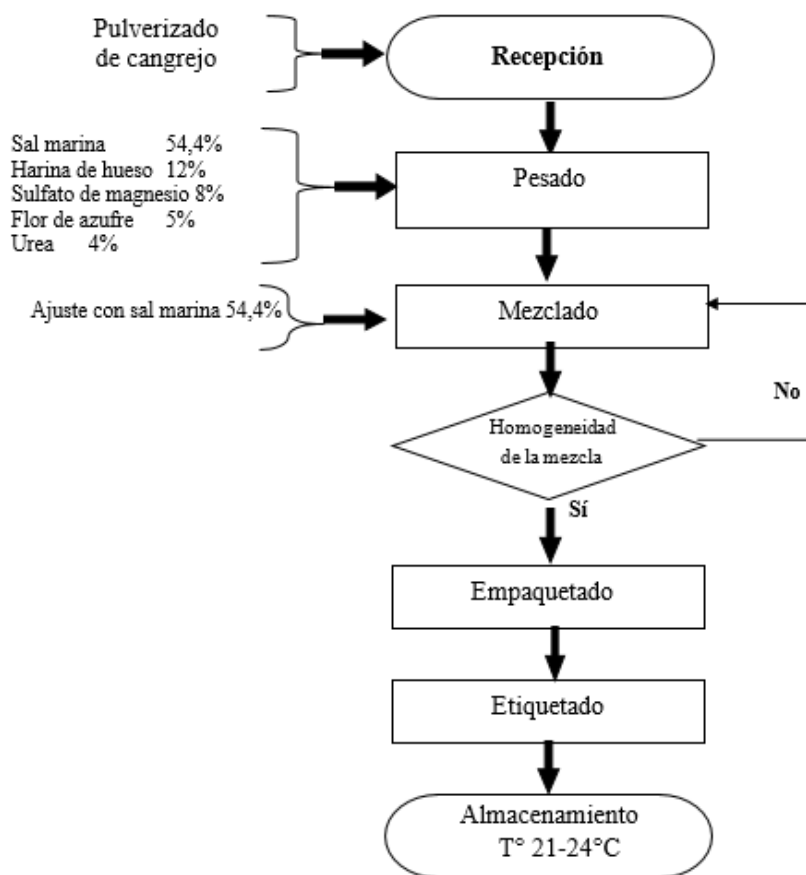
**Figura 1.** Diagrama de flujo para la elaboración del pulverizado

El proceso de obtención del pulverizado del exoesqueleto de cangrejo inició con la recepción e inspección visual del material, descartando fragmentos con signos de deterioro o

contaminación. Los exoesqueletos aceptados fueron clasificados manualmente y sometidos a una limpieza preliminar para eliminar impurezas sólidas, seguida de un lavado con agua potable o destilada hasta obtener un material limpio y libre de residuos.

Posteriormente, el material fue escurrido y sometido a un proceso de deshidratación en un secador industrial con circulación de aire caliente a 70 °C durante 6 a 8 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad entre 5 % y 10 %, conforme a lo establecido por la Norma INEN 616. Harinas y cereales. Una vez seco, el exoesqueleto fue enfriado a temperatura ambiente (21°C-24°C) y posteriormente molido mediante un molino obteniéndose un polvo fino y homogéneo. El pulverizado obtenido fue tamizado para uniformar el tamaño de partícula y finalmente envasado en recipientes herméticos, protegidos de la humedad y la luz. El producto final se almacenó en un ambiente seco y ventilado.

**Diagrama de flujo de la sal mineral con pulverizado de cangrejo**



**Figura 2.** Diagrama de flujo para la elaboración de sal mineral

El proceso de elaboración de la sal mineral inició con la recepción del pulverizado de cangrejo, el cual fue sometido a una inspección visual y sensorial para verificar su calidad. Posteriormente, cada ingrediente fue pesado de acuerdo con la formulación establecida para la elaboración de 5 kg de sal mineral, garantizando la proporción adecuada de macro y micronutrientes mediante el uso de balanza de precisión y recipientes de acero inoxidable. Los ingredientes pesados fueron mezclados manualmente en bandejas de acero inoxidable hasta obtener una mezcla homogénea, verificándose visualmente su uniformidad; en caso contrario, el proceso de mezclado se repitió hasta lograr la homogeneidad requerida.

Una vez obtenida la mezcla uniforme, la sal mineral fue envasada en bolsas de polietileno de 5 kg, que permiten su protección frente a la humedad y posibles contaminaciones externas. Cada envase fue etiquetado con información correspondiente a la composición, fecha de elaboración y recomendaciones de uso (INEN 188 Rotulado de los productos utilizados para la alimentación de los animales), verificándose además el peso final. Finalmente, los tratamientos fueron almacenados a temperatura ambiente aproximada de 23 °C, en un ambiente seco y libre de humedad, y evitar el contacto directo con el suelo.

## Resultados

Con el fin de evaluar el efecto del porcentaje de pulverizado del exoesqueleto de cangrejo sobre la composición mineral de la sal mineral, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los macrominerales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y microminerales (cobre, hierro, zinc y manganeso). Los valores de probabilidad obtenidos permitieron determinar la significancia estadística del factor porcentaje de pulverizado y de las repeticiones sobre cada mineral evaluado. Valores de  $p < 0,05$  indican efectos estadísticamente significativos.

**Tabla 3.**  
Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de los minerales de la sal mineral

Mineral	p (Modelo)	p (Porcentaje de pulverizado)	p (Repeticiones)
Nitrógeno	< 0,0001	< 0,0001	0,178
Fósforo	< 0,0001	< 0,0001	0,027
Potasio	0,0052	0,0023	0,178
Calcio	< 0,0001	< 0,0001	0,0035
Magnesio	< 0,0001	< 0,0001	0,0004
Azufre	0,0039	0,0014	0,9313
Cobre	0,0003	0,0003	0,0018
Hierro	< 0,0001	< 0,0001	0,0012
Zinc	< 0,0001	< 0,0001	0,0066
Manganeso	0,0003	0,0002	0,002

Nota: Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.  
**Elaborado por:** Pérez y Calva (2025).

Con el propósito de evaluar el efecto del porcentaje de pulverizado del exoesqueleto de cangrejo sobre las características bromatológicas de la sal mineral, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas y fibra (tabla 4).

**Tabla 4.**  
Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros bromatológicos de la sal mineral

Parámetro bromatológico	p (Modelo)	p (Tratamiento / % pulverizado)	p (Repeticiones)
Humedad	0,2298	0,3183	0,1577
Proteína	< 0,0001	< 0,0001	0,0029
Extracto etéreo	< 0,0001	< 0,0001	0,0044
Cenizas	< 0,0001	< 0,0001	0,0061
Fibra	< 0,0001	< 0,0001	0,0017

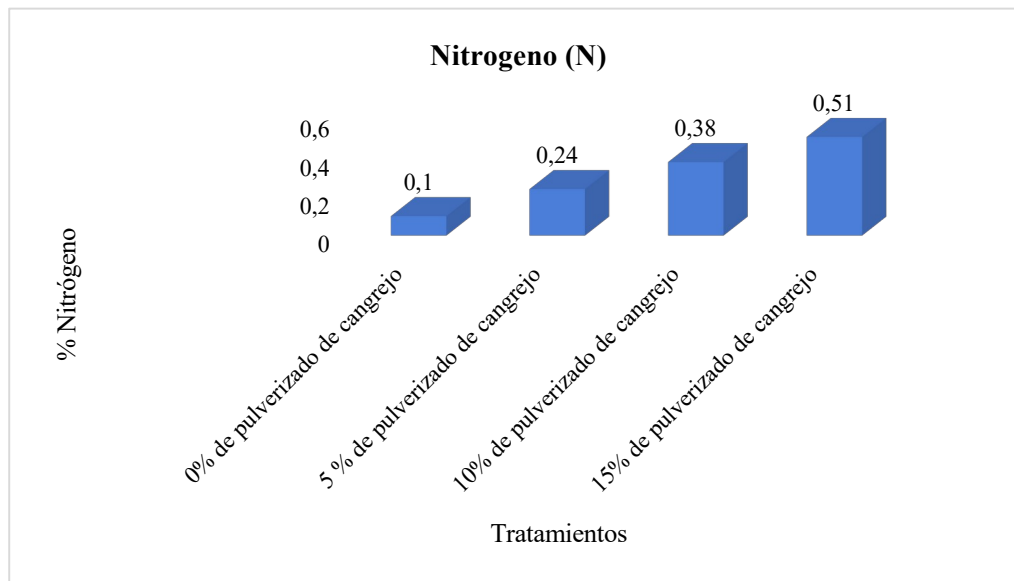
Nota: Valores de  $p < 0,05$  indican efectos estadísticamente significativos del porcentaje de pulverizado del exoesqueleto de cangrejo sobre los parámetros bromatológicos evaluados.  
**Elaborado por:** Pérez y Calva (2025).

## Análisis de minerales

### Análisis de Nitrógeno

El análisis de varianza evidenció para el nitrógeno un coeficiente de variación bajo (CV = 2,82%), lo que confirma una adecuada precisión experimental y consistencia entre repeticiones. Los resultados muestran que el porcentaje de pulverizado de cangrejo tuvo un

efecto altamente significativo sobre el contenido de nitrógeno ( $p < 0,0001$ ), mientras que las repeticiones no presentaron un efecto estadísticamente significativo ( $p > 0,05$ ).

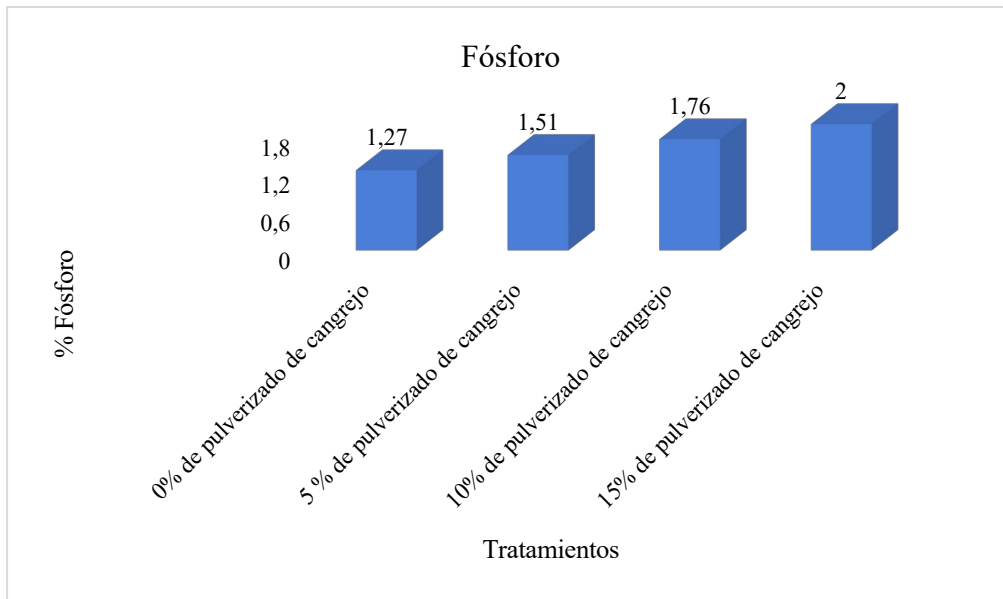


**Figura 3.** Resultados del análisis de Nitrógeno

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los niveles de pulverizado de cangrejo evaluados respecto al nitrógeno. El tratamiento sin incorporación de pulverizado (0 %) presentó el valor medio más bajo (0,10), ubicándose en el grupo A, mientras que el tratamiento con 5 % de pulverizado alcanzó un valor intermedio (0,24), correspondiente al grupo B. Por su parte, el tratamiento con 10 % de pulverizado mostró un incremento adicional (0,38), clasificándose en el grupo C, y el tratamiento con 15 % de pulverizado registró el valor medio más alto (0,51), ubicándose en el grupo D. Esta separación clara entre grupos demuestra que el aumento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un efecto significativo y progresivo sobre el parámetro evaluado.

### **Análisis de Fosforo**

El análisis de varianza mostró un coeficiente de variación muy bajo ( $CV = 0,61\%$ ), lo que indica alta precisión experimental. El porcentaje de pulverizado de cangrejo influyó de manera altamente significativa en el contenido de fósforo ( $p < 0,0001$ ), mientras que las repeticiones presentaron un efecto significativo ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4.** Resultados del análisis de Fósforo

El contenido de fósforo mostró un incremento progresivo conforme aumentó el porcentaje de pulverizado de cangrejo en la formulación del suplemento mineral. El tratamiento sin incorporación de pulverizado (0 %) presentó la media más baja de fósforo (1,27), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado alcanzaron valores superiores de 1,51, 1,76 y 2,00, respectivamente. Esta tendencia evidencia que la adición de exoesqueleto de cangrejo pulverizada influye positivamente en el contenido de fósforo del producto final.

### Análisis de Potasio

Para el potasio, el coeficiente de variación fue moderado ( $CV = 4,03\%$ ), indicando una variabilidad aceptable del experimento. El análisis de varianza reveló que el porcentaje de pulverizado tuvo un efecto significativo sobre el contenido de potasio ( $p < 0,01$ ), mientras que las repeticiones no mostraron efecto significativo ( $p > 0,05$ ).

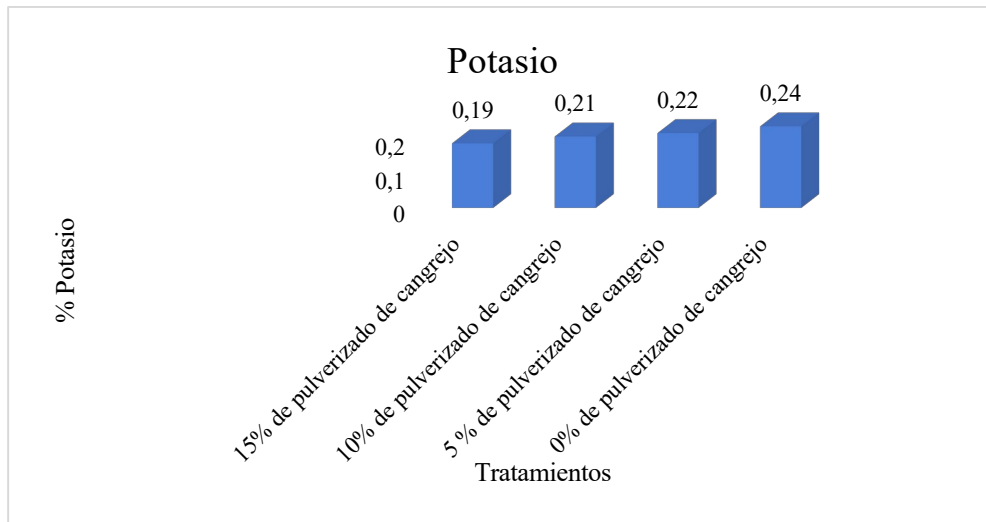
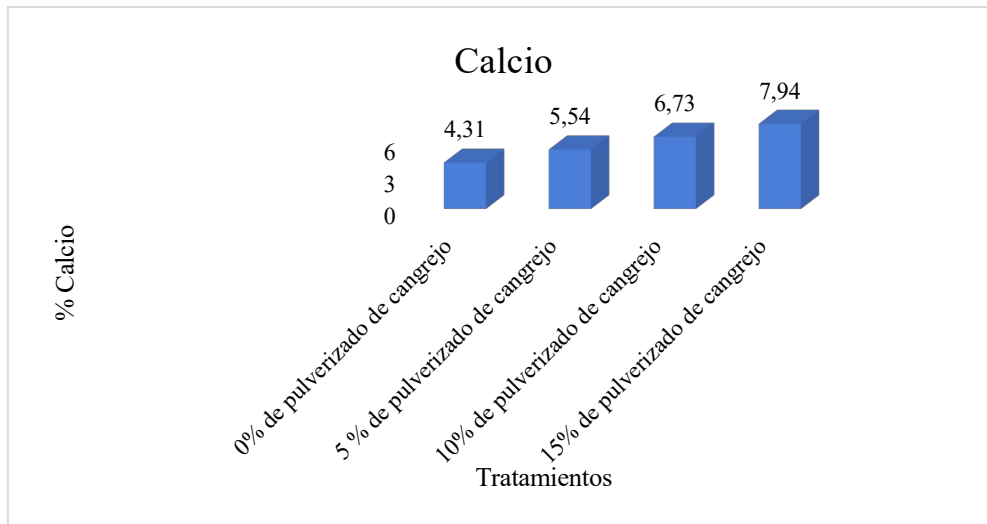


Figura 5. Resultados del análisis de Potasio

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados en función del porcentaje de pulverizado de cangrejo. El tratamiento con 15 % de pulverizado presentó el valor medio más bajo de potasio (0,19), ubicándose en el grupo A, mientras que el tratamiento con 10 % mostró un valor intermedio (0,21), compartiendo los grupos A y B, lo que indica que no difiere significativamente del tratamiento con 15 % ni del tratamiento con 5 %. Por su parte, el tratamiento con 5 % de pulverizado alcanzó una media de 0,22, ubicándose entre los grupos B y C, y el tratamiento sin pulverizado (0 %) registró el valor más alto de potasio (0,24), correspondiendo al grupo C.

### Análisis de Calcio

El análisis de varianza evidenció un coeficiente de variación extremadamente bajo ( $CV = 0,27\%$ ), confirmando alta precisión experimental. El porcentaje de pulverizado de cangrejo ejerció un efecto altamente significativo sobre el contenido de calcio ( $p < 0,0001$ ), así como las repeticiones ( $p < 0,01$ ).



**Figura 6.** Resultados del análisis de Calcio

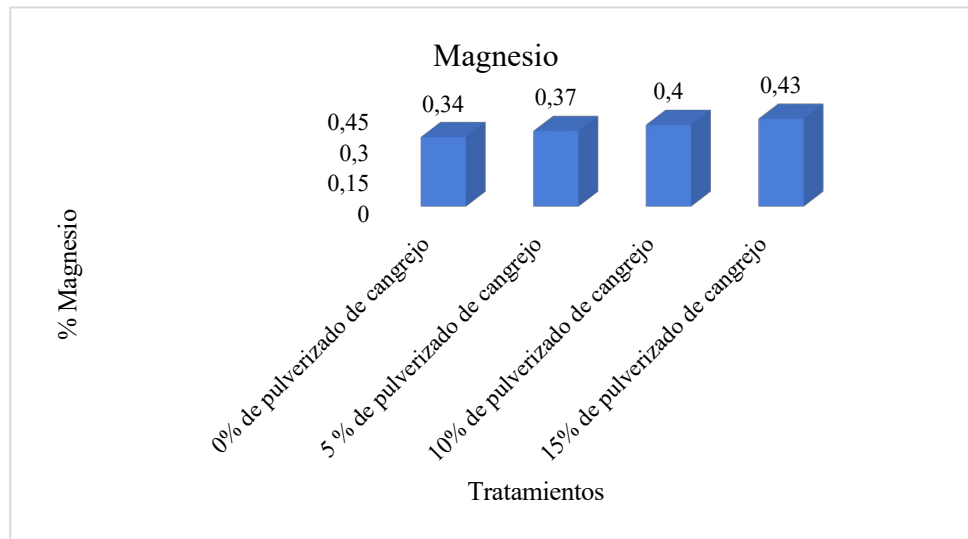
La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados en función del porcentaje de pulverizado de cangrejo. El tratamiento sin incorporación de pulverizado (0 %) presentó el valor medio más bajo de calcio (4,31%), ubicándose en el grupo A, mientras que el tratamiento con 5 % de pulverizado alcanzó una media de 5,54%, correspondiente al grupo B. Por su parte, el tratamiento con 10 % de pulverizado registró un valor intermedio de 6,73%, clasificándose en el grupo C, y el tratamiento con 15% de pulverizado presentó el valor medio más alto de calcio (7,94%), ubicándose en el grupo D.

Estos resultados demuestran que el incremento progresivo del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo y lineal del contenido de calcio en la formulación, evidenciando que el exoesqueleto de cangrejo pulverizada constituye una fuente eficiente de este macroelemento.

### **Análisis de Magnesio**

Para el magnesio se obtuvo un coeficiente de variación bajo ( $CV = 0,75\%$ ), lo que demuestra buena repetibilidad del experimento. El porcentaje de pulverizado presentó un

efecto altamente significativo sobre el contenido de magnesio ( $p < 0,0001$ ), al igual que las repeticiones ( $p < 0,01$ ).



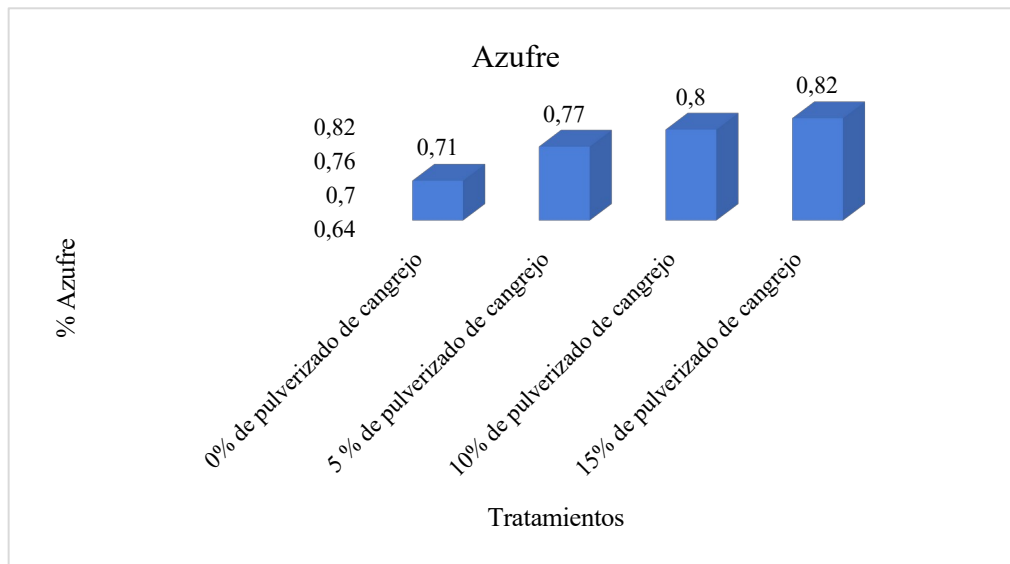
**Figura 7.** Resultados del análisis de Magnesio

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados según el porcentaje de pulverizado de cangrejo. El tratamiento sin incorporación de pulverizado (0%) presentó el valor medio más bajo de magnesio (0,34%), ubicándose en el grupo A. El tratamiento con 5 % de pulverizado alcanzó una media de 0,37%, correspondiente al grupo B, mientras que el tratamiento con 10 % mostró un incremento adicional (0,40%), clasificándose en el grupo C. Finalmente, el tratamiento con 15% de pulverizado registró el valor medio más alto de magnesio (0,43%), ubicándose en el grupo D. Estos resultados indican que el aumento progresivo del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un incremento significativo y sostenido del contenido de magnesio en la formulación del suplemento mineral.

### Análisis de Azufre

El análisis de varianza mostró un coeficiente de variación bajo ( $CV = 2,40\%$ ), indicando consistencia experimental. El porcentaje de pulverizado influyó significativamente en el

contenido de azufre ( $p < 0,01$ ), mientras que las repeticiones no presentaron efecto estadísticamente significativo (0,93) ( $p > 0,05$ ).



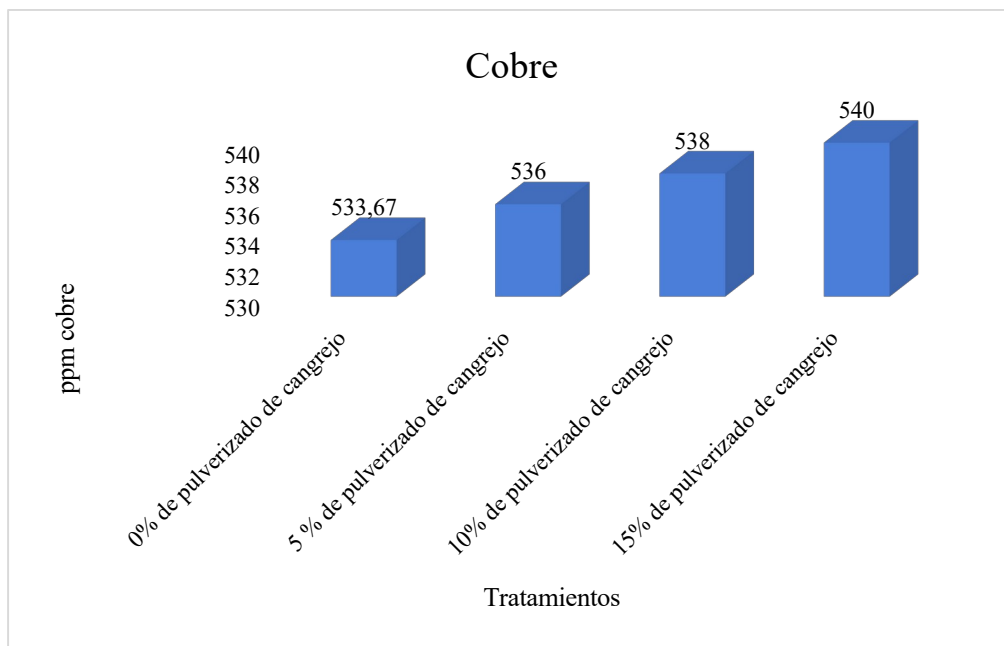
**Figura 8.** Resultados del análisis de Azufre

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de azufre (0,71%; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron valores progresivamente mayores (0,77%–0,82%), ubicándose en los grupos B, B–C y C, respectivamente. Estos resultados evidencian que el incremento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo del contenido de azufre, con una tendencia a estabilizarse a partir del 10% de inclusión.

### Análisis de Cobre

Para el cobre, el coeficiente de variación fue muy bajo ( $CV = 0,14\%$ ), reflejando alta precisión experimental. El análisis de varianza indicó que tanto el porcentaje de pulverizado ( $p$

< 0,03) como las repeticiones ( $p < 0,018$ ) tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de cobre.

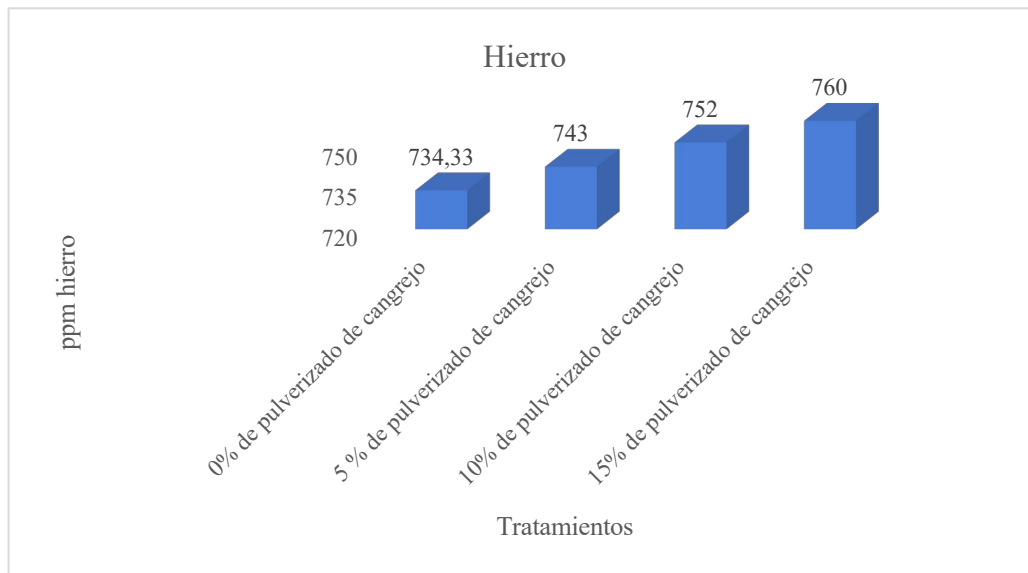


**Figura 9.** Resultados del análisis de Cobre

La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de cobre (533,67 ppm; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado mostraron valores progresivamente mayores (536–540 ppm), ubicándose en los grupos B, B–C y C, respectivamente. Estos resultados indican que el incremento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo del contenido de cobre, aunque con una tendencia de incremento moderada y parcialmente solapada entre los niveles intermedios.

### Análisis de Hierro

El análisis de varianza evidenció un coeficiente de variación muy bajo ( $CV = 0,10\%$ ), confirmando elevada precisión experimental. El porcentaje de pulverizado de cangrejo presentó un efecto altamente significativo sobre el contenido de hierro ( $p < 0,0001$ ), así como las repeticiones ( $p < 0,01$ ).



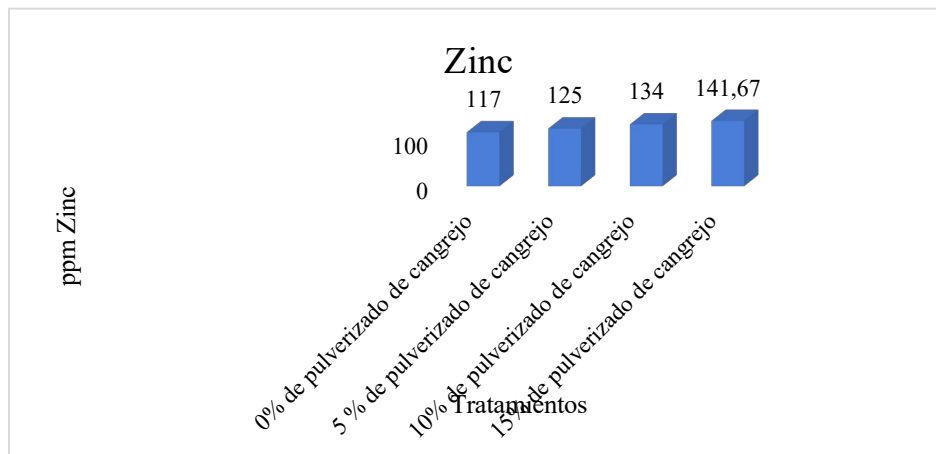
**Figura 10.** Resultados del análisis de Hierro

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de hierro (734,33 ppm; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (743, 752 y 760 ppm), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. Estos resultados confirman que el aumento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un incremento significativo y sostenido del contenido de hierro en la formulación.

### Análisis de Zinc

Para el zinc, el coeficiente de variación fue bajo ( $CV = 0,45\%$ ), lo que demuestra estabilidad experimental. El porcentaje de pulverizado influyó de manera altamente

significativa en el contenido de zinc ( $p < 0,0001$ ), mientras que las repeticiones también mostraron un efecto significativo ( $p < 0,006$ ).

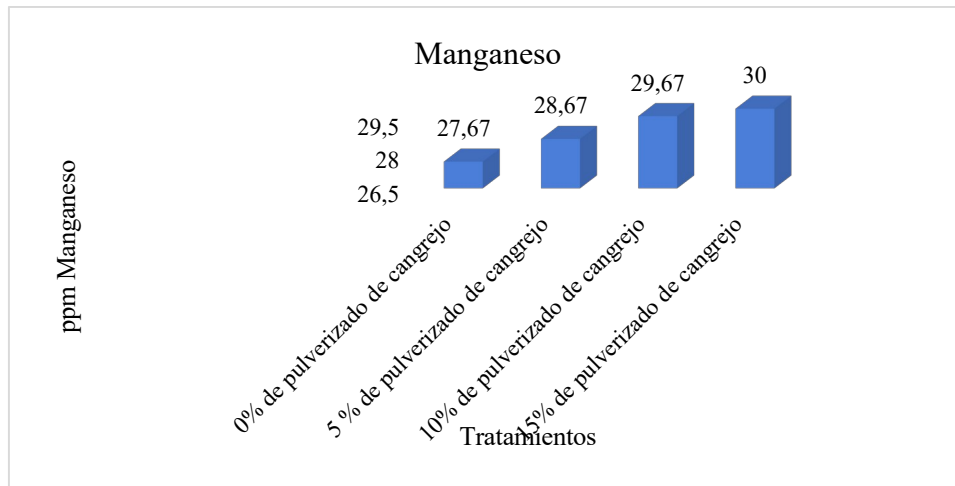


**Figura 11.** Resultados del análisis de Zinc

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de zinc (117 ppm; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (125, 134 y 141,67 ppm), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. Estos resultados demuestran que el aumento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un incremento significativo y sostenido del contenido de zinc en la formulación del suplemento mineral.

### **Análisis de Manganeso**

El análisis de varianza mostró un coeficiente de variación bajo ( $CV = 1,00\%$ ), indicando adecuada precisión experimental. El porcentaje de pulverizado tuvo un efecto significativo sobre el contenido de manganeso ( $p < 0,002$ ), al igual que las repeticiones ( $p < 0,002$ ).



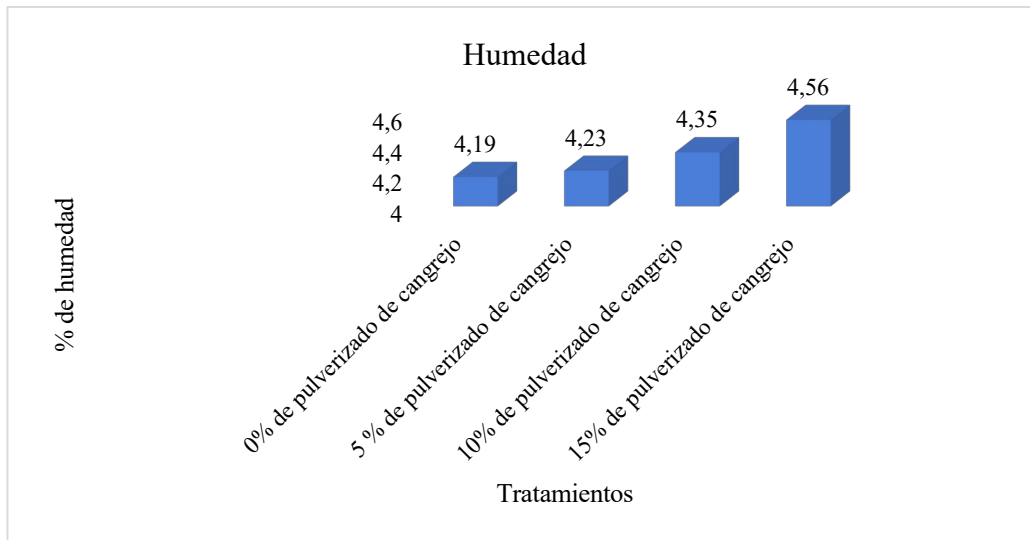
**Figura 12.** Resultados del análisis de Manganeso

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de manganeso (27,67 ppm; grupo A), mientras que el tratamiento con 5 % de pulverizado alcanzó un valor intermedio (28,67 ppm; grupo B). Por su parte, los tratamientos con 10 % y 15 % de pulverizado registraron valores mayores (29,67 y 30 ppm), ubicándose en el grupo C, sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados indican que el incremento del porcentaje de pulverizado de cangrejo aumenta el contenido de manganeso, con una tendencia a estabilizarse a partir del 10 % de inclusión.

### **Análisis de minerales del suplemento de sal mineral**

#### **Humedad**

El análisis de varianza evidenció un coeficiente de variación moderado ( $CV = 7,12\%$ ), propio de variables físicas. Los resultados muestran que el porcentaje de pulverizado no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la humedad ( $p > 0,31$ ), ni tampoco las repeticiones.



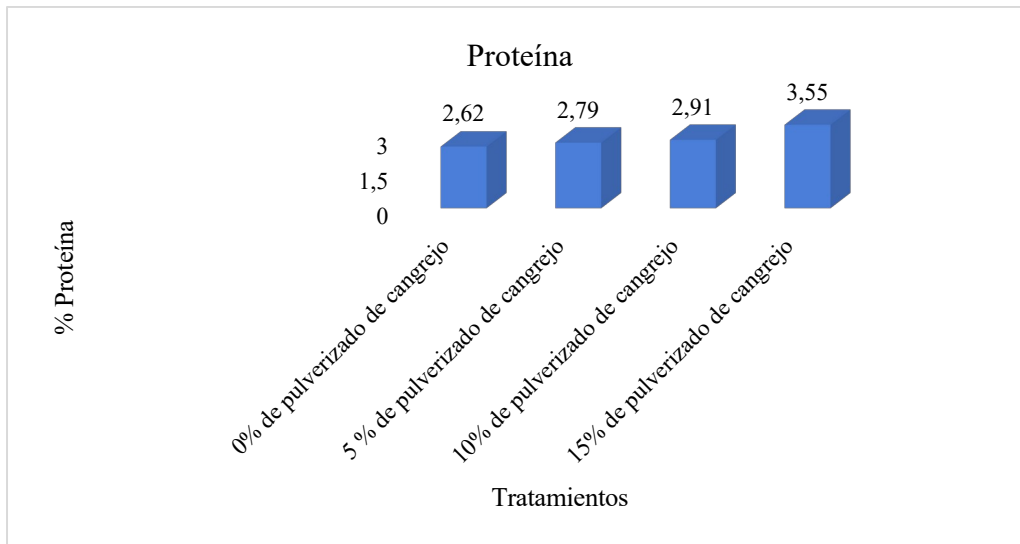
**Figura 13.** Resultados del análisis de humedad

La prueba de Tukey mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que todos se ubicaron en el mismo grupo estadístico (A). Los valores de humedad oscilaron entre 4,19 % y 4,56 %, observándose un ligero incremento conforme aumentó el porcentaje de pulverizado de cangrejo; sin embargo, esta variación no fue suficiente para generar diferencias significativas.

Estos resultados indican que la incorporación de exoesqueleto de cangrejo pulverizada no afecta de manera significativa el contenido de humedad del suplemento mineral, lo cual es favorable desde el punto de vista tecnológico, ya que asegura estabilidad del producto y reduce el riesgo de deterioro durante el almacenamiento.

### **Proteína**

Para la proteína se obtuvo un coeficiente de variación muy bajo ( $CV = 0,42\%$ ), lo que confirma la alta precisión experimental. El porcentaje de pulverizado influyó de manera altamente significativa en el contenido proteico ( $p < 0,0001$ ), así como las repeticiones ( $p < 0,01$ ).



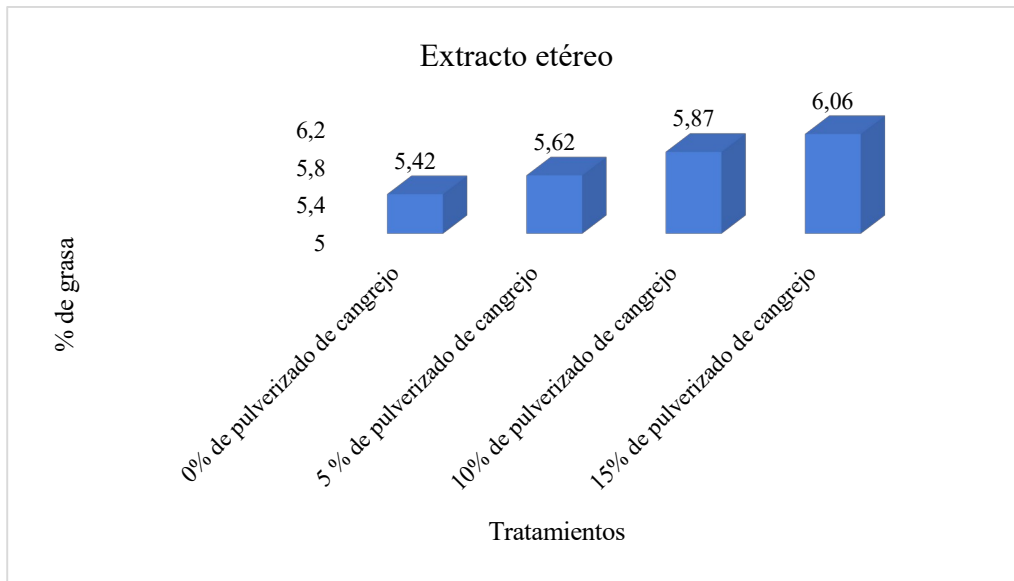
**Figura 14.** Resultados del análisis de proteína

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de proteína (2,62 %; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (2,79 %, 2,91 % y 3,55 %), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. Estos resultados demuestran que el incremento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo del contenido de proteína en la formulación.

El comportamiento observado se atribuye a la composición orgánica residual del pulverizado de cangrejo, el cual aporta fracciones nitrogenadas que contribuyen al incremento del contenido proteico del suplemento, sin afectar negativamente sus características físico-químicas.

### **Extracto etéreo**

El análisis de varianza mostró un coeficiente de variación bajo ( $CV = 0,24\%$ ), evidenciando consistencia experimental. El porcentaje de pulverizado presentó un efecto altamente significativo sobre el extracto etéreo ( $p < 0,0001$ ), mientras que las repeticiones también influyeron significativamente ( $p < 0,01$ ).

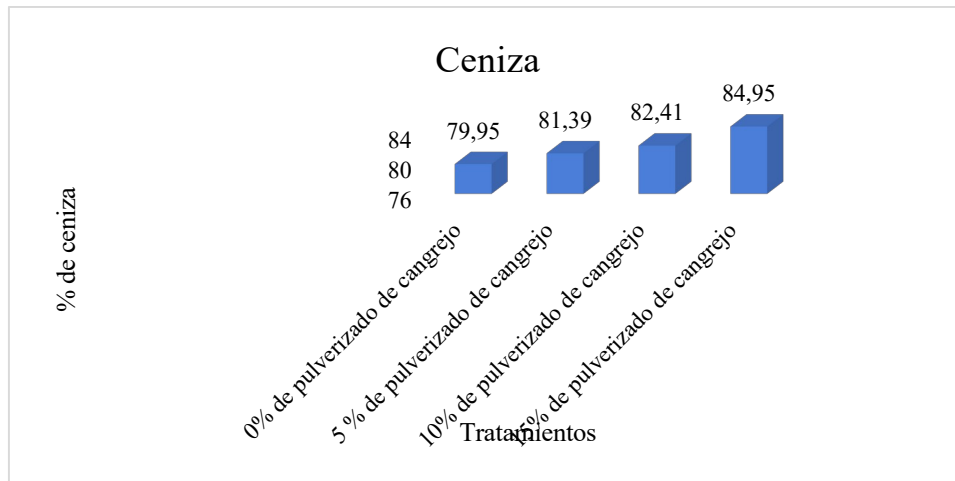


**Figura 15.** Resultados del análisis de extracto etéreo

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de extracto etéreo (5,42 %; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (5,62 %, 5,87 % y 6,06 %), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. Estos resultados indican que el aumento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un incremento significativo del contenido de grasa en la formulación. El incremento observado se asocia a la fracción lipídica residual presente en el exoesqueleto de cangrejo, la cual contribuye al contenido energético del suplemento sin comprometer su estabilidad.

### Ceniza

Para la ceniza se obtuvo un coeficiente de variación extremadamente bajo (CV = 0,11%), confirmando alta precisión experimental. El porcentaje de pulverizado influyó de manera altamente significativa en el contenido de ceniza ( $p < 0,0001$ ), así como las repeticiones ( $p < 0,061$ ).

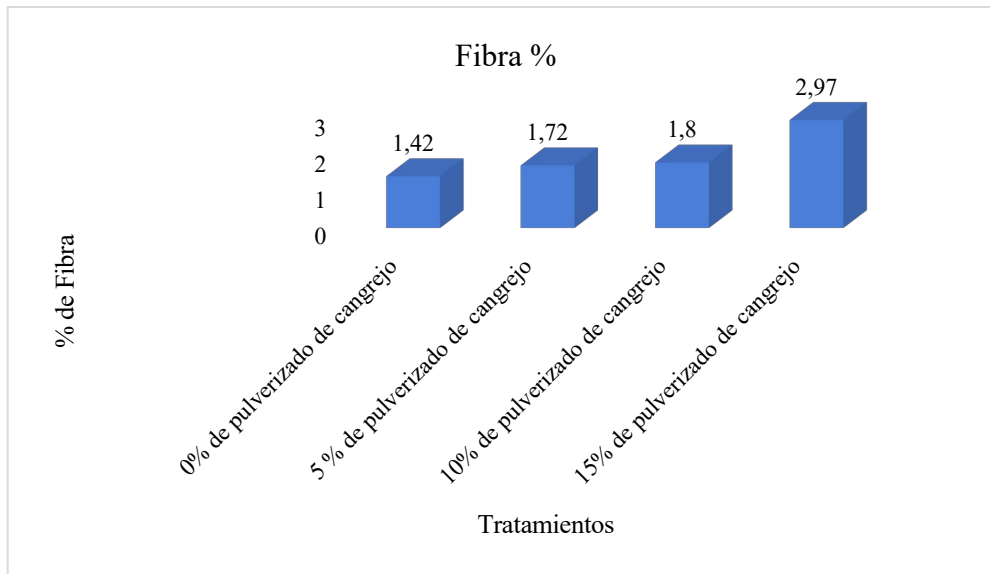


**Figura 16.** Resultados del análisis de ceniza

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de ceniza (79,95 %; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (81,39 %, 82,41 % y 84,95 %), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. El comportamiento observado se asocia al alto contenido mineral de exoesqueleto de cangrejo, la cual aporta principalmente calcio y otros macros y microelementos, incrementando de manera directa la fracción inorgánica del suplemento mineral.

### Fibra

El análisis de varianza evidenció un coeficiente de variación bajo ( $CV = 0,50\%$ ), indicando estabilidad experimental. El porcentaje de pulverizado tuvo un efecto altamente significativo sobre el contenido de fibra ( $p < 0,0001$ ), al igual que las repeticiones ( $p < 0,0017$ ).



**Figura 17** Resultados del análisis de fibra

La prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento sin pulverizado de cangrejo presentó el menor contenido de fibra (1,42 %; grupo A), mientras que los tratamientos con 5 %, 10 % y 15 % de pulverizado registraron incrementos progresivos (1,72 %, 1,80 % y 2,97 %), ubicándose en los grupos B, C y D, respectivamente. Estos resultados indican que el incremento del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo del contenido de fibra en la formulación.

El contenido de fibra incrementó significativamente hasta un 2,97% debido a la presencia de quitina en el exoesqueleto de cangrejo. Al igual que con el extracto etéreo, este parámetro es inexistente en productos comerciales como Solla o Ecuatrin, que tienen cenizas cercanas al 100%. La formulación de la cascara de cangrejo introduce una fracción de carbohidratos estructurales que puede influir positivamente en la salud digestiva del rumiante, diferenciándose del mercado tradicional (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025).

#### **Costos de las diferentes formulaciones.**

La Tabla 15 presenta los costos de las diferentes formulaciones del suplemento mineral elaboradas con distintos porcentajes de exoesqueleto de cangrejo pulverizada, considerando el

costo directo de producción, los costos indirectos (CI), el costo total por kilogramo y el precio de venta estimado con un margen de utilidad del 30 % (Anexo 4).

**Tabla 5.**

Costos de las diferentes formulaciones

Tratamiento	% cangrejo	Costo directo (USD/kg)	CI (USD/kg)	Costo total (USD/kg)	Costo de venta (30% Ut.)
T1	15%	0,74	0,6	<b>1,34</b>	1,64
T2	10%	0,75	0,6	<b>1,35</b>	1,65
T3	5%	0,79	0,6	<b>1,39</b>	1,69

Elaborado por: Pérez y Calva, (2025)

Al comparar estos valores con productos comerciales disponibles en el mercado, se evidencia una ventaja económica significativa. Por ejemplo, el suplemento BIOSALMI Equinos (10 kg) presenta un precio aproximado de 18,00 USD, equivalente a 1,80 USD/kg, mientras que la sal mineralizada Derby (20 kg) alcanza un costo aproximado de 40,32 USD, es decir, alrededor de 2,02 USD/kg. En este contexto, las formulaciones desarrolladas resultan entre 6 % y 20 % más económicas que los productos comerciales evaluados.

Esta diferencia de costos sugiere que el uso de exoesqueleto de cangrejo pulverizada como materia prima alternativa no solo es técnicamente viable desde el punto de vista nutricional, sino también económicamente competitiva, permitiendo reducir el costo del suplemento sin comprometer su aporte mineral. Además, el aprovechamiento de este subproducto contribuye a la valorización de residuos agroindustriales, fortaleciendo el enfoque de sostenibilidad y economía circular del proceso productivo.

## Discusión

Los resultados revelaron que la inclusión de pulverizado de cangrejo eleva el nitrógeno hasta 0,51% y la proteína bruta hasta 3,55%. Al contrastar esto con productos como ECUATRIN o la Sal Mineral de 5kg, se observa una ventaja competitiva clara, ya que estas

etiquetas no reportan contenido proteico, limitándose exclusivamente a la parte mineral. Esto demuestra que la sal mineral de cangrejo no solo mineraliza, sino que aporta una fracción nitrogenada de origen natural que mejora el valor biológico del suplemento frente a los líderes del mercado (ECUATRIN, 2025 ; Gr Pharma, 2025).

El suplemento alcanzó un máximo de 2,00% de fósforo con el tratamiento del 15%. Al compararlo con los productos comerciales, existe una brecha significativa: Solla Criasal garantiza un 8% y Ecuatrin un 18,5%. Mientras que la industria utiliza fuentes inorgánicas densas (fosfatos), el suplemento ofrece un fósforo de origen orgánico que, aunque en menor concentración, resulta de un proceso de economía circular con residuos pesqueros (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025). Estos resultados indican que la incorporación progresiva de exoesqueleto de cangrejo pulverizada genera una disminución significativa del contenido de potasio en la formulación, lo cual se explica por el efecto de sustitución de la sal marina, principal fuente de potasio, por el pulverizado de cangrejo, que se caracteriza por su mayor aporte de calcio y menor concentración de este elemento.

Se observó una disminución del potasio (de 0,24% a 0,19%) conforme aumentó el pulverizado. Esto se explica por la sustitución de la sal marina por el exoesqueleto de cangrejo. Los productos comerciales como Omega Min suelen tener valores más altos (0,3% - 0,6%) debido a su base de cloruro de sodio (Agroshow, 2025). Estos resultados demuestran que el incremento progresivo del porcentaje de pulverizado de cangrejo genera un aumento significativo y lineal del contenido de calcio en la formulación, evidenciando que el exoesqueleto de cangrejo pulverizada constituye una fuente eficiente de este macroelemento.

El contenido de calcio aumentó linealmente hasta 7,94%. Aunque es un incremento notable, sigue siendo inferior al 14% de Solla Criasal o al 22,5% de Ecuatrin. Esto posiciona al suplemento como un producto de gama media-biológica, ideal para mantenimiento o ganadería

extensiva donde no se requiere una saturación mineral tan agresiva como la que ofrecen los concentrados industriales de alto costo (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025). El porcentaje de pulverizado presentó un efecto altamente significativo sobre el contenido de magnesio ( $p < 0,0001$ ), logrando un incremento sostenido desde 0,34% hasta un máximo de 0,43%. Al contrastar este valor con el mercado, se observa que es altamente competitivo, acercándose al 0,6% de magnesio garantizado por Solla Criasal 8% y superando el 0,15% que reporta la Sal Mineral de 5kg. Esto demuestra que el exoesqueleto de cangrejo es una fuente de magnesio de alta eficacia biológica para la suplementación mineral (Agroshow, 2025; Solla, 2025).

El incremento del pulverizado de cangrejo generó un aumento significativo del contenido de azufre, pasando de 0,71% a 0,82%. Sin embargo, al realizar la comparación comercial, este valor resulta drásticamente inferior al 6,0% de azufre que reporta Solla Criasal 8%. Esta brecha sugiere que, si bien el residuo de cangrejo aporta azufre de forma progresiva, la formulación requiere una fortificación externa para igualar la capacidad de síntesis de aminoácidos azufrados que ofrecen los suplementos industriales líderes (Solla, 2025).

Los resultados indicaron que el aumento del porcentaje de pulverizado genera un incremento significativo del contenido de cobre, alcanzando un valor máximo de 540 ppm. En comparación con productos de alta especialidad como Ecuatrin, que muestra 2000 ppm de cobre, el suplemento formulado presenta una concentración menor. No obstante, supera al tratamiento control, posicionándose como una fuente de microelementos naturales con potencial biodisponibilidad superior a los sulfatos inorgánicos (ECUATRIN, 2025).

El contenido de hierro presentó un efecto altamente significativo ( $p < 0,0001$ ), registrando un incremento progresivo desde 734,33 ppm hasta 760 ppm. Este valor es bueno para la prevención de cuadros anémicos en el ganado. Al compararlo con la Sal Mineral de 5kg, que reporta 400 ppm (0,04%), el suplemento ofrece casi el doble de concentración de hierro, lo

que resalta la capacidad mineralizadora de exoesqueleto de cangrejo para este elemento específico (Agroshow, 2025).

El análisis de varianza demostró que el aumento del pulverizado genera un incremento sostenido del zinc, alcanzando un máximo de 141,67 ppm. Al contrastar con Ecuatrin, que ofrece 2300 ppm, y la Sal Mineral de 5kg, que reporta 1600 ppm (0,16%), se determina que el suplemento posee una menor densidad de zinc. Esto indica que el exoesqueleto de cangrejo aporta el mineral, pero no en las cantidades industriales necesarias para suplementos de alta producción (Agroshow, 2025; ECUATRIN, 2025).

El incremento del pulverizado aumentó el contenido de manganeso de 27,67 ppm a un máximo de 30 ppm, con una tendencia a estabilizarse a partir del 10% de inclusión. Este valor es significativamente menor al reportado por Ecuatrin (900 ppm) o la Sal Mineral (2000 ppm o 0,20%). Esto sugiere que el manganeso es uno de los elementos con menor presencia en la matriz de exoesqueleto de cangrejo analizada (Agroshow, 2025; ECUATRIN, 2025).

El análisis de varianza determinó que la inclusión de pulverizado de cangrejo no afecta de manera significativa el contenido de humedad del suplemento ( $p > 0,31$ ), manteniendo valores estables entre 4,19% y 4,56%. Al contrastar este parámetro con productos comerciales, se observa que cumple con los estándares de estabilidad industrial; por ejemplo, Solla Criasal 8% y las sales minerales tipo Ecuatrin requieren niveles de humedad bajos (generalmente inferiores al 5-8%) para evitar la compactación y el crecimiento fúngico durante el almacenamiento. Estos resultados son altamente favorables desde el punto de vista tecnológico, ya que demuestran que la incorporación de un residuo orgánico como el exoesqueleto de cangrejo no compromete la vida útil ni la calidad física del producto final frente a las opciones del mercado (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025).

La incorporación de pulverizado de cangrejo generó un aumento altamente significativo ( $p < 0,0001$ ) en el contenido proteico, alcanzando un máximo de 3,55% en el tratamiento al 15%. Este hallazgo representa el mayor factor de diferenciación frente a los productos comerciales analizados (Solla, Ecuatrin y Omega Min), cuyas etiquetas revelan un contenido proteico inexistente (0%), dado que son formulaciones estrictamente minerales. Mientras que la competencia se limita al aporte inorgánico, tu suplemento añade una fracción nitrogenada de origen natural derivada de la composición orgánica residual del cangrejo. Esto convierte al producto en un suplemento proteico-mineral, una categoría superior a la sal mineral convencional, permitiendo mejorar no solo el balance mineral sino también el aporte de nitrógeno para la microbiota ruminal en sistemas de producción ganadera (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025).

El suplemento registró incrementos significativos de grasa, alcanzando un 6,06% en el tratamiento máximo. Este resultado es fundamental, ya que productos comerciales como Solla, Ecuatrin u Omega Min no reportan extracto etéreo en sus etiquetas. La fracción lipídica residual del cangrejo otorga al suplemento un aporte energético del que carecen las sales minerales convencionales, las cuales son casi exclusivamente inorgánicas (ECUATRIN, 2025; Solla, 2025).

## Conclusión

El análisis bromatológico y mineral del pulverizado de exoesqueleto de cangrejo (*Ucides occidentalis*) evidenció un alto contenido de cenizas, lo que confirma su carácter predominantemente mineral, acompañado de niveles moderados de proteína y fibra. Asimismo, se determinó una elevada concentración de calcio, junto con proporciones relevantes de fósforo, magnesio y microelementos esenciales como hierro y zinc. Estos resultados

demuestran que el exoesqueleto de cangrejo pulverizada constituye una fuente mineral alternativa viable para la formulación de suplementos minerales en la alimentación animal, permitiendo además el aprovechamiento sostenible de un subproducto agroindustrial.

La formulación de los suplementos de sal mineral con diferentes niveles de incorporación de exoesqueleto de cangrejo pulverizada (5%, 10% y 15%) permitió establecer mezclas balanceadas desde el punto de vista mineral, manteniendo constantes los principales macros y microelementos. Los resultados evidencian que el exoesqueleto de cangrejo constituye una alternativa viable como fuente natural de minerales, sin afectar la composición general del suplemento, lo que respalda su potencial aplicación en la nutrición animal.

El análisis de la composición del suplemento de sal mineral permitió evidenciar que la incorporación de exoesqueleto de cangrejo pulverizada incrementa de manera significativa los contenidos de macrominerales, especialmente calcio, fósforo, magnesio y azufre, así como de microminerales como hierro, zinc, cobre y manganeso, en comparación con la formulación sin pulverizado. Al comparar los valores obtenidos con los de suplementos comerciales disponibles en el mercado, se determinó que las formulaciones desarrolladas presentan perfiles minerales adecuados y competitivos, cumpliendo con los requerimientos nutricionales para su uso como suplemento mineral concentrado para ganado vacuno en estado de gestación y lactancia.

El análisis económico realizado permitió evidenciar que las formulaciones elaboradas con exoesqueleto de cangrejo pulverizada presentan costos de producción competitivos, con valores de venta estimados entre 1,64 y 1,69 USD/kg, incluyendo un margen de utilidad del 30%. Estos costos resultan inferiores a los de productos comerciales similares disponibles en el mercado, lo que demuestra la viabilidad económica de las formulaciones desarrolladas.

## Referencias Bibliográficas

- Agroshow. (2025). *Sales minerales para ovino y caprino*. <https://agroshow.info/productos/sales-minerales-para-ovino-y-caprino>
- Amat García, G. D., Andrade C., M. G., & Amat García, E. C. (2007). *Libro Rojo de los Invertebrados terrestres de Colombia*. Conservación Internacional Colombiana. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1243>
- Arana, P. M. (2000). Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Investigaciones marinas*, 28, 53-68. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782000002800006>
- Aranaz, I., Alcantara, A., & Civera, M. (2021). *Chitosan: An Overview of Its Properties and Applications*. <https://doi.org/10.3390/polym13193256>
- Cerón Ledesma, B. D. (2025). *Estructura poblacional de *Ucides occidentalis* cangrejo rojo en relación con los factores abióticos en isla Manglecito Grande, puerto El Morro-Guayas*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13029>
- Chen, P.-Y., Lin, A. Y.-M., McKittrick, J., & Meyers, M. A. (2008). Structure and mechanical properties of crab exoskeletons. *Acta Biomaterialia*, 4(3), 587-596. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2007.12.010>
- Chiliquinga Angulo, J. A. (2025a). *Obtención de astaxantina a partir de exoesqueletos de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*)*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/43409>
- Cuellar, J. (2021). *Importancia de los minerales en la nutrición animal*. Veterinaria Digital. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-de-los-minerales-en-la-nutricion-animal/>
- De León, A., Abrego, A., Vega, Á., Añino, Y., De León, A., Abrego, A., Vega, Á., & Añino, Y. (2023). Talla y peso de *Cardisoma crassum* y *Ucides occidentalis* colectados por la pesca artesanal en Chame, Pacífico panameño. *Gayana (Concepción)*, 87(2), 197-204. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382023000200197>
- Díaz, L. (2013a). *Minerales y vitaminas: Micronutrientes esenciales en la alimentación, nutrición y salud*. Editorial Universidad de La Serena.
- Dima, J. B. (2013). *Procesamiento integral de las especies patagónicas de cangrejos marinos de valor comercial *Ovalipes trimaculatus* y *Platyxanthus patagonicus** [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/26914>
- Dueñas, Y. (2024, mayo 6). Proteínas del Presente y Futuro: Innovación y Sostenibilidad en la Nutrición del 2024 » Salud Personalizada by Made of Genes. *Salud Personalizada by Made of Genes*. <https://saludpersonalizada.com/proteinas-del-presente-y-futuro-innovacion-y-sostenibilidad-en-la-nutricion-del-2024/>
- ECUATRIN. (2025). *ECUATRIN – ECUAQUIMICA*. <https://ecuaquimica.com.ec/producto/ecuatrin/>
- El Diario. (2023, octubre 1). “Carne de cangrejo”. El Diario NY. <https://eldiariony.com/2023/10/01/sabes-de-que-esta-hecha-la-carne-de-cangrejo/>
- Erazo, E., & Zambrano, J. (2014, abril). *Plan de negocios para la producción y comercialización de silo enriquecido (premezcla mineral y miel de panela) elaborado a partir de cereales forrajeros en el Municipio de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño*. [Monografía]. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/1799/>
- Flórez, G., Maldonado, T., Céspedes, L., & Gómez, C. (2015). Diseño y formulación de una sal mineralizada para la hacienda ciudad Jardín Simijaca, Cundinamarca. *CONEXAGRO JDC*, 5, 18.

- Gómez Moreno, N. (2022). *Nuevos ingredientes alimentarios para el desarrollo e innovación de alimentos dentro de una producción sostenible*. <http://dspace.umh.es/handle/11000/28909>
- Gr Pharma. (2025). *SAL MINERAL*. <https://grpharma.ec/producto/sal-mineral/>
- Hurtado, J., & Ovalle, B. H. (2019). Analysis of the crab waste spraying process. *Espirales Revista Multidisciplinaria de investigación*, 3(27), 118-131. <https://doi.org/10.31876/er.v3i27.559>
- Insuasty Obando, A. N. (2002). *Valoración nutricional de ovas de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) como alternativa de alimentación humana* [Monografía]. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/13171/>
- Lloyd. (2024, mayo 8). *Análisis Bromatológicos en Alimentos—Lloyd Mexicano Laboratorios*. <https://lloydmex.com/analisis-bromatologicos-en-alimentos-una-vision-profunda/>
- López-Varela, D. (2018). *Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos*. 31.
- Luna Menéndez, P. P., & Montes Ortiz, D. V. (2022). *Cangrejo rojo: Proceso de extracción, venta y consumo* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22776>
- Mansur. (2024). *Productos de pulpa de cangrejo. Manglares unidos del sur*. <https://delmanglar.com/producto/>
- Mendoza, E., & Aranda, K. (2019). *Análisis de los canales de comercialización que inciden en la captura del cangrejo rojo (Ucides Occidentalis) de la “Asociación de cangrejeros 6 de julio” del Golfo de Guayaquil*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100093&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100093&script=sci_arttext)
- Morillo, N., Belandria, J., Andara, M., & Berrio, N. (2010). Composición proximal de la carne de cangrejo (*Callinectes sapidus*) pasteurizada en el estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica*, 20(3), 306-311.
- Onwuegbuzie, A., & Johnson, B. (2004). (PDF) Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Paspuel, J. H., & Correa, B. H. O. (2019). Análisis del proceso de pulverización de residuos del cangrejo. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación científica*, 3(27). <https://www.redalyc.org/journal/5732/573263326010/html/>
- Pensanti, H. (2005). *Una guía rápida de vitaminas, minerales y suplementos*. Grupo Nelson.
- Pérez-Bote, J. L., Pula, H. J., & Cascos, G. (2000). Distribución del cangrejo rojo *Procambarus clarkii* Girard, 1859 (Decapoda, Cambaridae) en Extremadura. *Graellsia*, 56, 71-78. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2000.v56.i0.311>
- Quintero Arevalo, S. F., & Mendoza Álvarez, E. E. (2014). *Aplicación de la gestión energética a una empresa procesadora de sales minerales alimenticias* [Working Paper]. Universidad Autónoma del Caribe. <https://repositorio.uac.edu.co/handle/123456789/806>
- Reyes, H., & Cevallos, Z. (2020). *Propuesta técnico conceptual para la manufactura de baldosas a partir de desechos de exoesqueletos de ucides occidentalis (cangrejo rojo)* |. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(4\).noviembre.2020.73-81](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(4).noviembre.2020.73-81)
- Rodríguez-Galicia, B., Valadez-Azúa, R., Martínez-Mayén, M., Rodríguez-Galicia, B., Valadez-Azúa, R., & Martínez-Mayén, M. (2017). Restos de cangrejo rojo (*Gecarcinus lateralis*) y cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), en el contexto arqueológico teotihuacano de Teopancazco. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 20(1), 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2016.11.006>

- Rosado Lozano, D. A. (2016). *Manejo de pesquerías de cangrejo rojo (Ucides Occidentalis) en la reserva ecológica manglares Churute*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/25286>
- Rustad. (2025). (PDF) Utilization of marine by-product. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/228773956\\_Utilization\\_of\\_marine\\_by-product](https://www.researchgate.net/publication/228773956_Utilization_of_marine_by-product)
- Saccatoma Contreras, F. (2011). *Actividad cicatrizante del quitosano extraído del exoesqueleto de Cancer spp. «cangrejo» en ratas Holtzman. Ayacucho, 2010*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5071>
- Sánchez Vásquez, V. L., & Chenche López, O. M. (2024). Obtención y caracterización de quitosano a partir de residuos de cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*). *REINCISOL: Revista de Investigación Científica y Social*, 3(6), 3166-3179.
- Sevilla, M., & Valle, P. (2025). *Exoesqueleto de crustáceos para la obtención y caracterización mecánica de Quitina en aplicaciones biomédicas*. <https://doi.org/10.25100/iyc.v27i2.14004>
- Solís Hidalgo, M. C., & Roa, H. (2021). *Diseño Metodológico para estudio de consumo, riesgo y valor nutricional del cangrejo rojo en la ciudad de Guayaquil*. [Thesis, ESPOL. FCNM]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51953>
- Solla. (2025). *CRÍASAL 8%*. <https://www.solla.com/product/criasal-8/>
- Talanta. (2014). *Análisis de minerales: Una visión general | Temas de ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/mineral-analysis>
- Universo. (2024a). *Cangrejos criollos*. Historia del sabor guayaquo. <https://especiales.eluniverso.com/sabor-guayaquil/platos/cangrejos/>
- Universo. (2024b). *Desde este viernes se podrá volver a comer cangrejos, una vez que terminó el periodo de veda por reproducción*. <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/desde-este-viernes-se-podra-volver-comer-cangrejos-una-vez-que-termino-el-periodo-de-veda-por-reproduccion-nota/>
- Vaca Pérez, D. F., & Favier Torres, M. A. (2023). Suplementación con vitaminas, minerales y otros micronutrientes durante el embarazo. *Revista Información Científica*, 102(1), 27.
- Venegas, H. O. R., Revelo, Z. L. C., Bonete, L. M. P., & Vera, G. J. T. (2020). Propuesta técnico conceptual para la manufactura de baldosas a partir de desechos de exoesqueletos de *ucides occidentalis* (cangrejo rojo). *RECIAMUC*, 4(4), 73-81. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(4\).noviembre.2020.73-81](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(4).noviembre.2020.73-81)
- Vicente, F. A., Ventura, S. P. M., Passos, H., Dias, A. C. R. V., Torres-Acosta, M. A., Novak, U., & Likozar, B. (2022). Crustacean waste biorefinery as a sustainable cost-effective business model. *Chemical Engineering Journal*, 442, 135937. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.135937>
- Wardiatno, Y., Riyanto, B., Iskandar, N. A., Kleinertz, S., Funch, P., & Kurniawan, F. (2021). A New Marine Biomaterial: The Shell of Mangrove Horseshoe Crabs, *Carcinoscorpius rotundicauda* (Latreille, 1802) Emphasizing Its Physico-Chemical Characteristics. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.612016>
- Zhang, Z., Ma, Z., Song, L., & Farag, M. A. (2023). Maximizing crustaceans (shrimp, crab, and lobster) by-products value for optimum valorization practices: A comparative review of their active ingredients, extraction, bioprocesses and applications. *Journal of Advanced Research*, 57, 59-76. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.11.002>