

REVISTA CIENTÍFICA

PAKAMUROS

Marzo 2025

Volumen 13 – N° 1



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN

Una publicación de la Universidad Nacional de Jaén
Marzo 2025 | Vol. 13. Número 1 | E-ISSN: 2522-3240 | ISSN: 2306-9805
DOI: <https://doi.org/10.37787/twOpy775>

Comité Científico

Director

Dra. Mary Flor Césare Coral

Editor

Dr. Ernesto Hernández Martínez

Miembros

Dr. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz, Universidad Nacional Agraria La Molina
Dr. Eli Morales Rojas, Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua
Dr. Jorge Díaz Dumont, Universidad Nacional de Tayacaja, Perú.
Dr. Ernesto Alonso Paiva Peredo, Universidad Tecnológica Del Perú S.A.C
Dr. García Cedrón David Carmelo, Universidad Privada César Vallejo - Trujillo
Dr. Enedia Vieyra Peña, Universidad Nacional de Tumbes, Perú.
Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

Equipo de edición y diseño

Responsable del Proceso Editorial

Ing. Sandra Eloisa Pasapera Campos, Universidad Nacional de Jaén

Diseño de portada (e)

Bach. Grecia Alexandra Mauriola Jiménez, Universidad Nacional de Jaén

Tópicos aceptados por la revista

Ingeniería
Salud

Descargo de responsabilidad: El Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén no se hacen responsables de los errores, omisiones, inconsistencias involuntarias por parte de los autores o de las consecuencias derivadas del uso de la información contenida en esta revista; los puntos de vista y las opiniones expresadas no reflejan necesariamente los del El Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén, y la publicación de anuncios no constituye ninguna aprobación por parte del Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén de los productos anunciados. Los autores asumen la responsabilidad legal y moral de las ideas expresadas en los artículos. El editor no será legalmente responsable en caso de reclamaciones de indemnización.

Página web de la revista: Para las instrucciones de envío, suscripción y demás información, visite: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros>

Imagen de portada: Cerveza (https://media-public.canva.com/MADBWd3pLxo/1/thumbnail_large-1.jpg) / Filete de pescado cocido (https://www.freepik.es/fotos-premium/deliciosa-harina-pescado-cocida-mitad-lima_10592102.htm) / Granos de maíz morado (<https://media-public.canva.com/45Yy8/MAFYTu45Yy8/1/tl.jpg>) / Granos de quinua (https://media-public.canva.com/MADAK0BYBIE/1/thumbnail_large-1.jpg) / Cubiertos atados (<https://up-fit.pl/wp-content/uploads/2024/04/3-e1712674797225.png>) publicado en la Agencia de Publicidad Roxart (<https://up-fit.pl/blog/czym-jest-cheat-meal-i-czy-warto-to-stosowac-w-swojej-diece>) / Néctar de fruta (Generado por la Inteligencia Artificial ChatGPT).

CONTENIDO





ARTÍCULOS

| | |
|--|----|
| Cerveza artesanal a base de maltas de maíz morado (<i>Zea mays</i>) y quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)..... | 4 |
| Calidad sensorial y proximal de filetes de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) alimentadas con dietas balanceadas incluyendo ensilado a base de residuos hidrobiológicos..... | 16 |
| Propuesta de diseño de un Sistema de Calefacción Sostenible (SCS) utilizando biomasa residual ganadera para la producción de biogás en viviendas altoandinas..... | 32 |
| Determinación de la vida útil de cerveza artesanal tipo “Amber Ale” mediante pruebas aceleradas a tres temperaturas de almacenamiento..... | 47 |
| Evaluación proximal y sensorial de un néctar mixto enriquecido con quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) y soya (<i>Glycine max</i>)..... | 55 |
| Interacciones nutricionales en la dieta cotidiana peruana y su impacto en la biodisponibilidad.... | 69 |

ARTÍCULO ORIGINAL

Cerveza artesanal a base de maltas de maíz morado (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*)

Craft beer made from purple corn (*Zea mays*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) malts

Daysi Díaz¹, Lili Lucero¹, Juan Ticona² y Segundo Cruz¹

RESUMEN

En el mercado altamente competitivo de la cerveza artesanal, la búsqueda de nuevos sabores impulsa la exploración de materias primas poco convencionales. Por ello, este estudio se centró en la obtención de maltas a partir de maíz morado y quinua, en diferentes proporciones (40-60 % y 60-40 %, respectivamente), las cuales fueron tostadas a distintos tiempos (105, 115 y 125 minutos) y temperaturas (100, 110 y 120 °C), para finalmente elaborar una cerveza artesanal. Se realizaron análisis fisicoquímicos (grados Brix, pH, densidad, grados alcohólicos y acidez total) y un análisis sensorial con 30 panelistas, quienes evaluaron el color, olor, sabor y espuma de la bebida. Los resultados promedio de los análisis fisicoquímicos fueron: 7.4 °Brix, pH 4.6, densidad 1.011 g/cm³, 4.6 % de alcohol y 0.3 % de acidez total. El análisis sensorial no mostró diferencias significativas entre los atributos evaluados; sin embargo, de forma descriptiva se observó que la cerveza artesanal P2T2t3 destacó en los atributos de color, olor y espuma, obteniendo calificaciones de 3.5, 2.9 y 3.4 puntos, respectivamente. Por otro lado, para el atributo de sabor, la cerveza P2T1t2 fue la mejor valorada, con 3.0 puntos.

Palabras clave: malta, quinua, maíz morado, cerveza artesanal.

ABSTRACT

In the highly competitive craft beer market, the search for new flavors drives the exploration of unconventional raw materials. Therefore, this study focused on obtaining malts from purple corn and quinoa, in different proportions (40-60 % and 60-40 %, respectively), which were roasted at different times (105, 115 and 125 minutes) and temperatures (100, 110 and 120 °C), to finally brew a craft beer. Physicochemical analyses (Brix, pH, density, alcoholic strength and total acidity) and a sensory analysis were performed with 30 panelists, who evaluated the color, odor, flavor and foam of the beverage. The average results of the physicochemical analysis were: 7.4 °Brix, pH 4.6, density 1.011 g/cm³, 4.6 % alcohol and 0.3 % total acidity. The sensory analysis showed no significant differences among the attributes evaluated; however, descriptively, it was observed that the P2T2t3 craft beer stood out in the attributes of color, odor and foam, obtaining scores of 3.5, 2.9 and 3.4 points, respectively. On the other hand, for the flavor attribute, beer P2T1t2 was the best rated, with 3.0 points.

Keywords: malt, quinoa, purple corn, craft beer.

*Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: lisset220222@gmail.com, lilyjannet17@gmail.com, segundo.cruz@unj.edu.pe

² Ecofriendly Engineers S.A.C, Perú. Email: juan.ticona.yujra@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El auge global de las cervecerías artesanales, en comparación con las cervezas industriales, se debe a su reconocida calidad y a la amplia variedad de sabores. En Perú, esta tendencia empezó en el año 2005, cuando se inició la producción de cerveza artesanal. Desde entonces, ha ganado reconocimiento a nivel latinoamericano, lo que conllevó a la creación de la Asociación de Cerveceros Artesanales, cuyo horizonte de éxito está trazado por la combinación adecuada de lúpulos, maltas y granos andinos (Quintanilla y Sucno, 2017).

Esta tendencia en el Perú ha generado la necesidad de explorar nuevas materias primas locales que permitan desarrollar productos innovadores. Tradicionalmente, la producción de cerveza depende de la malta de cebada, un insumo mayormente importado, lo que incrementa los costos y limita el desarrollo de alternativas sostenibles a nivel local, esta situación constituye la problemática de este estudio. En este contexto, el maíz morado (*Zea mays*) y la quinua (*Chenopodium quinoa*) representan opciones viables para la producción de una malta alternativa, ya que ambos cultivos son nativos y ampliamente cultivados en diversas regiones del país, además que nos hará independientes en cuanto a sabor, olor y aroma propios (Mencia y Pérez, 2018).

Aunque existan investigaciones como la de Apaza y Atencio (2017), que evaluaron los diferentes porcentajes de guiñapo de maíz morado como sustitución parcial en la elaboración de una cerveza artesanal, sometieron al maíz morado a 24 horas de remojo y humedad de 42 % y germinado durante 4 días a temperatura de 20 ± 2 °C con secado posterior hasta 13 % de humedad, alcanzando en estas condiciones 90 % de germinación. Se realizaron pruebas con diferentes proporciones de materia prima, específicamente guiñapo de maíz morado y malta, en porcentajes de 20% - 80%, 25% - 75% y 30% - 70% respectivamente. El análisis sensorial reveló que la combinación con 20% de guiñapo de maíz morado y 80% de malta, macerado por una hora y media y fermentada por 6 días, fue la más aceptada. Las características fisicoquímicas de esta cerveza artesanal mostraron un contenido de 11 °Brix, un pH de 4.38 y un contenido de alcohol de 6.1%. Basándose en estos resultados, se determinaron los parámetros óptimos para el procesamiento de la cerveza artesanal con sustitución parcial de malta por guiñapo de maíz morado, que incluyen un porcentaje de guiñapo del 20%, malta de cebada al 80%, lúpulos al 0.61%, levadura Windsor al 0.2%, clarificantes al 0.18%, y fermentación a temperaturas de 18°C a 25°C durante 7 días.

El estudio de Valencia (2018), quien obtuvo dos bebidas fermentadas de maíz morado (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 420 “Negra Collana”, ambas semillas fueron remojadas durante 24 horas y lograron una germinación a los 4 días, a una temperatura de 20 ± 2 °C y secado hasta

12 % de humedad; con los granos de quinua desinfectados se obtuvo mejores condiciones de germinación con un remojo de 4 horas, que después de 24 horas de germinación se alcanzó 98.9% de poder germinativo se procedió a un secado y tostado a 160 °C por 90 segundos. Los atributos de la bebida fermentada elaborada a partir de maíz morado registraron 5 °Brix, un pH de 3.09 y una acidez titulable del 0.18 % expresada en ácido láctico, con un contenido alcohólico del 2.4%. Por otro lado, la bebida fermentada de quinua presentó 5.2 °Brix, un pH de 3.3, una acidez titulable del 0.18 % expresada en ácido láctico y un contenido alcohólico del 1.5 %. La conclusión del estudio señala que el tratamiento más efectivo fue la hidrólisis enzimática utilizando enzimas pépticas al 0.02% en peso/volumen durante 12 horas, seguido de una filtración con tierras de diatomeas al 0.058% en peso/volumen, lo que resultó en una turbidez de 514 NTU.

El estudio de Champi y Taype (2018) analizaron el tiempo de cocción y fermentación sobre la calidad de la bebida fermentada a base de maíz morado, variedad de kculli. Empleando la proporción 1 kg de maíz por 10 L de agua, llevándose a cocción por tres horas. Para inocular la enzima hidrolítica Rohan Clear, la bebida se encontraba a 25 °C, a una dosis de 5g/l durante 3 horas y se filtró cada tratamiento, fermentando a temperatura ambiente por 8, 16 y 24 horas resultando nueve tratamientos. Determinaron que al aumentar el tiempo de cocción del mosto de maíz morado para las bebidas fermentadas clarificadas y pasteurizadas, se incrementa la concentración de sólidos solubles y el nivel de pH. Por otro lado, un tiempo de fermentación más prolongado tiende a reducir tanto el contenido de azúcares (medido en grados Brix) como el pH. El tratamiento que consistió en una cocción de 2 horas seguida de una fermentación de 24 horas fue el que obtuvo la mayor aceptación en los atributos sensoriales.

Aun con estas investigaciones, la evidencia científica sobre las condiciones óptimas de temperatura y tiempo de tostado de estos insumos para obtener malta y aplicar en la elaboración de cerveza artesanal es limitada. Estos parámetros son cruciales en el perfil sensorial y características fisicoquímicas del producto final. Por esta razón, el propósito de la investigación fue desarrollar una cerveza artesanal elaborado con maíz morado (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) tipo maltas, tostados a diferentes tiempos y temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la provincia de Jaén, Cajamarca. El procedimiento experimental y la determinación de las características fisicoquímicas (°Brix, pH, densidad, grados alcohólicos y acidez total) se llevaron a cabo en una sala con temperatura media de 18 °C y una humedad media del 75%. Las

materias primas empleadas fueron: maíz morado y quinua, obtenidas del Mercado de Abastos “28 de Julio”.

Diseño experimental

Fue de bloques completos aleatorizados con un arreglo factorial de $3T \times 3t \times 2P$, para dieciocho tratamientos en total, con 3 repeticiones, con proporciones de malta: Maíz morado 60% y quinua 40%, Maíz morado 40% y quinua 60%, ambas tostadas a diferentes tiempos (105, 115, 125 minutos) y temperaturas (100, 110 y 120° C).

Tabla 1

Número de tratamientos resultantes de acuerdo a las 3 variables y niveles estudiados

| | T | t | | |
|----|----|--------|--------|--------|
| | | t1 | t2 | t3 |
| P1 | T1 | P1T1t1 | P1T1t2 | P1T1t3 |
| | T2 | P1T2t1 | P1T2t2 | P1T2t3 |
| | T3 | P1T3t1 | P1T3t2 | P1T3t3 |
| P2 | T1 | P2T1t1 | P2T1t2 | P2T1t3 |
| | T2 | P2T2t1 | P2T2t2 | P2T2t3 |
| | T3 | P2T3t1 | P2T3t2 | P2T3t3 |

Leyenda:

T: Temperatura de tostado
T1: 100 °C
T2: 110 °C
T3: 120 °C

t: Tiempo de tostado

t1: 105 min

t2: 115 min

t3: 125 min

P: Fuente de malta

P1: Maíz morado 60% y quinua 40%

P2: Maíz morado 40% y quinua 60%

Proceso experimental

Para la obtención de maíz morado y quinua tipo malta, se siguieron los siguientes pasos descritos:

Figura 1

Diagrama de flujo para la obtención de maíz morado tipo malta

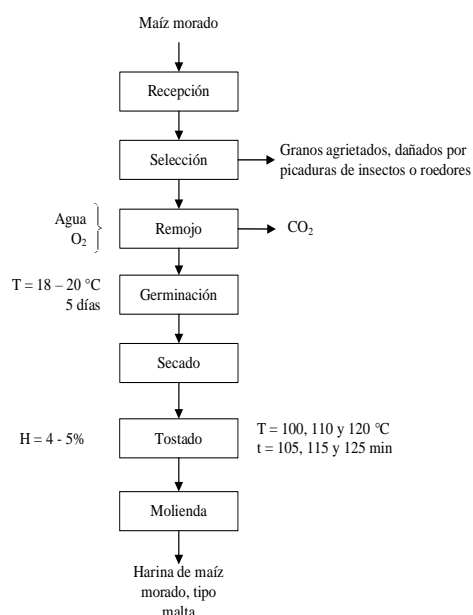
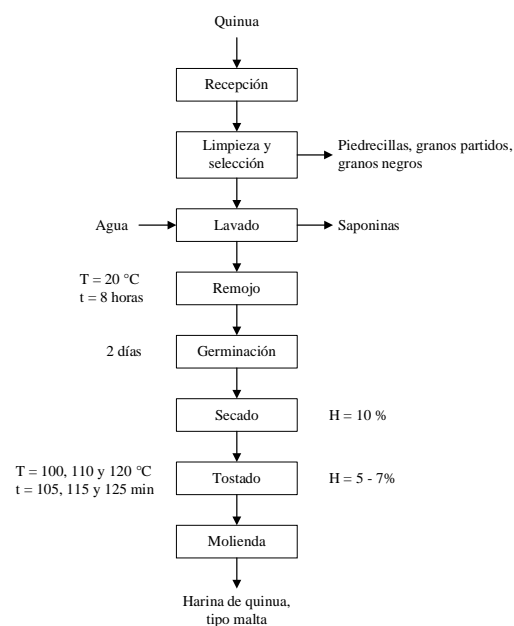


Figura 2

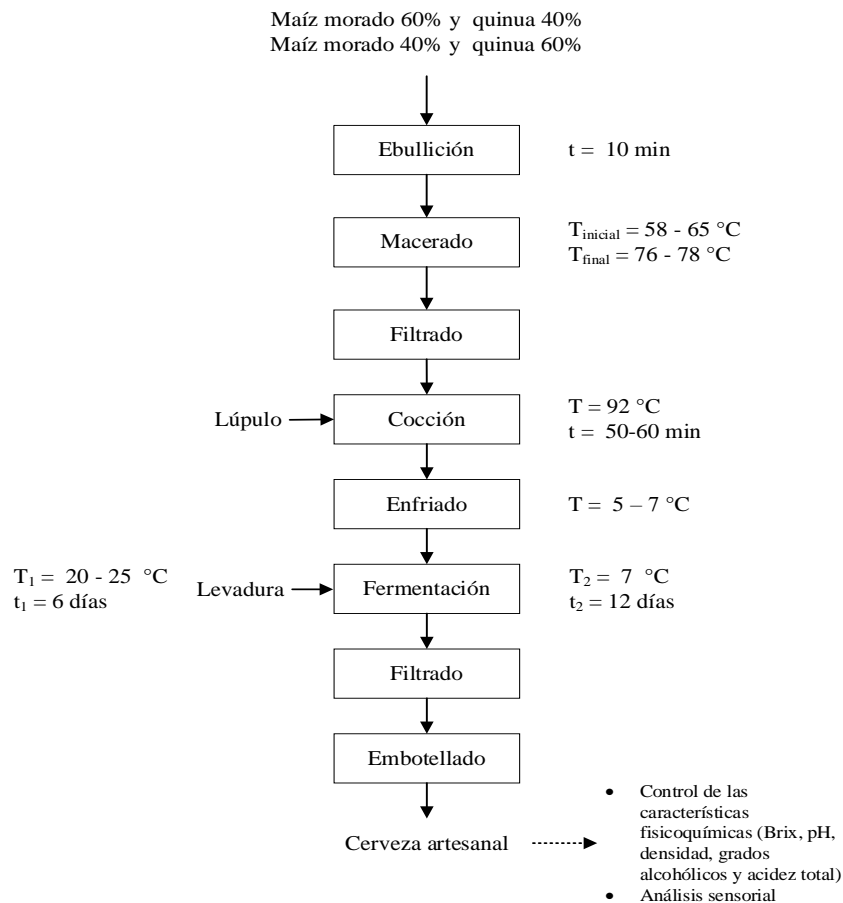
Diagrama de flujo para la obtención de quinua tipo malta



Para la obtención de la cerveza artesanal se siguieron pasos descritos en la siguiente figura:

Figura 3

Diagrama de flujo para la obtención de cerveza artesanal



Características fisicoquímicas

Se determinaron después de 15 días de embotelladas los tratamientos de cerveza, ya que en ese periodo se genera la cantidad adecuada de CO₂ y se completa todo el proceso. Se realizó para los 18 tratamientos y sus repeticiones.

Determinación de •Brix: Se calibró el refractómetro con agua destilada, corroborando que el resultado de lectura sea cero. Luego, limpio y seco el refractómetro, se colocaron unas gotas de cerveza sobre el prisma. Se ajustó el enfoque y se registró lectura.

Determinación de pH: Se calibró el pHmetro con agua destilada. Se colocó una muestra de cerveza en un vaso de precipitación para luego introducir el pHmetro, dejándose reposar 1 minuto, para finalmente proceder con la lectura.

Determinación de densidad: Se llenó una probeta de 250 ml con cerveza y se dejó caer suavemente el densímetro en su interior. Tras unos segundos, el densímetro flotó y se estabilizó. La lectura se realizó en el punto donde la superficie de la cerveza interceptaba la escala del instrumento. Dado que el agua

tiene una densidad de 1.000 g/cm³, y la cerveza contiene azúcar disuelta, la medición resultó superior a este valor. Estos pasos permitieron determinar la densidad inicial (antes de la fermentación) y la densidad final (después de 15 días de embotellado) de cada tratamiento de cerveza.

Determinación de grados alcohólicos: Cerveceros de México (2018) indican la siguiente fórmula para el resultado de grados alcohólicos de una cerveza artesanal:

$$\text{Gradosalcohólicos} = (D_i - D_f) * 1.05$$

Donde:

D_i = Densidad inicial

D_f = Densidad final

1.05 es una constante que indica los ramos de alcohol etílico que se ganaron por cada gramo de CO₂

Determinación de acidez total: Se colocaron 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 500 mL y se calentó a 60-70°C durante 30 minutos para eliminar el dióxido de carbono. Luego, se dejó enfriar, se homogenizó por agitación y se extrajeron entre 25 y 50 mL, transfiriéndolos a un vaso precipitado. Para la titulación, se llenó una bureta con NaOH 0.1N y se aseguró su control mediante una llave de paso. Se añadieron unas gotas de fenolftaleína a la muestra como indicador y se inició la titulación, agregando NaOH gota a gota hasta observar un cambio de color a rosa. Finalmente, se cerró la bureta, se registró el volumen de NaOH consumido y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Acideztotal} = \frac{n * 0.009 * 100}{V}$$

Donde:

n: Son los ml gastados de NaOH

V: Volumen de muestra utilizado

Análisis sensorial

Se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Jaén, contó con un panel de 30 panelistas no entrenados de entre 18 a 50 años de edad, se excluyeron a aquellos con algún tipo de alergia alimentaria al maíz morado y quinua. Se utilizaron pruebas afectivas de tipo Escalar, siguiendo la escala Hedónica, conforme lo recomendado por Espinosa (2020), para evaluar atributos de olor, color, sabor y espuma, con 5 puntos cada uno.

RESULTADOS

Características fisicoquímicas

La Tabla 2 muestra los valores promedio obtenidos de °Brix, pH, densidad, grados alcohólicos y acidez total, para los dieciocho tratamientos, junto con sus parámetros de control correspondientes (mínimo y máximo) según la Norma Técnica Peruana 213.014 (2016) para la elaboración de cerveza.

Tabla 2

Características fisicoquímicas de los 18 tratamientos de cerveza artesanal

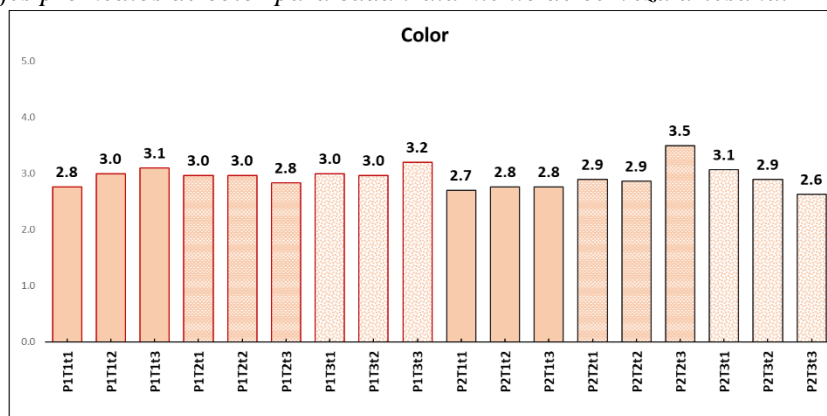
| Tratamiento | °Brix | pH | Densidad (g/cm ³) | Grados alcohólicos (%) | Acidez total (%) |
|---------------|-------|-------|-------------------------------|------------------------|------------------|
| P1T1t1 | 7.386 | 3.600 | 1.013 | 4.183 | 0.357 |
| P1T1t2 | 7.437 | 4.390 | 1.011 | 5.657 | 0.251 |
| P1T1t3 | 8.445 | 4.570 | 1.013 | 3.570 | 0.213 |
| P1T2t1 | 6.609 | 4.777 | 1.012 | 5.810 | 0.389 |
| P1T2t2 | 7.608 | 4.627 | 1.012 | 4.860 | 0.268 |
| P1T2t3 | 8.577 | 4.729 | 1.011 | 4.763 | 0.363 |
| P1T3t1 | 6.524 | 4.568 | 1.012 | 4.902 | 0.275 |
| P1T3t2 | 7.415 | 4.548 | 1.021 | 4.548 | 0.342 |
| P1T3t3 | 7.503 | 4.517 | 1.004 | 3.510 | 0.315 |
| P2T1t1 | 7.366 | 4.467 | 1.012 | 5.450 | 0.223 |
| P2T1t2 | 7.597 | 4.739 | 1.011 | 3.569 | 0.355 |
| P2T1t3 | 8.707 | 4.893 | 1.011 | 4.857 | 0.269 |
| P2T2t1 | 6.674 | 4.760 | 1.011 | 5.727 | 0.322 |
| P2T2t2 | 7.558 | 4.673 | 1.013 | 4.467 | 0.255 |
| P2T2t3 | 6.661 | 4.780 | 1.008 | 3.733 | 0.249 |
| P2T3t1 | 7.601 | 4.750 | 1.011 | 5.700 | 0.211 |
| P2T3t2 | 7.495 | 4.503 | 1.010 | 3.453 | 0.253 |
| P2T3t3 | 6.585 | 4.567 | 1.007 | 4.017 | 0.439 |
| Mínimo | 0.120 | 3.500 | 1.013 | 5.000 | 0 |
| Máximo | 9.360 | 5.000 | 1.040 | ND | 0.3 |

Análisis sensorial de la cerveza artesanal

En la Figura 4, se presentan los puntajes alcanzados para el indicador color. Se observa que, en promedio, los tratamientos con los puntajes más altos y más bajos son P2T2t3 y P2T3t3, respectivamente.

Figura 4

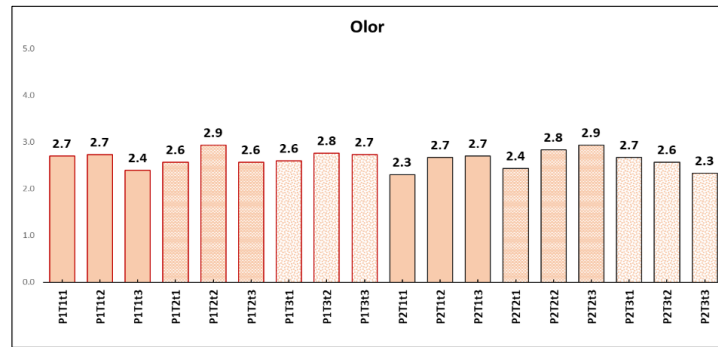
Puntajes promedios de color para cada tratamiento de cerveza artesanal



En la Figura 5 se presentan los puntajes promedios de la evaluación para el indicador olor de cada uno de los tratamientos de cerveza artesanal. El tratamiento P2T2t3 es el que obtuvo el mayor puntaje promedio; mientras que P2T1t1, el menor.

Figura 5

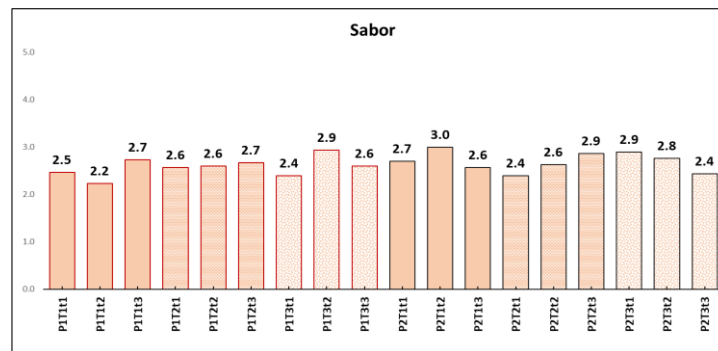
Puntajes promedio de olor para cada tratamiento de cerveza artesanal



En la Figura 6 se tienen los puntajes promedios de la evaluación respecto al sabor para cada uno de los tratamientos de cerveza artesanal. Se puede observar que el tratamiento P2T1t2 es el que, en promedio, tiene mayor puntaje; mientras que el tratamiento P1T1t2, obtuvo los menores puntajes en la evaluación sensorial, respecto al atributo mencionado.

Figura 6

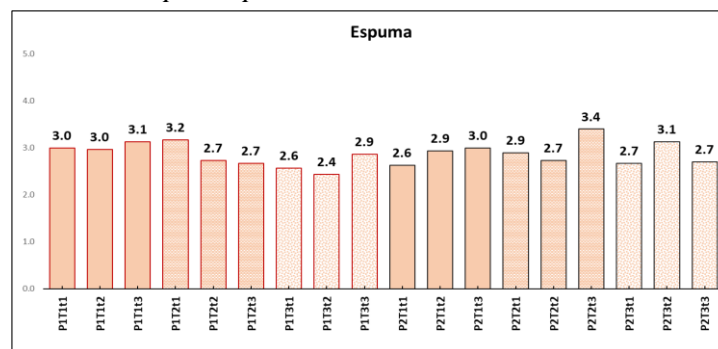
Puntajes promedio de sabor para cada tratamiento de cerveza artesanal



En la Figura 7 se muestran los puntajes promedio de la evaluación de la espuma en los diferentes tratamientos de cerveza artesanal. Se nota que el tratamiento con el puntaje promedio más alto es P2T2t3, mientras que la combinación P1T3t2 obtuvo el puntaje promedio más bajo.

Figura 7

Puntajes promedio de espuma, para cada tratamiento de cerveza artesanal



Luego de una exploración de los resultados de las pruebas sensoriales entre los diferentes tratamientos, se llevaron a cabo pruebas de hipótesis. En la Tabla 3 se presentan los resultados del test de Friedman aplicado a cada una de las características sensoriales definidas, donde se contrastan las siguientes hipótesis:

H_0 = No existe diferencia entre las medianas de los tratamientos

H_1 = Si existe diferencia entre las medianas de los tratamientos

Al utilizar un nivel de significancia del 5%, se observa que no se encuentran diferencias significativas entre las medianas de los tratamientos para ninguna de las características sensoriales evaluadas (p -valor > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula).

Tabla 3

Test de Friedman para los tratamientos de cerveza artesanal, en cada una de las características organolépticas.

| Características | χ^2 | G1 | p-valor |
|-----------------|----------|----|---------|
| Espuma | 22.5932 | 17 | 0.1630 |
| Color | 14.9587 | 17 | 0.5985 |
| Olor | 16.7044 | 17 | 0.4746 |
| Sabor | 26.9440 | 17 | 0.0589 |

DISCUSIÓN

Los grados brix varían en función a la cantidad de azúcares presentes en las maltas y a la prolongación del tiempo de macerado (Hernández, 2009). Además, depende de las temperaturas para activar las enzimas que accionan en el desdoblamiento del almidón a azúcares simples (Eßlinger, 2009). En estudios previos se obtuvieron un rango de 4.4 a 5.3 °Brix, esto debido al tipo de cerveza weissbier alemana, las cuales están dentro del rango específico (4-6%) según la ley de pureza alemana (Sanlate, 2010); y los grados brix obtenidos en esta investigación, se encontraron en un rango de 0.120 a 9.360 °Brix, descrito en la Norma Técnica Peruana 213.014 (2016).

El pH adecuado en la cerveza varía de acuerdo a la calidad y composición química del agua, en conjunto con el mosto obtenido (Suárez, 2013). Rodríguez (2015) obtuvo un valor promedio de 4.53 para cervezas tipo ale hechas a partir de cebada y quinua, mientras que Mencia y Pérez (2018) obtuvieron para las cervezas ale y lager los valores de 4.25 y 4.36 respectivamente. Además, Benito (2013) manifiesta que para evitar el ataque de microorganismos a la cerveza se debe cumplir con la característica de tener un pH alrededor de 4.6, y las cervezas obtenidas en la investigación arrojan un pH entre 3.60 y 4.57, resultados que se aproximan a las investigaciones anteriores.

García et al. (2004) mencionan que la densidad final para las cervezas ale llegan a 1.011 g/cm³, al igual que los valores reportados en los 18 tratamientos de esta investigación oscilan entre 1.0038 g/cm³ –

1.0210 g/cm³, resultados similares a los obtenidos de Mencia y Pérez (2016) que describieron valores de 1.013 y 1.040 g/cm³ para cervezas hechas a partir de malta de cebada y maíz; y a los de Rodríguez (2015) quien obtuvo un valor de 1.011 g/cm³ para cervezas tipo ale con 25 % de quinua y 75% de cebada y 1.010 g/cm³ para una proporción de 50:50 de dichas maltas. Esta ligera variación de densidad final se debió a los tipos de granos que se usaron, el proceso de maceración, y el tipo de levadura a usar (Stewart et al., 2018).

Varnam et al. (1996) sostienen que una cerveza fuerte tiene un valor comprendido entre 4.8 y 5.5 grados alcohólicos, mientras que de una menor oscila entre 3.5 y 4.5 %, es decir, las cervezas obtenidas se encuentran en estas dos categorías. Los grados alcohólicos registrados en este estudio presentan una variación del 3.453% al 5.810%, cifras que concuerdan tanto con la investigación previamente mencionada como con los resultados obtenidos por Marquez (2015) al utilizar quinua en la elaboración de cerveza artesanal, donde se reportaron valores de 4.2 y 4.3 grados alcohólicos. De acuerdo con la normativa citada en el párrafo anterior, se establece un intervalo de 3 a 5 grados alcohólicos como criterio para evaluar la calidad de una cerveza.

La Norma Técnica Ecuatoriana 2323 (2002) establece que la acidez aceptable para una cerveza artesanal debe situarse en el intervalo de 0 a 0.3%. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran una variación que va desde 0.211% hasta 0.439%, una cifra consistente con la obtenida por Aguirre (2019). Ambas investigaciones se centran en la elaboración de cerveza de maíz morado, utilizando proporciones similares de ingredientes (50% y 75% de maíz) y condiciones de proceso (tostado a 98 °C durante 90 minutos).

El test de Friedman revela que no se detectan diferencias significativas entre las medianas de los tratamientos evaluados, los cuales incluyen diversas proporciones de maíz morado y quinua (60% maíz morado y 40% quinua, 40% maíz morado y 60% quinua), así como diferentes tiempos de tostado (105, 115, 125 minutos) y temperaturas (100, 110 y 120 °C). Estos resultados sugieren que, según la percepción de los 30 panelistas no entrenados, todos los tratamientos son igualmente efectivos. Sin embargo, es importante mencionar que Apaza y Atencio (2017) encontraron que una combinación de 20% de maíz morado y 80% de malta resultó ser el tratamiento óptimo en su estudio. Esta diferencia puede deberse a que estos autores emplearon a 13 panelistas entrenados, Valencia (2018) también encontró diferencias significativas, empleando a 20 panelistas semientrenados; igualmente con Aung et al. (2022), empleando a 102 panelistas no entrenados. Igualmente con Champi y Taype (2018) y Lucero y Gordon (2019), emplearon 20 panelistas semientrenados y 60 panelistas no entrenados, respectivamente. Estas

diferencias respecto a la presente investigación se debe al tipo de panelistas empleados, ya que, Watts et al. (1995) indican que para evaluar gustos, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados; y para la identificación y medición de las propiedades sensoriales, desarrollo y/o reformulación de productos, identificación de cambios causados por métodos de procesamiento, almacenamiento se evalúan con paneles entrenados.

CONCLUSIONES

En cuanto a las características fisicoquímicas de los grados brix y el pH, todos los 18 tratamientos se ajustaron a los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana para la elaboración de cerveza. Sin embargo, en cuanto a la densidad, únicamente cuatro tratamientos (P1T1t1, P1T1t3, P1T3t2 y P2T2t2) se mantuvieron dentro del rango esperado. En relación con los grados alcohólicos, cinco tratamientos (P1T1t2, P1T2t1, P2T1t1, P2T2t1 y P2T3t1) y, en términos de acidez total, diez tratamientos (P1T1t2, P1T1t3, P1T2t2, P1T3t1, P2T1t1, P2T1t3, P2T2t2, P2T2t3, P2T3t1 y P2T3t2) se ubicaron dentro de los parámetros deseados.

En una evaluación descriptiva, se destacó que la cerveza artesanal P2T2t3 obtuvo 3.5 puntos en color, 2.9 en olor y 3.4 en espuma, mientras que la cerveza P2T1t2 sobresalió con 3.0 puntos en el atributo sabor. No obstante, el análisis mediante el test de Friedman concluyó que no existen diferencias significativas entre los atributos de las cervezas artesanales evaluadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J. (2019). *Obtención de cerveza artesanal a partir de una malta de maíz morado (Zea Mays L.)* [Escuela superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11845>
- Apaza, R. y Atencio, Y. (2017). *Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale, con sustitución parcial de malta (Hordeum vulgare) por guiñapo de maíz morado (Zea mays)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Aung, T., Kim, B. y Kim, M. (2022). Optimized roasting conditions of germinated wheat for a novel cereal beverage and its sensory properties. *Foods*, 11(481), 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11030481>
- Benito, M. (2013). *Los beneficios de la cerveza en la salud*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/los-beneficios-de-la-cerveza-en-la-salud>
- Champi, F. y Taype, N. (2018). *Efecto de tiempo de cocción y fermentación sobre la calidad de la bebida fermentada a base de maíz morado (Zea mays) germinado de variedad de Kculli* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7227>
- Espinosa, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).

- Eßlinger, H. (2009). *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (2004). *Biotechnología Alimentaria* (E. L. S.A. (ed.)). http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biotechnologia_Alimentaria-Libro.pdf
- Hernández, F. (2009). *Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock*. Ingeniería en Agroindustria.
- Lucero, M. y Gordon, E. (2019). *Estudio de las condiciones del pretratamiento de maíz morado (Zea mays L.) para su utilización como adjunto en la elaboración de cerveza*. Universidad San Francisco de Quito.
- Marquez, A. (2015). Elaboración de una cerveza orgánica a partir de la quinoa (*Chenopodium quinoa*). En *Universidad Técnica de Machaña*. Universidad Técnica de Machala.
- Mencia, G. y Pérez, R. (2018). *Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare), carbonatada con azúcar y miel de abeja* [Escuela Agrícola Panamericana]. <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/24>
- Norma Técnica Ecuatoriana 2323. (2002). *Norma Técnica Ecuatoriana 2323:2002* (p. 8).
- Quintanilla, D. y Sucno, S. (2017). *Factibilidad de instalación de una microcervecería para la producción y comercialización de cerveza artesanal en la ciudad de Lima*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Rodríguez, W. (2015). *Efecto de la sustitución de cebada (Hordeum vulgare) por quinua (Chenopodium quinoa) y del pH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo Ale*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sanlate, J. (2010). *Efecto de temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza tipo Weissbier Alemana* [Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/278/1/AGI-2009-T016.pdf>
- Stewart, G., Russell, I. y Anstruther, A. (2018). *Handbook of Brewing* (3.^a ed.). Taylor & Francis Group.
- Suárez, M. (2013). *Cerveza: componentes y propiedades* [Universidad de Oviedo]. [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_Maria Suárez Diaz.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_Maria%20Suarez%20Diaz.pdf)
- Valencia, P. (2018). *Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (Zea Mays) y quinua (Chenopodium Quinoa) variedad INIA 420 Negra Collana* [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4098/IAvabupye048.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Varnam, A., Sutherland, J. y Ena, J. (1996). *Bebidas: tecnología, química y microbiología*.
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L. y Elías, L. (1995). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*.

ARTÍCULO ORIGINAL**Calidad sensorial y proximal de filetes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas balanceadas incluyendo ensilado a base de residuos hidrobiológicos****Sensory and proximal quality of fillets of bowl trout (*Oncorhynchus mykiss*) feededed with balanced diets including hydrobiological waste-based filler.**Edward López-Farfán¹ , Hans Minchán-Velayarce¹ , Juan Ticona-Yujra²  y Juan Mendoza-Seclen¹ **RESUMEN**

El incremento en la producción de productos hidrobiológicos plantea preocupaciones debido al inadecuado manejo de los residuos generados, que representan hasta el 60% de la materia prima utilizada en la industria pesquera. Este estudio abordó la problemática formulando dietas balanceadas para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en fase de engorde, incorporando ensilado biológico derivado de estos residuos. Se evaluaron los efectos de las dietas en la calidad proximal y sensorial del filete de trucha, utilizando un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos: 10%, 25%, 40% de ensilado y un control comercial (Avikaman). Los análisis de los datos incluyeron ANOVA y la prueba de Tukey para identificar diferencias significativas en los análisis proximales, así como la prueba no paramétrica de Friedman para los puntajes sensoriales. Los resultados mostraron diferencias significativas en humedad, grasa, aroma, sabor y textura, destacando la mejora de la aceptabilidad sensorial con el tratamiento al 40% de ensilado. En conclusión, la inclusión de ensilado biológico en las dietas de trucha optimiza tanto la calidad nutricional como sensorial del producto final.

Palabras claves: Ensilado biológico, trucha arcoíris, dietas balanceadas.

ABSTRACT

The increase in the production of hydrobiological products raises concerns due to the inadequate management of the waste generated, which represents up to 60% of the raw material used in the fishing industry. This study addressed the problem by formulating balanced diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the fattening phase, incorporating biological silage derived from these wastes. The effects of diets on proximal and sensory quality of trout fillet were evaluated using a completely randomized design (CRD) with four treatments: 10%, 25%, 40% silage and a commercial control (Avikaman). Data analyses included ANOVA and Tukey's test to identify significant differences in proximate analyses, as well as Friedman's nonparametric test for sensory scores. The results showed significant differences in moisture, fat, aroma, flavor and texture, highlighting the improvement in sensory acceptability with the 40% silage treatment. In conclusion, the inclusion of biological silage in trout diets optimizes both the nutritional and sensory quality of the final product.

Key words: Biological silage, rainbow trout, balanced diets.

*Autor de correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: edward.lopez@est.unj.edu.pe, hans_minchan@unj.edu.pe, juan.mendoza@unj.edu.pe

² Programa Nacional de Alimentación Comunitaria Wasi Mikuna, Perú. Email: juan.ticona@qw.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El sector de la acuicultura de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ha experimentado un crecimiento notorio, impulsado por la creciente demanda mundial de productos hidrobiológicos (Rauinuzzo, 2020). A pesar de este crecimiento, la gestión de residuos generados durante el procesamiento primario presenta desafíos significativos. Este estudio se enfoca en abordar esta problemática mediante la exploración de la incorporación de ensilados biológicos derivados de residuos hidrobiológicos en las dietas de truchas arcoíris durante la fase de engorde para evaluar su impacto en la calidad de la carne. Se han investigado sus efectos fisicoquímicos y sensoriales, así como su viabilidad como sustituto parcial del alimento comercial. En investigaciones previas, Lesiow et al. (2009) y Stojanovska et al. (2022) encontraron que la inclusión parcial de nuevos insumos de origen vegetal y animal en sus formulaciones tuvieron efectos positivos en su composición fisicoquímica, así como mejoró su aceptabilidad en la evaluación sensorial.

Quishpe et al. (2020) destacan la importancia de utilizar residuos cárnicos para la generación de dietas balanceadas de bajos costos. Por otro lado, Yucra (2022) sugiere la inclusión de ensilado biológico a partir de vísceras de truchas en las dietas de estos peces en las etapas de engorde. López y Salas (2021) incorporaron harina hidrolizada de vísceras para la producción de dietas balanceadas. Por otro lado, Benavides et al. (2023) y Guzel et al. (2011) determinaron que la inclusión de ensilado en dietas alimenticias en la alimentación de trucha arcoíris presentaron un buen desempeño productivo. García et al. (2004) y Mamani (2017), han abordado aspectos relacionados con la calidad y rendimiento de la trucha en diferentes tratamientos alimenticios.

La problemática ambiental derivada de los residuos hidrobiológicos, que constituyen el 50-60% de los desechos generados por la industria pesquera, ha despertado un interés creciente en la búsqueda de alternativas sostenibles (Barriga et al., 2019). Estos residuos no solo generan impactos ambientales negativos, sino que también ofrecen una oportunidad para su transformación en ensilados biológicos de alta calidad nutricional y bajo costo (Barriga et al., 2019; Quispe y Mamani, 2024).

En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los efectos de la inclusión de ensilado en las dietas balanceadas sobre las características sensoriales y proximales de filetes de truchas arcoíris (*O. mykiss*), alimentadas durante la fase de engorde?

El objetivo general de esta investigación fue determinar la calidad sensorial y proximal de trucha arcoíris fresca (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas balanceadas incluyendo ensilado biológico a base de residuos hidrobiológicos. Siendo los objetivos específicos determinar la

composición proximal de la dieta balanceada, caracterizar la composición proximal de la carne de trucha fresca en filete, evaluar las características sensoriales y la aceptabilidad de la carne de trucha cocida en filete.

MATERIALES Y MÉTODOS

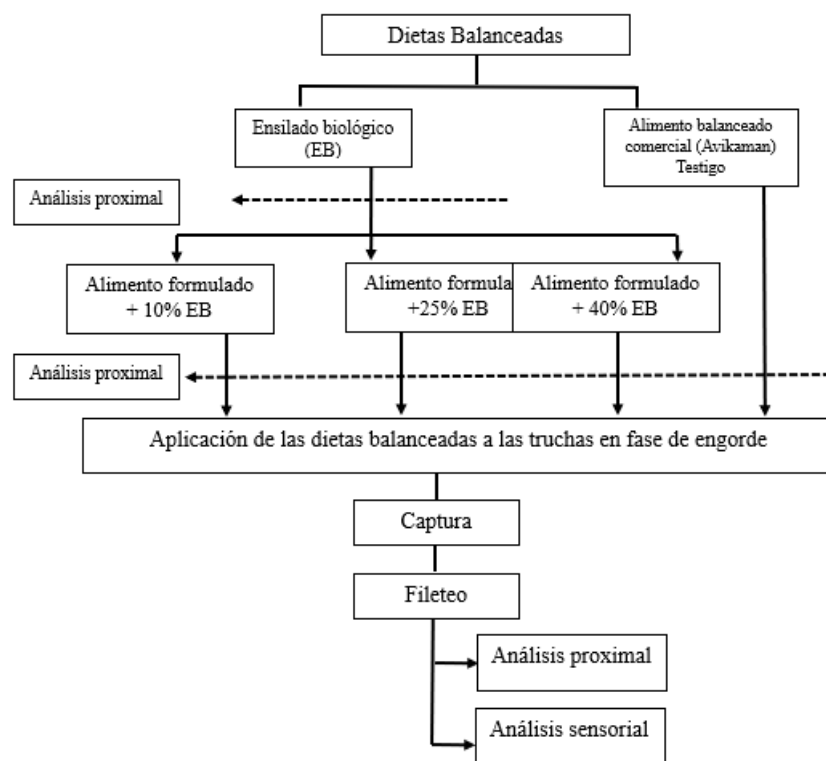
La investigación emplea un enfoque cuantitativo, experimental y descriptivo, centrado en el desarrollo de dietas balanceadas con la inclusión de 10%, 25% y 40% de ensilado biológico. El diseño experimental consistió en manipular la variable independiente, ensilado biológico (EB), junto con la repetición de formulación (R), utilizando un diseño completamente aleatorizado (DCA) con tres niveles de ensilado (3 EB) más un control (testigo), en un estudio de corte transversal. El objetivo principal fue determinar la composición proximal de la dieta balanceada, caracterizar la composición proximal de la carne de trucha fresca en filete, y evaluar tanto las características sensoriales como la aceptación de la carne de trucha cocida en filete.

En la elaboración del ensilado biológico se utilizaron 700 kg de residuos hidrobiológicos, procesados en dos lotes de 350 kg cada uno. Estos residuos incluyen vísceras, cabezas, huesos, piel, colas y pescados enteros, provenientes de especies de consumo frecuentes en la provincia de Jaén, como caballa, bonito y jurel. Los residuos fueron recolectados en los mercados 28 de Julio, Roberto Segura, Mercado Central y Sol Divino, todos ubicados en la provincia de Jaén. Para el proceso de ensilado se emplearon 70 kg de sacarosa (azúcar Bell's) y 28 litros de cultivo probiótico (yogur natural), adquiridos en el supermercado Mega Plaza y en la tienda especializada en lácteos La Finca Roja, ambos de la ciudad de Jaén.

Se llevaron a cabo cuatro tratamientos experimentales (T1, T2, T3 y T4), de los cuales uno correspondió al control (T4). Los tres tratamientos experimentales (T1, T2 y T3) se replicaron en tres ocasiones cada uno, mientras que el control (T4) no contó con repeticiones adicionales, resultando en un total de 10 unidades experimentales.

Figura 1

La metodología experimental se diseñó para investigar la influencia del ensilado biológico en las características sensoriales de la carne de trucha



Nota: Los tres tratamientos experimentales T1, T2 y T3 se replicaron tres veces cada uno, mientras que el control (T4) no tuvo repeticiones adicionales mostrados según el diseño experimental.

Tratamiento 1: Ensilado biológico al 10% (EB1)

Tratamiento 2: Ensilado biológico al 25% (EB2)

Tratamiento 3: Ensilado biológico al 40% (EB3)

Tratamiento de control/testigo (T4): Alimento balanceado comercial AVIKAMAN sin ensilado biológico.

Los insumos que se utilizaron para la elaboración de las dietas balanceadas incluyeron harina de pescado (Fish meal) , torta de soya (Heis premium), afrecho de trigo (Molicentro), polvillo de arroz, lisina en polvo (Montana), metionina en polvo (ProPremix), aceite comestible (Cocinero), premix para cerdos (Molinos del puerto), carbonato de calcio (Pochteca Perú), cloruro de colina (Montana), BHT (Purina), antihongos (Fungifree), vitamina C (ProPremix), se adquieren de proveedores ubicados en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 1*Estructura de formulación de insumos para la elaboración de dietas balanceadas*

| Mezcla/Pre-Mezcla | Formulación 1 | Formulación 2 | Formulación 3 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|
| Harina de pescado | 30.00% | 30.00% | 30.00% |
| Ensilado biológico | 10% | 25.00% | 40.0% |
| Torta de soya | 39.00% | 31.80% | 23.5% |
| Harina de maíz | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Polvillo de arroz | 4.20% | 2.00% | 0.00% |
| Lisina en polvo | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
| Metionina en polvo | 0.68% | 0.50% | 0.50% |
| Harina de trigo | 6.00% | 2.28% | 0.20% |
| Aceite comestible | 5.00% | 4.00% | 2.00% |
| Premix de salmónido | 3.00% | 2.50% | 2.00% |
| Carbonato de calcio | 0.50% | 0.50% | 0.30% |
| Cloruro de colina | 0.70% | 0.50% | 0.70% |
| BHT (antioxidante de grasa) | 0.10% | 0.10% | 0.10% |
| Fungiblan o ácidos orgánicos (contra hongos y bacterias) | 0.10% | 0.10% | 0.10% |
| Vitamina C (Acidificante) | 0.22% | 0.22% | 0.10% |

En 10 estanques de geomembrana se llevó a cabo el cultivo de 300 ejemplares de trucha arcoíris para cada uno, lo que sumó un total de 3000 ejemplares con un peso promedio de 80 g de cada uno. Estos estanques tenían unas dimensiones de 130 cm de alto y 700 cm de diámetro. De los 10 estanques, solo 9 fueron alimentados con dietas balanceadas que contenían diferentes porcentajes de inclusión de ensilado biológico, lo cual representó un total de 2700 ejemplares. El estanque restante, con una representación de 300 ejemplares, fue alimentado exclusivamente con alimento comercial AVIKAMAN.

La provisión de alimento para las truchas distribuidas en diez estanques se realizó durante 27 días, con tres alimentaciones diarias en proporciones determinadas según la tabla de alimentación de referencia para el cálculo de la ración (Álvarez et al., 2021- pág. 76 al 86). Los horarios de alimentación fueron a las 6 am, 11:30 am y 5:30 pm, y la distribución del alimento se llevó a cabo utilizando un sistema de voleo manual a lo largo del borde del estanque. Se registró la alimentación en un formato específico para la producción de alimento diario.

Una vez transcurridos los días correspondientes a la fase de engorde, se procedió a recolectar al azar 43 ejemplares de cada estanque utilizando una red circular con forma de cuchara grande. La forma de cosechar y trasladar las truchas al área de procesamiento en la provincia de Jaén (figura 2 y 3). Es importante destacar que durante la recolección se registró el peso de cada trucha en un formato de pesaje. Esta información será analizada para determinar los efectos de la inclusión del ensilado biológico en las dietas formuladas, además de conocer su factor de conversión alimenticia en cada tratamiento.

Figura 2

Manejo en campo en el cultivo de trucha arcoíris en su fase de engorde



Nota: Manejo, muestreo y alimentación de trucha arcoíris, A y B: Selección al azar de 5 ejemplares de cada estanque con la ayuda de un chiringuito para su respectivo muestreo, C y D: Toma de medida de cada trucha considerando su estanque y tratamiento alimenticio. E, F y I: Pesaje de cada ejemplar de trucha, G: Evaluación física de alguna enfermedad que puedan presentar, H: Anotación de todos los datos obtenidos cada 5 días, J: Dietas balanceadas elaboradas con inclusión de ensilado biológico, K: Alimento testigo AVIKAMAN, L: Pesado de cada ración de sus dietas para la alimentación de las truchas, M: Alimentación de las truchas mediante la técnica del voleo.

Figura 3

Procesamiento primario de trucha arcoíris



Nota: Procesamiento primario de las truchas arcoíris en la planta de procesamiento de la empresa Ecofriendly Engineers S.A.C, A: Recepción de la materia prima en cooler con hielo. B: Pesado de la trucha, C, D y E: Fileteado de la trucha arcoíris, F: Envasado y pesado de los filetes de trucha., G, H y I: Empacado al vacío de los filetes de trucha.

En el análisis de datos, se emplearon pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas según la naturaleza de los datos. Para las características fisicoquímicas de la dieta balanceada y de la carne de trucha, se utilizó el ANOVA, seguido del test de Tukey, para determinar diferencias significativas entre tratamientos. En el análisis sensorial y de aceptabilidad, se aplicó la prueba de Friedman debido a la naturaleza ordinal de los puntajes otorgados por los panelistas. Adicionalmente, se realizaron comparaciones múltiples de Friedman para identificar entre qué tratamientos se presentaban diferencias significativas. El procesamiento de datos se llevó a cabo con el software R y Microsoft Excel.

RESULTADOS

Composición proximal de la dieta balanceada

El análisis proximal de las dietas balanceadas mostró que el tratamiento T3 presentó el mayor porcentaje de humedad (9.25%). En cuanto al contenido de proteínas, los tres tratamientos evaluados presentaron porcentajes similares, mientras que el testigo tuvo el valor más bajo (40.50%). El porcentaje de grasa fue mayor en la dieta del testigo (11.29%) en comparación con los tratamientos. El contenido de ceniza fue similar en los tres tratamientos, superando al del testigo (9.64%). Finalmente, el porcentaje de fibra fue menor en el testigo (2.93%) en relación con los tratamientos.

Tabla 1

Resumen del análisis químico proximal de la dieta balanceada, según tratamiento.

| Tratamiento | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa (%) | Ceniza (%) | Fibra (%) |
|-------------|-------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| T1 | 8.60 | 42.40 | 10.57 | 12.90 | 3.72 |
| T2 | 8.77 | 42.50 | 9.92 | 12.60 | 3.36 |
| T3 | 9.25 | 42.20 | 8.77 | 12.67 | 2.54 |
| T4 | 8.84 | 40.50 | 11.29 | 9.64 | 2.93 |

Caracterización proximal de la carne de trucha fresca en filete

El análisis de los resultados muestra que, en cuanto al porcentaje de humedad, el tratamiento T4 (72.05%) fue significativamente menor que los tratamientos T1 (75.13%) y T3 (74.77%). No se observaron diferencias significativas en los porcentajes de proteína entre los tratamientos, con promedios que oscilaron entre 19.93% (T1) y 20.93% (T3). En cuanto al porcentaje de grasa, el tratamiento T4 presentó el valor más alto, siendo significativamente diferente del resto, mientras que T1 y T3 mostraron los valores más bajos (1.35% y 1.12%, respectivamente). No se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de cenizas ni de fibra entre los tratamientos.

Tabla 2

Resumen del análisis químico proximal de los filetes de trucha fresca, según tratamiento.

| TRATAMIENTO | HUMEDAD (%) | PROTEÍNA (%) | GRASA (%) | CENIZA (%) | FIBRA (%) |
|-------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| T1 | 75.13 ± 0.61 ^a | 19.93 ± 0.42 ^a | 1.35 ± 0.19 ^c | 1.39 ± 0.01 ^a | 0.24 ± 0.08 ^a |
| T2 | 73.85 ± 0.47 ^{ab} | 20.17 ± 0.76 ^a | 1.80 ± 0.03 ^b | 1.34 ± 0.16 ^a | 0.24 ± 0.05 ^a |
| T3 | 74.77 ± 0.19 ^a | 20.93 ± 0.25 ^a | 1.12 ± 0.15 ^c | 1.28 ± 0.10 ^a | 0.36 ± 0.42 ^a |
| T4 | 72.05 ^b | 20.80 ^a | 2.69 ^a | 1.03 | 0.16 |

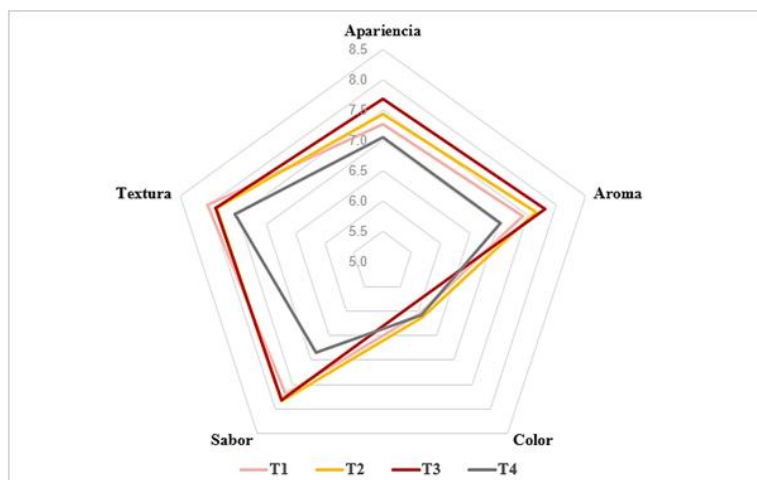
Nota. Los promedios que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes. Test de Tukey con 5% de significancia

Caracterización sensorial y aceptabilidad de la carne de trucha fresca en filete

El perfil sensorial de los filetes, evaluado a través de un diagrama radial (figura 4), muestra que las dietas de los tres tratamientos superaron al testigo (T4) en las características de apariencia, aroma, textura y sabor, siendo la diferencia más significativa en el sabor de los filetes de trucha. Sin embargo, en cuanto al color del filete, el tratamiento T3 presentó una menor apreciación.

Figura 4

Perfil sensorial de los tratamientos de los filetes de trucha cocida.



Para confirmar la significancia estadística de las diferencias observadas en el diagrama radial, se aplicó la prueba de Friedman a los puntajes sensoriales de los filetes de trucha. Los resultados, presentados en la tabla 4, indican que, al considerar un nivel de significancia del 5%, se encontraron diferencias significativas en las características de aroma, sabor y textura entre los tratamientos (p -valor < 0.05).

Tabla 3

Test de Friedman para los puntajes sensoriales de trucha fresca en filete, en cada característica evaluada.

| Características sensoriales | n | Estadístico F | GL | p Valor |
|-----------------------------|-----|---------------|----|---------|
| Apariencia | 132 | 7.7894 | 3 | 0.0506 |
| Aroma | 132 | 13.7198 | 3 | 0.0033 |
| Color | 132 | 3.7639 | 3 | 0.2881 |
| Sabor | 132 | 29.9556 | 3 | 0.0000 |
| Textura | 132 | 8.6032 | 3 | 0.0351 |

Con el fin de identificar las diferencias significativas en los puntajes sensoriales para las características de aroma, sabor y textura, se realizó el test de comparaciones Múltiples de Friedman, cuyos resultados se presentan en la tabla 5. En cuanto al aroma, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T3 y el testigo T4, siendo el tratamiento T3 el que recibió la mejor apreciación sensorial. Para el sabor, los puntajes de los tres tratamientos evaluados fueron estadísticamente similares entre sí, pero significativamente superiores al del testigo T4. Finalmente, en la textura, se observaron diferencias significativas entre los puntajes del tratamiento.

Tabla 4

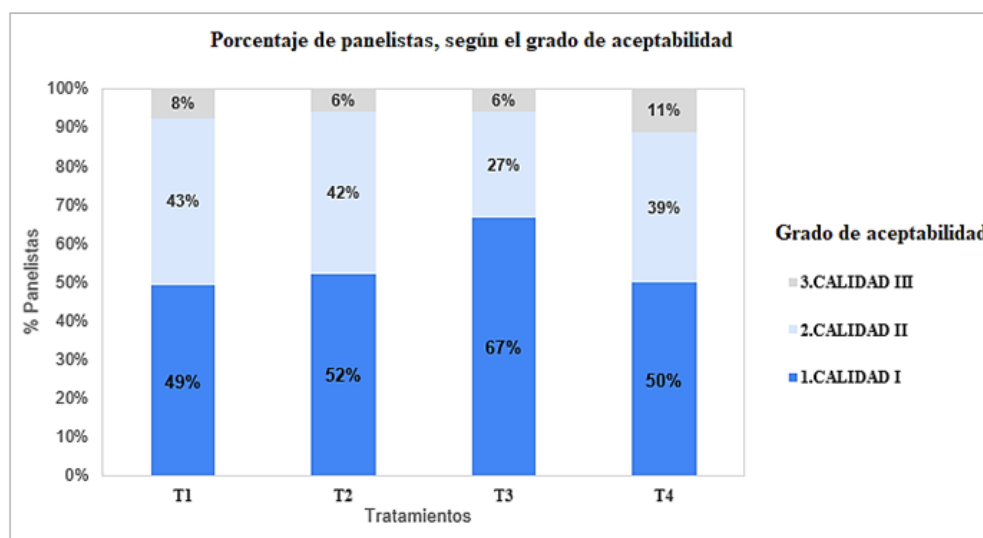
Test de comparaciones múltiples de Friedman para los puntajes sensoriales de los filetes de trucha fresca; en aroma, sabor y textura.

| Características | Tratamiento | Suma de rangos | Promedio de rangos | Grupos |
|-----------------|-------------|----------------|--------------------|--------|
| Aroma | T3 | 359.00 | 2.72 | a |
| | T2 | 346.00 | 2.62 | a b |
| | T1 | 317.50 | 2.41 | a b |
| | T4 | 297.50 | 2.25 | b |
| Sabor | T2 | 362.00 | 2.74 | a |
| | T3 | 351.50 | 2.66 | a |
| | T1 | 336.00 | 2.55 | a |
| | T4 | 270.50 | 2.05 | b |
| Textura | T1 | 358.00 | 2.71 | a |
| | T3 | 331.00 | 2.51 | a b |
| | T2 | 323.50 | 2.45 | a b |
| | T4 | 307.50 | 2.33 | b |

La aceptabilidad del filete de carne de trucha, según la dieta balanceada, se analizó y se representó gráficamente en la figura 5. De los panelistas evaluados, el 67% calificó los filetes del tratamiento T3 con una aceptabilidad de calidad I, lo que lo convierte en el tratamiento con la mejor calificación en este aspecto.

Figura 5

Aceptabilidad del filete de carne de trucha fresca, por tratamiento.



Nota. Calidad I comprende los puntajes del 7 al 10 (caracterizado por ausencia de olores / sabores objetables), calidad II comprende los puntajes del 4 al 6 (ligeros olores y sabores objetables) y calidad III con puntajes del 1 al 3 (severos olores y sabores objetables).

Los resultados del test de Friedman, presentados en la tabla 6, indican que, al considerar un nivel de significancia del 5%, existen diferencias significativas en los puntajes de aceptabilidad sensorial de los filetes de trucha según la dieta balanceada.

Tabla 5

Test de Friedman para aceptabilidad de trucha fresca en filete según tratamientos de dieta balanceada.

| n | Estadístico F | GL | p Valor |
|----------|----------------------|-----------|----------------|
| 132 | 12.4009 | 3 | 0.0061 |

Los resultados del test de comparaciones Múltiples de Friedman, presentados en la tabla 7, muestran que los tratamientos T3 y T4 son significativamente diferentes en cuanto a los puntajes de aceptabilidad, ya que no comparten la misma letra. La dieta del tratamiento T3 obtuvo los porcentajes más altos de aceptabilidad.

Tabla 6

Test de comparaciones múltiples de Friedman para aceptabilidad de trucha fresca en filete según tratamientos de dieta balanceada.

| Tratamiento | Suma de rangos | Promedio de rangos | Grupos |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
| T3 | 363.50 | 2.75 | a |
| T2 | 339.00 | 2.57 | a b |
| T1 | 316.00 | 2.39 | a b |
| T4 | 301.50 | 2.28 | b |

DISCUSIÓN**Composición proximal de los alimentos balanceados**

Las dietas con inclusión de ensilado biológico presentaron altos valores en proteínas, cenizas y fibra, con promedios de 42.40%, 12.62% y 3.20% respectivamente, en comparación con los valores porcentuales del control T4, que fueron de 40.50% en proteínas, 9.64% en cenizas y 2.93% en fibra. Estos resultados indican una mejora ligera pero significativa en los indicadores nutricionales mencionados para las dietas T1, T2 y T3 en comparación con T4.

Según la investigación de Lúquez (2018), la harina de residuos de pescado es notable por permitir alcanzar concentraciones proteicas de entre 48% y 56% en formulaciones de dietas balanceadas. Además, las harinas de residuo de pescado presentan una variación en el contenido de cenizas que va del 15% al 30%. Estos altos niveles de cenizas se deben a la inclusión de peces enteros, incluyendo cabezas, vísceras, aletas y esqueletos. El alto nivel de fibra observado se atribuye a los subproductos de la industria pesquera, que son ricos en componentes fibrosos. Es importante destacar que la inclusión de insumos de origen vegetal, como la torta de soya, afrecho de trigo en la sustitución parcial de insumos de origen animal como la harina de pescado, es favorable hasta un máximo del 50% y 20%. Una formulación adecuada que combine la torta de soya con otros insumos contribuye a mejorar en la calidad nutricional en la formulación de las dietas balanceadas (Cruz et al., 2011 y Garzón, 2018). Sin embargo, al analizar sus porcentajes de grasas, los T1, T2 y T3 presentan niveles bajos en comparación a los del T4. Flores et al. (2023) sostiene que los alimentos bajos en grasas presentan niveles inferiores

de energía digestible lo que conduce a que los peces alimentados con estas dietas presentan como resultados bajos en contenido de grasa y peso corporal.

Por otro lado, la comparación de los diferentes tratamientos reveló ligeras diferencias en cuanto al contenido de humedad. Específicamente, el tratamiento T3 mostró un porcentaje de humedad ligeramente superior (9,25%) en comparación con los tratamientos T1 (8,60%), T2 (8,77%) y T4 (8,84%). Estos resultados se hallan dentro de los niveles recomendados. Los parámetros establecidos por la Castro (2022) y NTP Norma Técnica Peruana 209.255 (2020) indican que el contenido de humedad en alimentos balanceados para la etapa de engorde y acabado al 14% como máximo, un estándar que las tres dietas balanceadas a base de residuos hidrobiológicos (T1, T2 y T3) cumplen, con resultados muy cercanos al alimento balanceado industrial T4 (8.84%) de AVIKAMAN. Además, los otros parámetros evaluados, como proteínas, grasas, fibra y cenizas, se alinean con investigaciones previas (Castro, 2022; NTP, 2020; Solazar et al., 2008) con valores de humedad promedio de 11.41%, 14 %, 7.88 %. En conclusión, la inclusión de ensilado biológico en dietas balanceadas mejora significativamente el contenido nutricional en términos de proteínas, cenizas y fibra, demostrando su potencial como ingrediente valioso en la formulación de alimentos.

Composición proximal de la carne de trucha fresca en filetes

Los resultados de la investigación indican que los filetes de trucha no presentaron diferencias significativas en su composición proximal en términos de proteínas, cenizas y fibra. Sin embargo, se observaron diferencias en los indicadores de grasas entre los tratamientos T1 y T3 en comparación con los tratamientos T2 y T4. Específicamente, los niveles de grasa en los tratamientos T1 y T3 fueron similares, pero ambos fueron inferiores al tratamiento de control T4 en cuanto a la concentración de grasa.

En investigaciones anteriores, Llanes et al. (2008) encontraron niveles notoriamente altos de proteínas, materia seca y lípidos en sus muestras, con un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$, y valores menores en cenizas, lo que atribuyó a la presencia de aminoácidos tiende a exceder la capacidad de síntesis de proteína por parte del hígado, resulta que su exceso puede degradar y transformar en glucógeno o lípidos.

Llanes et al. (2008) sostienen que las dietas que incorporan ensilado de pescado (EP) permiten un mayor aprovechamiento de las proteínas de origen animal. Esto se debe a que los aminoácidos presentes en el ensilado tienen una configuración L (levógiros), lo que facilita su absorción debido a la alta calidad y digestibilidad de la proteína. Además, durante el proceso de licuación y fermentación del

ensilado, se forman sustancias estimulantes que promueven el crecimiento sin afectar la eficiencia proteica en la carne del pez.

Los resultados obtenidos revelan diferencias significativas en los niveles de humedad entre T1 y T3 comparados con el testigo T4 (T1: 75.13% y T3: 72.05%; T4: 72.050%). Además, las grasas en T1 y T3 muestran diferencias significativas respecto a T2 y T4 (T1: 1.35% y T3: 2.69%; T2: 1.800 % y T4: 2.690%). No se hallaron diferencias en proteínas, cenizas y fibras entre tratamientos, concordando con investigaciones anteriores (Castro, 2022; Mamani, 2017; NTP Norma Técnica Peruana 209.255, 2020), lo que respalda la coherencia en los análisis proximales de la carne de trucha.

La inclusión de ensilado biológico resulta en bajos contenidos de grasas con niveles porcentuales de 1.12% a 1.80 %, corroborado por estudios anteriores García et al. (2004) su valor de grasa en sus grupos es de 2.41% a 2.70%. Es relevante destacar que el contenido de humedad en la carne de trucha en filetes tiende a disminuir con el aumento de grasa, como se documenta en la literatura (García et al., 2004), sin embargo, (Flores et al., 2023) atribuye que el menor contenido de grasas de la carne de la trucha estaría relacionado con el mayor contenido de cenizas en el alimento balanceado, esto influenciará también en su rendimiento de peso corporal.

En conclusión, la inclusión de ensilado biológico en la dieta influye en la composición proximal de los filetes de trucha, especialmente en la concentración de grasas.

Caracterización sensorial de la carne de trucha fresca en filetes

En el diagrama radial de la figura 5, se destaca una mejora notable en el aroma, sabor y textura de los filetes de trucha arcoíris alimentados con dietas que incorporan ensilado biológico, según la evaluación de las características sensoriales. Estos hallazgos respaldan la noción de que la inclusión de ensilado biológico no solo impacta en la composición nutricional, sino que también puede potenciar las cualidades organolépticas de la carne de trucha fresca.

Las dietas con mayor inclusión de ensilado biológico al 40 % en su formulación fueron las que obtuvieron mayor aceptabilidad, estos resultados se equiparan a las investigaciones realizadas por Ramos et al. (2023), denotando que los tratamientos con mayor concentración de estos nutrientes valiosos como son los ácidos grasos y los omegas 3 presente es los residuos de pescado proporcionan una mayor aceptabilidad, color, aroma, sabor y textura.

Las diferencias significativas entre los tratamientos con inclusión de ensilado biológico en su formulación y el testigo T4 en el aroma, sabor y textura de su carne se deben en parte a su ingesta de

alimentos. Los ensilados biológicos, productos de fermentación natural, contienen nutrientes valiosos como ácidos grasos omega-3 y antioxidantes. Estos compuestos son beneficiosos, mejorando la calidad sensorial y el grado de aceptabilidad de la carne de los peces (Huss et al., 1998 y Vega, 2012).

En conclusión, la inclusión de ensilados biológicos en las dietas balanceadas mejora significativamente la calidad organoléptica y la aceptabilidad de los filetes de trucha. Esto se debe a la presencia de nutrientes esenciales, como ácidos grasos omega-3 y antioxidantes, derivados de los residuos de pescado empleados en la elaboración del ensilado biológico

CONCLUSIONES

Los análisis proximales de las dietas balanceadas con inclusión de ensilado biológico en proporciones de 10%, 25% y 40%, comparadas con un alimento comercial testigo (T4) AVIKAMAN, revelan que la adición de ensilado biológico, en combinación con insumos de origen animal y vegetal, permite sustituir parcialmente la harina de pescado sin comprometer el nivel nutricional de las dietas. Estos resultados sugieren que el ensilado biológico representa una alternativa viable y efectiva para la formulación de dietas balanceadas en acuicultura, asegurando la calidad nutricional necesaria.

Los análisis proximales de los filetes de trucha, respaldados por estadísticos, revelaron que no hay diferencias significativas en la calidad nutricional en términos de proteínas, cenizas y fibra. Sin embargo, se identificaron diferencias significativas en los niveles de grasa, atribuibles a la humedad presente en las dietas que incorporan ensilado biológico en comparación con el tratamiento testigo (T4). Estos hallazgos sugieren que la inclusión de ensilado biológico en las dietas balanceadas impacta principalmente el contenido de grasa de la carne, lo que resalta la importancia de considerar la humedad como un factor clave en la fórmula.

La inclusión de ensilados biológicos en las dietas balanceadas mejora significativamente la calidad organoléptica y la aceptabilidad de los filetes de trucha. Esto se debe a la presencia de nutrientes esenciales, como ácidos grasos omega-3 y antioxidantes, derivados de los residuos de pescado empleados en la elaboración del ensilado biológico. Estos nutrientes potencian la calidad sensorial de los filetes de trucha alimentados con estas dietas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, P., Soldi, H., Castro, M. I., & Del Valle, O. (2021, November 23). *Manual de Cultivo de Trucha - Informes y publicaciones - Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - Plataforma del Estado Peruano*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). <https://www.gob.pe/institucion/fondepes/informes-publicaciones/2448662-manual-de-cultivo-de-trucha>

- Barriga, M., Churacutipa, M., & Salas, A. (2019). Elaboración de ensilado biológico a partir de residuo crudo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) en Puno, Perú. *Ecología Aplicada*, 18(1), 37–44. <https://doi.org/10.21704/REA.V18I1.1304>
- Benavides, J., López, J., Váquiro, H., Benavides, J., López, J., & Váquiro, H. (2023). Modelado matemático del efecto del hidrolizado de vísceras en el desempeño productivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Información Tecnológica*, 34(4), 45–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642023000400045>
- Castro, M. S. (2022). Formulación de un alimento balanceado con harina de chía (*Salvia hispánica*) para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la etapa de engorde y determinación de costos de producción. *Universidad Nacional de Juliaca*, 38–57. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/204>
- Cruz, C. A., Hernández, L. H., Fernández, M. A., Ramírez, T., & Angeles, O. (2011). Efectos de dietas con harina de soya en el crecimiento, digestibilidad, excreción de fósforo y nitrógeno de juveniles de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. *Hidrobiológica*, 21(2), 118–125. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Flores, M., Ortega, R., María del Pilar Blanco, M. del P., & Aranibar, M. (2023). Productive response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to the feeding regime with commercial feeds under intensive farming conditions in Lake Titicaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 34(2). <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V34I2.25131>
- García, J. A., Núñez, F. A., Chacón, O., Alfaro, R. H., & Espinosa, M. R. (2004). Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del estado de Chihuahua. *Universidad Autónoma de Chihuahua*, 14(1), 19–26. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972004000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Garzón, V. (2018). La soya como fuente de proteína en la alimentación animal. *Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1652/41738_43719.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guzel, S., Yazlak, H., Gullu, K., & Ozturk, E. (2011). The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 10(25), 5053–5058. <https://doi.org/10.5897/AJB11.367>
- Huss, H., FAO, Rome, I., Boerresen, T., Dalgaard, P., Gram, L., & Jensen, B. (1998). El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. In *SIDALC*. Rome (Italy) FAO.
- Lesiow, T., Ockerman, H., & Dabrowski, K. (2009). Composition, properties and sensory quality of rainbow trout affected by feed formulations. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(5), 678–686. <https://doi.org/10.1111/J.1749-7345.2009.00287.X>
- Llanes, J., Toledo, J., & Lazo, J. (2008). Comportamiento del bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentado con dieta semi-húmeda, basada en ensilado biológico de pescado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(3), 269–273. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015504008>
- López, J., & Salas, J. (2021). Efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista MVZ Córdoba*, 26(1), e1989–e1989. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.1989>
- Lúquez, L. del R. (2018). Aprovechamiento de residuos pesqueros generados en la ciénaga de zapatosa para la

producción de harina de vísceras de pescado. *Universidad Nacional de Colombia*, 75–76. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69787>

- Mamani, M. (2017). La canal de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, chucuito-2014 bromatological analysis of the rainbow trout channel (*oncorhynchus mykiss*) produced with fresh and. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 6(2), 135–143. <https://doi.org/10.26788/riepg.2017.35>
- NTP Norma Técnica Peruana 209.255. (2020, December 30). *NTP - Nov - Alimento Balanceado*. Dirección de Normalización - INACAL. <https://es.scribd.com/document/642948559/NTP-Nov-Alimento-Balanceado-doc>
- Quishpe, J. P., Uribe, M. D., Cervante, L., & Pedraza, L. (2020). Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(3), 31–53. <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/230>
- Quispe, C., & Mamani, J. (2024). Efecto de dietas con ensilado de residuos industriales pesqueros en el crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Ciencia & Desarrollo*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.33326/26176033.2024.1.2201>
- Ramos, M., Bustillos, R., Santolalla, S., Tuesta, T., Silva Paz, R., & Jordán Suárez, O. (2023). Effect of five cooking methods on the physicochemical, nutritional and sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientia Agropecuaria*, 14(2), 247–257. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2023.022>
- Rauinuzzo, J. (2020). Estudio de prospectiva: la cadena de valor de la trucha. *Programa Nacional de Innovación En Pesca y Agricultura*. <https://repositorio.pnipa.gob.pe/handle/20.500.12864/194>
- Solazar, R., Falcón, P. E., González, S., & Choy, M. (2008). Determinación del costo óptimo de fabricación industrial del alimento balanceado para truchas arco iris (*oncorhynchus mykiss w*) en la etapa de crecimiento a partir de la cebada y jora de maíz rojo (huarotambo). *Aporte Santiaguino*, 1(1), 30. <https://doi.org/10.32911/AS.2008.V1.N1.328>
- Stojanovska, T., Kalevska, T., Nedelkoska, D., & Pavlovska, G. (2022). Formulation, Production, And Determination Of Physical-Chemical And Sensory Characteristics Of Three Different Functional Ohrid Trout Pâtés. *International Journal Of Food Technology And Nutrition*, 5(9), 2022. <https://sites.google.com/unite.edu.mk/ijftn/no-9-10-2022?authuser=0>
- Vega, R. (2012). Libro de resúmenes. II Congreso Nacional de Acuicultura 2009. In *Universidad Católica de Temuco*. <https://repositoriodigital.uct.cl/handle/10925/890>
- Yucra Quispe, M. A. (2022). Alimentación de truchas *Oncorhynchus mykiss* con dietas de ensilados biológicos de vísceras de truchas. *Revista de Investigaciones*, 11(2), 94–107. <https://doi.org/10.26788/ri.v11i2.3131>

ARTÍCULO ORIGINAL**Propuesta de diseño de un Sistema de Calefacción Sostenible (SCS) utilizando biomasa residual ganadera para la producción de biogás en viviendas altoandinas****Proposal for the design of a Sustainable Heating System (SCS) using livestock waste biomass to produce biogas in high Andean homes**Luis Linares¹* y Brenda Huaytalla²**RESUMEN**

Este estudio presenta el diseño y evaluación de un Sistema de Calefacción Sostenible (SCS) que utiliza biomasa residual ganadera como fuente de energía para calentar un fluido térmico. Esta energía almacenada se emplea en la climatización de un prototipo de vivienda de 1 m², pensado específicamente para regiones altoandinas, donde las bajas temperaturas representan un desafío para el confort térmico. El sistema está compuesto por una red de tuberías de cobre dispuestas en forma de serpentín, conectadas a un tanque de almacenamiento en el cual se realiza la combustión de biomasa, abastecido por gas generado en un biodigestor externo. La vivienda prototipo se construyó utilizando materiales termoaislantes, como planchas de yeso y lana de oveja, para optimizar la retención de calor en su interior. Se evaluaron tres escenarios: vivienda sin aislamiento, vivienda con aislamiento, y vivienda con aislamiento junto con el sistema de calefacción. Los resultados demostraron que la implementación del sistema completo permitió alcanzar una temperatura interna 4.1°C superior a la de las viviendas rurales locales, evidenciando su efectividad y capacidad para proporcionar un ambiente más confortable en climas fríos. Este SCS representa una solución viable y sostenible para mejorar el confort térmico en viviendas altoandinas.

Palabras clave: Biogás, Sistema de Calefacción Sostenible, biomasa residual, confort térmico, aislamiento térmico.

ABSTRACT

This study presents the design and evaluation of a Sustainable Heating System (SCS) that uses livestock waste biomass as an energy source to heat a thermal fluid. This stored energy is used in the air conditioning of a 1 m² prototype house, specifically designed for high Andean regions, where low temperatures represent a challenge for thermal comfort. The system is composed of a network of copper pipes arranged in the form of a coil, connected to a storage tank in which biomass combustion takes place, supplied by gas generated in an external biodigester. The prototype house was built using thermo-insulating materials, such as gypsum board and sheep wool, to optimize heat retention inside. Three scenarios were evaluated: house without insulation, house with insulation, and house with insulation together with the heating system. The results showed that the implementation of the complete system allowed reaching an internal temperature 4.1°C higher than that of local rural dwellings, evidencing its effectiveness and capacity to provide a more comfortable environment in cold climates. This SCS represents a viable and sustainable solution to improve thermal comfort in high Andean dwellings.

Keywords: Biogas, sustainable heating system, residual biomass, thermal comfort, thermal insulation

*Autor por correspondencia

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Email: 20241759@lamolina.edu.pe

² Universidad Científica del Sur, Perú. Email: 180000382@cientifica.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la sierra peruana se ha visto afectada por las bajas temperaturas durante la temporada de invierno, caracterizadas por las intensas heladas y friajes (Ministerio de Salud [MINSA], 2016). Estas condiciones extremas han generado efectos significativos en la agricultura, ganadería y en la salud de las poblaciones vulnerables, damnificadas tanto por su situación socioeconómica y por su ubicación geográfica (Cerrón, 2022). Según el Instituto de Defensa Civil (INDECI), en el año 2016 el descenso de temperaturas en las zonas rurales afectó la salud de 257.251 personas, causando enfermedades respiratorias, impactando en mayor medida a los departamentos de Puno (51%) y Cusco (21%).

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres ([CENEPRED], 2022), alrededor de siete millones de peruanos se encuentran en el nivel de riesgo alto ante descensos bruscos de la temperatura. Además, el 80% de la población habita en zonas rurales, donde las viviendas son construidas con materiales inadecuados térmicamente (Umán, 2019). Las técnicas constructivas utilizadas en estas zonas son generalmente poco eficientes en términos de aislamiento térmico, lo que las hace inadecuadas para resistir las heladas y el friaje (Santa, 2008).

En las zonas altoandinas, la mayoría de las viviendas están construidas con materiales de bajo costo, como adobe en los muros, techos de paja y madera, lo cual dificulta la retención de calor en el interior, además estas estructuras permiten que el frío penetre con facilidad, incrementando la exposición de sus habitantes a las bajas temperaturas (Moncloa, 2018). Esta situación evidencia la vulnerabilidad de gran parte de la población en estas áreas, que vive en condiciones de pobreza y carece de recursos para mejorar el aislamiento térmico de sus viviendas (Núñez, 2012).

Para enfrentar esta problemática, ante el desafío de las bajas temperaturas, y el esfuerzo por explorar alternativas sostenibles de energía, se ha desarrollado alternativas sostenibles de calefacción y aislamiento que buscan ser accesibles y de bajo impacto ambiental (Navarro y Rojas, 2018). Este sistema busca aprovechar los recursos naturales locales, utilizando materiales accesibles y económicos que se encuentran en las zonas rurales, con el objetivo de maximizar la eficiencia energética y mejorar el confort térmico (Horn y Molina, 2016).

Un factor clave es el uso de biomasa residual, que en esta área del estudio proviene de los residuos ganaderos de los corrales cercanos a las viviendas. En la mayoría de los casos, estos residuos son gestionados de manera inadecuada (Paucar y Quispe, 2015). Además, la generación de residuos agrícolas en las parcelas representa un problema ambiental debido a la falta de técnicas de reaprovechamiento que podrían beneficiar a los agricultores, como el compostaje y la producción de energía para la agroindustria, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles como el biodiésel y el carbón (Gamarrá et al., 2021).

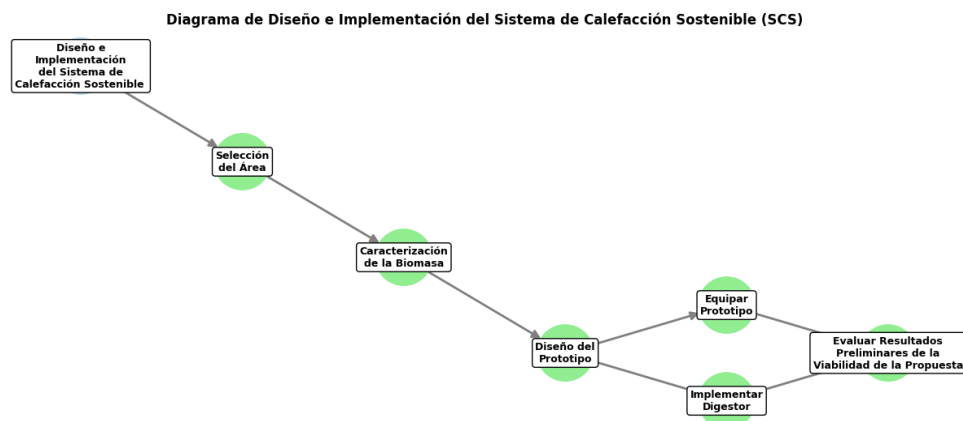
La biomasa residual representa un potencial energético significativo, ya que puede reemplazar al carbón mineral y utilizarse en sistemas energéticos de mayor escala, como instalaciones térmicas, mitigando el impacto ambiental (Romero, 2010). Estudios previos han demostrado que la biomasa generada en la agricultura no solo es una fuente de energía renovable, sino también una opción ambientalmente sostenible que podría ser evaluada en términos de su capacidad calorífica (Camargo y Williams, 2012). El objetivo de este estudio preliminar es diseñar un prototipo de sistema de calefacción sostenible (SCS) que utilice biomasa residual ganadera para la producción de biogás e implemente aislamiento térmico en la estructura, con el fin de climatizar una vivienda altoandina en la comunidad de Chupascunca. Se espera que este prototipo no solo sea una alternativa para enfrentar las bajas temperaturas, sino que también sirva como un modelo replicable en el futuro, incorporando nuevas tecnologías basadas en energías renovables y utilizando materiales termoaislantes para optimizar el calor específico dentro de la vivienda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio preliminar de carácter primario tiene como objetivo evaluar la viabilidad de un sistema de calefacción sostenible (SCS) en viviendas altoandinas, utilizando biomasa residual ganadera como fuente de energía y aislamiento térmico adicional. La metodología empleada se estructuró en varias fases: selección del área de estudio, caracterización de las fuentes de biomasa, diseño del prototipo de vivienda y evaluación del rendimiento del sistema de calefacción. El diseño experimental incluyó la implementación de un digestor para la producción de biogás, así como un prototipo de vivienda equipado con materiales termoaislantes y un sistema de distribución de calor mediante tuberías. Las mediciones de eficiencia térmica y producción de metano se realizaron bajo condiciones controladas y sistemáticas, con el fin de garantizar la precisión y validez de los resultados en el contexto local.

Figura 1

Estructura metodológica de la implementación del Sistema de Calefacción Sostenible (SCS)



Área de estudio

El ámbito de estudio donde se implementó el Sistema de Calefacción Sostenible (SCS) fue en la comunidad de Chupascunca que se encuentra ubicado en la provincia de Cangallo, Departamento de Ayacucho, a una altitud de 2746 msnm, latitud sur de 13° 31' 17"S y una longitud de 74° 8' 43"W. Limita con el centro poblado de Incaraccay y Accomayo. Las principales actividades económicas en la comunidad son la agricultura, ganadería y silvicultura, que constituyen la fuente principal para la generación de biomasa residual (Moncloa, 2018).

Caracterización de la biomasa

El área de estudio se distingue por sus principales actividades económicas: la agricultura y la ganadería, que constituyen la principal fuente de generación de biomasa residual (Moncloa, 2018). En este contexto, para la caracterización de la biomasa, se seleccionó una superficie de 50 m² en una parcela agrícola cercana a una fuente de biomasa ganadera residual. En total, se recolectaron 150 L de estiércol, estimándose, según estudios previos, que el volumen diario de excretas por bovino es de aproximadamente 0.053 m³/día, lo que equivale a 50 kg/día (Duque et al., 2007). Posteriormente, el estiércol fue mezclado con agua en una proporción de 1:1, asegurando una adecuada homogeneización del sustrato (Alvarado et al., 2016). Esta mezcla fue tamizada para garantizar su uniformidad, y se utilizó en el biodigestor con el fin de optimizar la producción de biogás, asegurando condiciones óptimas de humedad y desempeño anaeróbico.

Figura 2

Proceso de recolección del estiércol vacuno



Nota. Recolección y traslado del estiércol vacuno utilizado en el biodigestor

Diseño del biodigestor

Se empleó un biodigestor de 150 L de tipo estacionario o batch, ubicado a 130 cm de la vivienda prototipo, con el fin de optimizar el alcance y la utilización del material orgánico, aprovechando además el subproducto (biogás) generado en la digestión anaeróbica. El diseño del biodigestor contempló que el sustrato ocupara el 70 % del volumen total, dejando el 30 % restante como espacio libre para la acumulación de gases (Giraldo y Ortiz, 2018). En este sentido, se utilizó una mezcla compuesta por un 50 % de sustrato y un 50 % de agua, es decir, 50 L de estiércol y 100 L de agua, en una dilución de 1:1. Tras la instalación del biodigestor con el sustrato, se procedió a medir los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, % de humedad), y se estableció un tiempo de retención hidráulica de tres meses.

Figura 3

Diseño del biodigestor

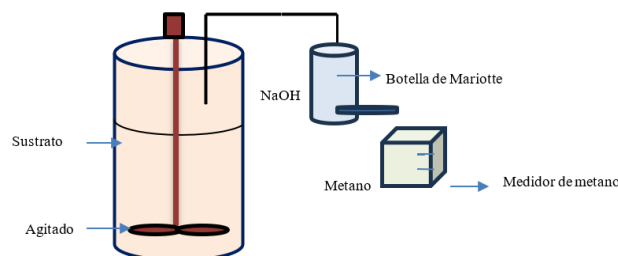


Nota. (a) Fotografía del diseño del biodigestor, (b) Medición con el Peachímetro PHMETER, modelo PH-009

La cuantificación de metano se realizó mediante el método volumétrico, que se basa en la absorción y desplazamiento de volumen. La medición se llevó a cabo utilizando una botella de Mariotte de 1 litro, donde el gas se canalizó a través de una válvula que contenía agua para absorber gases como ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de carbono (CO_2), permitiendo así la medición precisa del metano (CH_4) (Castillo et al., 2003). Este proceso se efectuó de forma continua, realizando lecturas diarias para asegurar la precisión de los datos (Pacheco, 2016).

Figura 4

Medición del metano por botella de Mariotte



Nota. Adaptado de “Construcción y evaluación de un digestor anaerobio para la producción de biogás a partir de residuos de alimentos y poda a escala banco”, (Pacheco, 2016).

Diseño Propuesto de la vivienda

Se propone la simulación de un prototipo de vivienda con dimensiones de 1 m de largo y 0,5 m de ancho, que se ubicará en la parcela de un agricultor de la comunidad de Chupascunca. El proceso de construcción comienza con la colocación de planchas de yeso sobre un piso de barro seco. La capa de yeso tiene un espesor de 0,015 m, y para mejorar sus propiedades termoaislantes, se incorporarán planchas de lana de oveja en su interior, con un espesor de 0,05 m. Las características y materiales utilizados se detallan en la Tabla 1. En este contexto, se emplea la ecuación de inercia térmica propuesta por Menconi y Grohmann (2014), que permite medir la capacidad de un material para almacenar y liberar calor. La inercia térmica (I) se calcula mediante la fórmula $I=(k \times \rho \times c)^{1/2}$, donde k es la conductividad térmica, que indica cuán bien el material conduce el calor; ρ es la densidad, que representa la masa por unidad de volumen; y c es la capacidad calorífica específica, que determina la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa en un grado Celsius. Esta fórmula proporciona una herramienta útil para evaluar cómo los materiales empleados en la construcción de la vivienda contribuyen a la regulación térmica interna, destacándose la capacidad aislante de la lana de oveja y del yeso como materiales clave para el aislamiento térmico.

Tabla 1

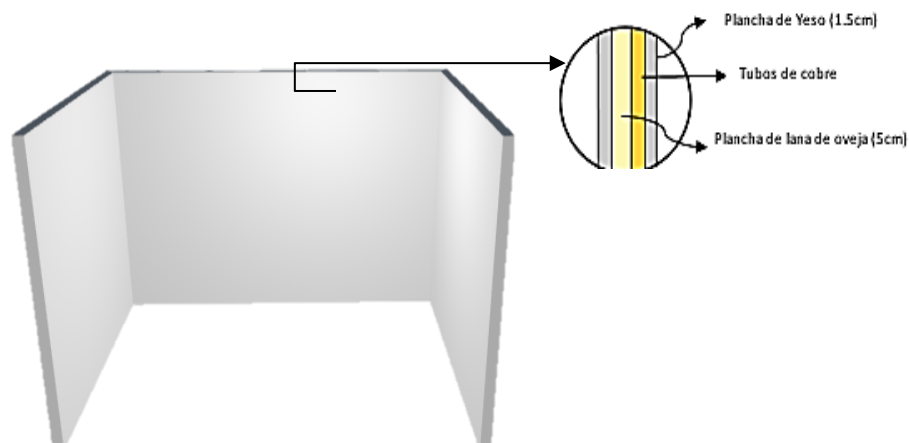
Componentes de la pared del prototipo de vivienda

| Material | medida | Espesor (m) | Cond. térmica (W/m ² K) | Fuente |
|--------------------------|---------|-------------|------------------------------------|------------------------|
| Plancha de yeso | 1 x 0.5 | 0.015 | 0.25 | Park (2014) |
| Plancha de lana de oveja | 1 x 0.5 | 0.05 | 0.35 – 0. 50 | Pacheco (2016) |
| Barro | 10 | - | 0.35 | Escobar et al., (2018) |

Nota. Elección de materiales para la implementación de la pared con aislamiento

Figura 5

Paredes del prototipo de vivienda



Nota. Vista representativa de las paredes del prototipo de vivienda

Sistema de Calefacción

El diseño y construcción de un sistema de calefacción con biomasa residual requiere la selección de materiales adecuados que garanticen eficiencia térmica, resistencia y seguridad durante su funcionamiento. Cada componente debe soportar las condiciones de combustión, transferencia de calor y almacenamiento de biogás. Por ello, en la Tabla 2 se muestran los materiales utilizados para el sistema de calefacción.

Tabla 2

Materiales para el sistema de calefacción

| Materiales | Unidad | Cant. |
|--|--------|-------|
| Aceite térmico | L | 10 |
| Tanque de Almacenamiento de acero inoxidable de 10 L | L | 1 |
| Niples galvanizados de acero inoxidable de ½’’ | unidad | 3 |
| Tubos de cobre de ½’’ | metros | 6 |
| Bomba | unidad | 1 |
| Válvula Solenoide o bobina | unidad | 1 |
| Válvula piloto | unidad | 1 |
| Soldadura (equipo) | - | 1 |

Nota. Cantidad de herramienta y equipos utilizados en la elaboración del sistema de calefacción

El sistema de calefacción está diseñado en un circuito cerrado (Figura 6), similar a las instalaciones eléctricas en las paredes, lo que permite acumular una mayor energía térmica en el interior de la vivienda. Esta energía se distribuye a través de un intercambiador de calor en forma de serpentín (Chávez, 2009; Espinoza, 2010). El funcionamiento básico sigue la metodología empleada por Canqueri (2019), en la que el biogás producido por la digestión anaeróbica es transportado por una manguera hacia una válvula solenoide. Esta válvula genera un campo magnético a través de un émbolo interno, lo que permite el paso del gas al desplazarse. A su vez, la válvula solenoide estará conectada a una válvula piloto, la cual se enlaza a la válvula principal mediante conexiones roscadas.

La primera válvula solenoide incorporará un termostato que regulará la apertura o cierre del circuito eléctrico a batería, dependiendo de la temperatura. La segunda válvula piloto servirá como medida de seguridad, controlando el flujo del gas. Una vez que el flujo de gas sea regulado por la válvula solenoide, continuará hasta el tanque de almacenamiento, donde se encontrará el quemador. Este quemador estará ensamblado con la boquilla de la manguera de gas y funcionará mediante un encendedor eléctrico, que generará fuego para calentar el aceite. El aceite caliente será impulsado por una bomba hacia las tuberías de cobre para distribuir el calor.

Figura 6*Paredes del sistema de calefacción y tanque de almacenamiento*

Nota. (a). Bomba con sus válvulas, (b). Salidas del tubo de cobre, (c). Tanque de almacenamiento, (d) hornilla para calentar el aceite.

Además, se compararon las temperaturas de la vivienda prototipo, equipada con materiales termoaislantes como planchas de lana de oveja y yeso, junto con el sistema de calefacción propuesto. Para el contraste, se evaluó una vivienda rural tradicional construida con materiales locales, como paredes de barro y techo de paja. Las mediciones de temperatura se realizaron durante la noche, entre las 18:00 p.m. y las 6:00 a.m., utilizando un termómetro ambiental digital data logger. Una vez registradas las temperaturas de ambas viviendas, con y sin calefacción, los datos sobre las variaciones térmicas fueron recopilados en una PC. Posteriormente, se elaboró un climograma en Excel para comparar ambos tipos de viviendas y analizar el impacto de los materiales termoaislantes en la regulación de la temperatura.

RESULTADOS

Los datos de la temperatura interna promedio de los prototipos de vivienda durante los meses de heladas intensas (junio, julio y agosto) se presentan en la Tabla 3. Estos datos fueron registrados en función de las técnicas de aislamiento utilizadas: el primer prototipo de vivienda no incluyó técnicas de aislamiento y mostró una temperatura interna promedio de 9°C. El segundo prototipo fue evaluado con técnicas de aislamiento (planchas de lana de oveja y planchas de yeso), registrando una temperatura interna promedio de 10.5°C. Finalmente, el tercer prototipo, que incluyó tanto las técnicas de aislamiento mencionadas como el sistema de calefacción propuesto, mostró una temperatura interna.

Tabla 3

Temperaturas diarias del interior de los prototipos de vivienda.

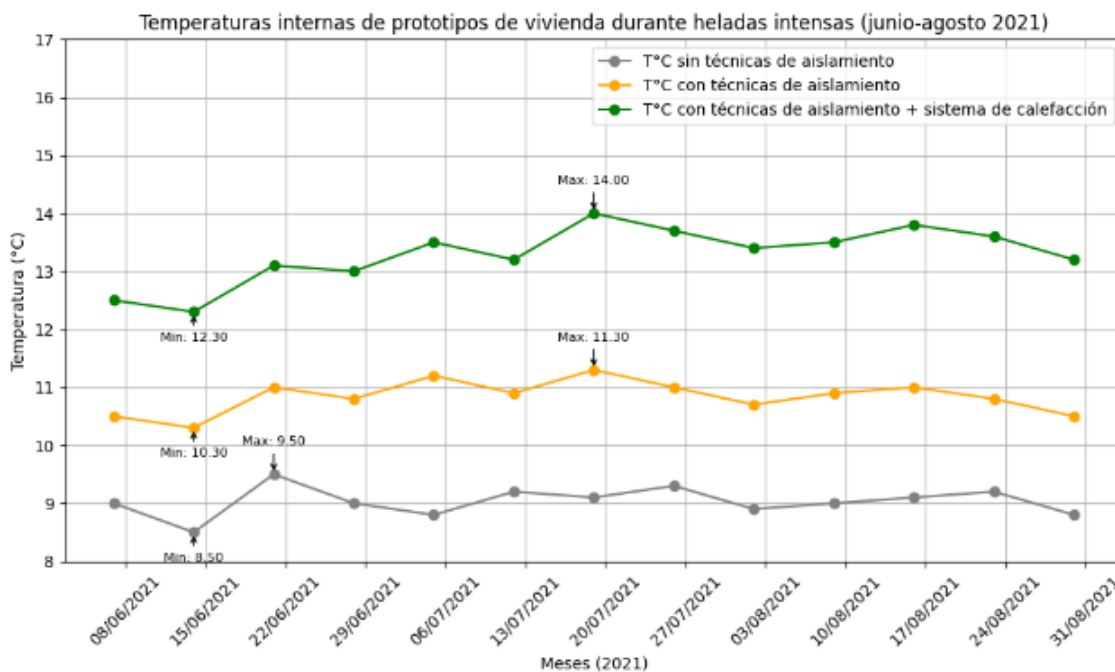
| Condición | Mínimo (°C) | Máximo (°C) | Promedio (°C) |
|---|-------------|-------------|---------------|
| Temperaturas (°C) sin técnicas de aislamiento | 8.0 | 10.0 | 9.0 |
| Temperaturas (°C) con técnicas de aislamiento (plancha de lana de oveja + yeso) | 8.5 | 12.5 | 10.5 |
| Temperaturas (°C) con técnicas de aislamiento + Sistema de calefacción | 10.3 | 14.4 | 12.35 |

Nota: Comparación de temperaturas internas de los prototipos de viviendas

La serie de datos de las temperaturas obtenidas se graficó para un análisis más detallado, permitiendo observar el comportamiento térmico de cada uno de los prototipos de vivienda. En la Figura 8 muestra la frecuencia con la que se midió la temperatura promedio cada siete días, desde el 7 de junio hasta el 30 de agosto de 2021. En la primera vivienda, las temperaturas oscilaron entre un mínimo de 8°C y un máximo de 10°C; en la segunda vivienda, las temperaturas fluctuaron entre 8.5°C y 12.5°C; y en la tercera vivienda se registraron temperaturas mínimas de 10.3°C y máximas de 14.4°C. Como se observa, la tercera etapa de medición muestra un aumento en las temperaturas gracias a la integración de los sistemas de aislamiento y calefacción en conjunto.

Figura 8

Gráfica de las temperaturas promedio día de las tres viviendas prototipo, durante los meses de intensas heladas de junio, julio y agosto de la Comunidad de Chupascunca.



Para un enfoque más preciso, se registraron las temperaturas internas en una noche específica, comparando una vivienda rural con el prototipo de vivienda. Dado el clima de la zona, se realizaron mediciones en horario nocturno para captar las temperaturas más bajas y evaluar el impacto de las técnicas de aislamiento y el sistema de calefacción propuesto. La Tabla 4 muestra las lecturas registradas entre las 18:00 y las 6:00 horas. En la vivienda rural, se observó una temperatura mínima de 2°C a las 2:00 de la mañana y una máxima de 8°C a las 18:00 horas. En el prototipo de vivienda, se registró una temperatura mínima de 10.3°C a las 18:00 horas y una máxima de 14°C a las 6:00 horas. Las temperaturas ambientales también se midieron en el mismo intervalo para comparar con las demás lecturas.

Tabla 4

Registro de las temperaturas medidas durante un día (noche)

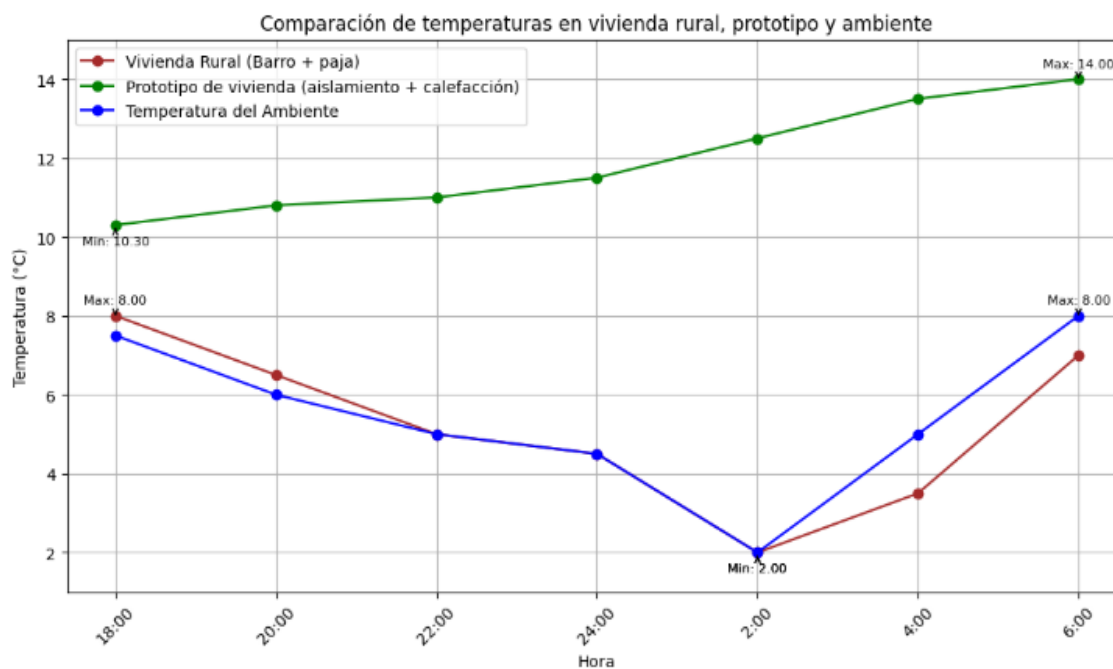
| Hora | T °C de la vivienda Rural (Barro + paja) | T °C del prototipo de vivienda (técnicas de aislamiento + Sistema de calefacción) | T °C del Ambiente |
|-------|--|---|-------------------|
| 18:00 | 8.0 | 10.3 | 7.5 |
| 20:00 | 6.5 | 10.8 | 6.0 |
| 22:00 | 5.0 | 11.0 | 5.0 |
| 24:00 | 4.5 | 11.5 | 4.5 |
| 02:00 | 2.0 | 12.5 | 2.0 |
| 04:00 | 3.5 | 13.5 | 5.0 |
| 06:00 | 7.0 | 14.0 | 8.0 |

Nota. Comparación de temperaturas promedios durante las 18 a 06 horas del día posterior

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de las temperaturas medidas durante la noche. En dos horas, se observa un descenso significativo a las 2:00 de la mañana en las viviendas rurales y en el ambiente circundante de la zona, característico de las heladas de junio a agosto. Como es habitual, las temperaturas mínimas se registran en las horas de la madrugada, cuando el frío es más intenso. Por otro lado, el prototipo de vivienda, que cuenta con técnicas de aislamiento y un sistema de calefacción, muestra un aumento progresivo de la temperatura, con una diferencia de 10.5°C en su punto más bajo, contrarrestando las bajas temperaturas externas gracias a los materiales empleados.

Figura 9

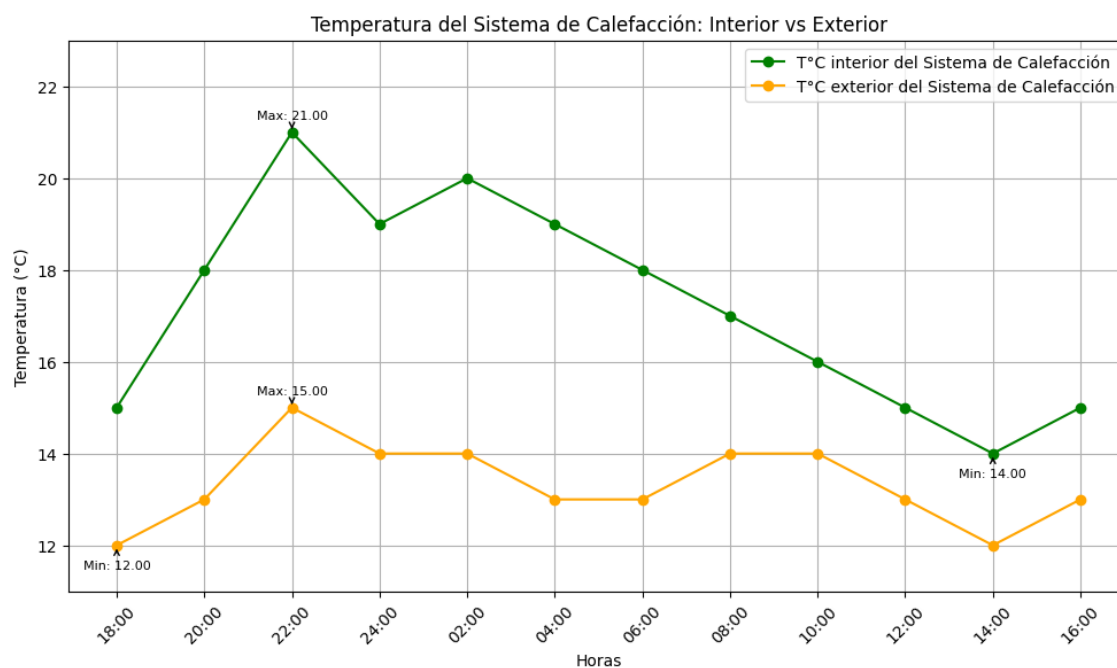
Gráfica de las temperaturas medidas en el prototipo de vivienda y en la vivienda rural durante el horario nocturno.



El sistema de calefacción diseñado en forma de serpentín transfiere calor mediante la convección del fluido (aceite) en su superficie interna, seguido de un proceso de conducción a través del serpentín. La Figura 10 representa las horas del día y de la noche en las que se produce la transferencia de calor desde el serpentín. Las mediciones del sistema de calefacción al interior de la vivienda muestran un pico máximo de 20°C a las 22:00 horas, y una temperatura mínima de 13°C a las 00:00 horas. Por otro lado, las lecturas tomadas en el exterior del sistema de calefacción variaron entre 13 y 16°C, lo que indica que las técnicas de aislamiento concentran y mantienen un confort térmico en el interior de la vivienda.

Figura 10

Gráfica de las temperaturas medidas en el prototipo de vivienda rural durante en el interior y exterior.



DISCUSIÓN

El uso adecuado de materiales de construcción y el diseño eficiente del sistema de calefacción son factores fundamentales para lograr un aislamiento térmico efectivo en viviendas altoandinas, como lo evidencian diversos estudios previos (Escobar et al., 2018; García et al., 2010). En este sentido, los resultados obtenidos en este estudio, específicamente en el prototipo de vivienda con aislamiento (planchas de lana de oveja y planchas de yeso) y sistema de calefacción, reflejan una mejora significativa en el confort térmico comparado con una vivienda rural tradicional (de barro y paja). La Tabla 3 muestra que, mientras que la temperatura interna del prototipo con aislamiento y calefacción alcanzó un promedio de 12.35°C, la vivienda rural sin estas medidas de aislamiento presentó un promedio de solo 9°C. Esta diferencia resalta la efectividad del sistema de aislamiento y calefacción en la mejora de las condiciones

térmicas, un fenómeno que también ha sido documentado en investigaciones previas que subrayan la eficiencia térmica de materiales como la lana de oveja (Escobar et al., 2018).

La mejora en la temperatura interna del prototipo también se refleja en la Figura 9, donde se muestra cómo, durante las noches frías, la vivienda rural experimentó temperaturas mínimas cercanas a los 2°C, lo que es típico en zonas de heladas intensas. En cambio, el prototipo de vivienda mantuvo temperaturas mucho más estables, con un mínimo de 10.3°C a las 18:00 horas y un máximo de 14°C a las 06:00 horas. Esto coincide con las recomendaciones de Gómez et al. (2020), quienes afirman que las temperaturas óptimas para el confort térmico en las viviendas deben oscilar entre los 12.4°C y los 19.8°C. La implementación de las técnicas de aislamiento y calefacción no solo permitió mejorar la temperatura interna, sino también garantizar condiciones más favorables para los habitantes, en comparación con las condiciones extremas de la vivienda rural.

En cuanto al comportamiento del sistema de calefacción, el diseño basado en un serpentín, que transfiere calor por convección y conducción, jugó un papel crucial en mantener la temperatura interna confortable, incluso durante la noche. Como se muestra en la Figura 10, las mediciones del sistema de calefacción indicaron que la temperatura interna alcanzó un máximo de 20°C a las 22:00 horas y descendió a 13°C a la medianoche. Esto demuestra la efectividad del sistema de calefacción para mantener un ambiente térmico adecuado en la vivienda, incluso cuando las temperaturas exteriores caen a niveles cercanos a los 2°C, como ocurre en la vivienda rural.

El contraste entre los dos tipos de viviendas también evidencia la importancia de combinar el aislamiento térmico con un sistema de calefacción sostenible (SCS), es eficiente para enfrentar las heladas intensas típicas de las regiones altoandinas. Estos resultados corroboran lo planteado por Taylor et al. (2008), quienes afirman que el comportamiento térmico de una vivienda depende de la selección adecuada de materiales de construcción y sistemas de calefacción. En nuestro caso, la mejora significativa en la temperatura interna del prototipo con aislamiento y calefacción valida la eficacia de estas soluciones en el contexto de viviendas rurales expuestas a condiciones climáticas extremas.

Finalmente, en cuanto a la viabilidad económica de los sistemas propuestos, los hallazgos están en línea con los realizados por Park. S (2014), quien destaca que las tecnologías basadas en biomasa, como el estiércol de ganado, son económicamente viables para la producción de energía. En este contexto, la implementación de un sistema de calefacción utilizando biomasa residual no solo mejora la eficiencia energética y el confort térmico, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Siendo una buena alternativa este tipo de tecnologías en

regiones altoandinas, donde las condiciones climáticas extremas y la disponibilidad de biomasa ganadera son beneficiosas.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio sobre el comportamiento térmico de dos prototipos de vivienda en la Comunidad de Chupascunca. Los resultados demuestran que los materiales termoaislantes son efectivos y viables para mantener el confort térmico, usando técnicas constructivas como planchas de lana de oveja y planchas de yeso, junto con un sistema de calefacción. Estos materiales presentan una capacidad adecuada para almacenar energía, lo que se refleja en el aumento de temperatura registrado, con un incremento de 4.1°C, pasando de una temperatura mínima interior de 10.3°C a 14.4°C. Además, la hermeticidad de la vivienda resulta fundamental, ya que permite un aumento de la temperatura interna de hasta un 60% durante las horas nocturnas, lo que asegura un confort térmico óptimo para los habitantes. Como limitaciones del estudio, se destaca la necesidad de evaluar el comportamiento térmico en una temporada de verano, para analizar el impacto de temperaturas elevadas y radiación solar, y determinar si estos materiales mantienen su efectividad y confort térmico en las diferentes estaciones del año, considerando las características particulares del lugar de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J., Martínez, S. y Numpaqué, H. (2016). Efecto de la Temperatura en la Producción de Biogás en un Bioreactor tipo Batch a través de la Descomposición Anaeróbica de Residuos Sólidos Orgánicos. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 3(1).
- Camargo, N. y Williams, D. (2012). Uso de los residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el Departamento del Meta. *Tecnura*, 16(34), 142–156. <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257024712012.pdf>
- Canqueri, A. (2019). *Diseño de un sistema de riego por aspersión automatizado y controlado para el centro poblado de Huitaca Sencca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11145>
- Castillo, E., Cristancho, D. y Arellano, V. (2003). Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2, 11-22. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77650202.pdf>
- Chávez, G. (2009). *Almacenamiento de energía solar térmica para diferentes aplicaciones*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín].
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2022). Escenario de riesgo por bajas temperaturas según el pronóstico para julio-setiembre. <https://goo.su/ETDC6v>

- Cerrón, A. (2022). Sistemas de calefacción pasiva para lograr el confort térmico en viviendas altoandinas de Perú. *Cátedra Villarreal*, 10(1), 87–99. <https://doi.org/10.24039/cv20221011379>
- Duque, C., Galeano, C. y Mantilla, J. (2007). Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacío. *Ingeniería e Investigación*, 27 (3), 133-142. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327316.pdf>
- Espinoza, C. (2010). *Sistema de calefacción solar para reducir el friaje en viviendas altoandinas*. [Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://n9.cl/od9i1>
- Escobar, K., Holguino, A. y Olivera, L. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los Andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 289–300. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- García, A., Oliver, A. y Neila, J. (2010). Caracterización térmica de placas de yeso con material de cambio de fase incorporado. *Informes de la Construcción*, 62(519), 55-66. <https://doi.org/10.3989/ic.09.036>
- Gómez, M., et al. (2020). Diseño de un módulo experimental bioclimático obtenido a partir del análisis de simulaciones térmicas para el centro poblado de Imata (4519 m s.n.m.) ubicado en Arequipa, Perú. *Información Tecnológica*, 31(2), 173-186. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000200173>.
- Gamarra, A., Quiroz, R., & Vilca, P. (2021). Aplicación de técnicas de calefacción pasiva en viviendas altoandinas para enfrentar el cambio climático. *Revista Peruana de Arquitectura Sostenible*, 9(2), 115-128.
- Giraldo, Y. y Ortiz, M. (2018). *Producción de biogás a partir de la codigestión de biomasa residual en un sistema de digestión anaerobia con agitación a escala laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad de América Bogotá]. Repositorio Institucional UAMÉRICA. <https://n9.cl/qjy0e>
- Horn, M. y Molina, J. (2016). *Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda altoandina para lograr el confort térmico con energía solar*. [Simposio Peruano de Energía Solar y Del Ambiente XXIII-SPES]. <http://repositorio.uni.pe/handle/uni/14755>.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2024). INDECI recomienda medidas de preparación ante bajas temperaturas. <https://goo.su/Vw7AvqX>
- Menconi, M. E., & Grohmann, D. (2014). Model integrated of life-cycle costing and dynamic thermal simulation (MILD) to evaluate roof insulation materials for existing livestock buildings. *Energy and Buildings*, 81, 48–58. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.004>
- Moncloa, C. (2018). Un sistema aislante para la vivienda Altoandina fabricado con materiales reciclados. *Módulo Arquitectura*, 18(1), 73–90. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.18.1.2017.04>.

- Ministerio de Salud (2016). *Plan de Prevención y Reducción del riesgo de desastres del Ministerio de Salud ante la temporada de las bajas temperaturas, 2016 - 2017*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/399838/PLAN-BT-2016-2017.pdf>
- Núñez, W. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*, 16 (34), 142-156. <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257024712012.pdf>
- Navarro, M., y Rojas, P. (2018). Uso de materiales locales en la construcción de viviendas para zonas frías en la sierra del Perú: una alternativa sostenible. *Revista de Ingeniería y Desarrollo Sostenible*, 5(1), 35-46.
- Pacheco, S. (2016). *Construcción y evaluación de un digestor anaerobio para la producción de biogás a partir de residuos de alimentos y poda a escala banco*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56095>
- Park, S. (2014). Análisis energético BES de una planta combinada de calor y electricidad que utiliza estiércol de ganado con su análisis económico.
- Paucar, L. y Quispe, M. (2015). *Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiércol de la codorniz de la granja Velebit S.A.C ubicado en el distrito Lurigancho Chosica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/5f76e2a0-c2a6-49db-9b7c-44c90fb1bfce>
- Romero, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica*, 104(2), 331-345.
- Santa, R. (2008). La iniciativa de vivienda saludable en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(4), 419-430. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400013&lng=es&tlng=es.
- Taylor, P., Fuller, R. y Luther, M. (2008). Energy use and thermal comfort in a rammed earth office building. *Energy and buildings*, 40(5), 793-800. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778807001715>
- Umán, S. (2019). Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta-Cusco, 2017. [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2860>

ARTÍCULO ORIGINAL**Determinación de la vida útil de cerveza artesanal tipo “Amber Ale” mediante pruebas aceleradas a tres temperaturas de almacenamiento****Determination of the shelf life of amber ale craft beer using accelerated tests at three storage temperatures**

Yoner Salas-Pastor¹, Julio Ramos¹, Natalia Chavez¹, Orlando Bolaños¹, Rodrigo Lozada¹, Elisa Diaz¹, Luz Vigo¹,
Rafael López¹ y Josué Limay¹

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la vida útil de la cerveza artesanal de tipo “Amber Ale” de la marca 4 diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca. El problema radica en la falta de estudios específicos sobre la vida útil de cervezas artesanales de tipo “Amber Ale”, lo cual es crucial para garantizar la calidad, seguridad y satisfacción del consumidor, así como la viabilidad comercial del producto. Para la estimación de la vida útil se utilizó el modelo matemático planteado por Arrhenius, evaluando el parámetro fisicoquímico (pH) a través del método acelerado, en el que se trabajó a tres temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C). Teniendo como resultado una cinética de orden cero estimando una vida útil de fisicoquímica considerando de 168.09 días para el parámetro de pH. Se concluye que el tiempo de vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” para una temperatura de 5 °C es de 5 meses y 18 días.

Palabras clave: Cerveza artesanal; arrhenius; vida útil; ph; sensorial.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the shelf life of “Amber Ale” craft beer of the 4 diablos brand in the district, province and department of Cajamarca. The problem lies in the lack of specific studies on the shelf life of “Amber Ale” craft beers, which is crucial to guarantee quality, safety and consumer satisfaction, as well as the commercial viability of the product. For the estimation of shelf life, the mathematical model proposed by Arrhenius was used, evaluating the physicochemical parameter (pH) through the accelerated method, which worked at three storage temperatures (20, 35 and 45 °C). The result was a kinetic of zero order, estimating a physicochemical shelf life of 168.09 days for the pH parameter. It is concluded that the shelf life of the craft beer type “Amber Ale” for a temperature of 5 °C is 5 months and 18 days.

Keywords: Craft beer; arrhenius; shelf life; ph; sensory

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Email: yasalasp@unc.edu.pe, jramoss22_1@unc.edu.pe, nchavezp22_2@unc.edu.pe, sbolanosz21_1@unc.edu.pe, alozadaf21_1@unc.edu.pe, alozadaf21_1@unc.edu.pe, rdiaz21_1@unc.edu.pe, lvigol22_1@unc.edu.pe, rlopezm22_1@unc.edu.pe, elimayc21_1@unc.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La industria de la cerveza artesanal ha experimentado un crecimiento significativo sostenido en los últimos años (Espaliat, 2017), impulsado por la demanda de productos de alta calidad y sabores únicos (Espositi, et al, 2015), siendo las cervezas Ale, el segundo tipo más consumido, las cuales destacan por su carbonatación moderada y mayor graduación alcohólica en comparación con las Lager (García et al., 2015). Mascia et al. (2016) encontraron que 6 meses de envejecimiento en cámara frigorífica no modificaron significativamente la percepción sensorial de las cervezas artesanales de trigo duro fermentadas con levaduras de masa madre; así mismo Salek, et al (2022) reportan que el almacenamiento en frío de la cerveza lager checa durante 6 meses mantiene la frescura y los atributos sensoriales, al tiempo que afecta el contenido total de polifenoles, la turbidez y los atributos sensoriales. Sin embargo, uno de los desafíos más críticos que enfrentan las cervezas artesanales es su determinación precisa de la vida útil, la cual está en función al tipo y condiciones de proceso, la que debe consignarse en el envase de acuerdo a la legislación de cada país (Mesa y Aymerich, 2021); siendo el pH un parámetro crítico en la calidad de la cerveza artesanal, que afecta su sabor, estabilidad microbiológica (CDR BeerLab, 2018), el envejecimiento (Habschied et al., 2023; Guyot-Declerck et al., 2005; Mascia, et al., 2016; Morales, 2018; Ripari et al., 2019) que tiene que se produce por (E)-2-nonenal, metional, 3-metilbutanal, 2-furfuril etil éter, -damascenona y acetaldehído (Saison, et al. 2009), las condiciones de almacenamiento y transporte, así como la percepción sensorial del producto que es crucial para la aceptación del consumidor (Gabrielyan et al. 2014). Para la evaluación de vida útil en cerveza artesanal es necesario un enfoque integral en la evaluación de fisicoquímica, teniendo como desafíos para esta industria emergente seguir innovando en sus métodos de producción, uso de enzimas exógenas, presión hidrostática y la gestión de procesos (Buzrul et al., 2005; Nsogning et al., 2015). El modelo de Arrhenius ha sido ampliamente utilizado para predecir la estabilidad de productos alimenticios bajo diferentes condiciones de almacenamiento (Reyna, 2020), demostrando su eficacia para predecir la vida útil (Mendoza, et al., 2022).

La determinación de la vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” es crucial para garantizar la calidad y estabilidad del producto durante su almacenamiento y distribución. Utilizar el modelo matemático de Arrhenius para evaluar el pH a diferentes temperaturas proporciona una metodología científica robusta para su predicción. Este enfoque no solo beneficia a los productores al optimizar sus procesos de producción y almacenamiento, sino que también asegura a los consumidores un producto de alta calidad. Además, este estudio contribuye al conocimiento científico en el campo de la

tecnología de alimentos y bebidas, ofreciendo datos valiosos que pueden ser aplicados a otros tipos de cervezas artesanales.

El propósito de esta investigación fue determinar la vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” de la marca 4 Diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La unidad de análisis fueron botellas de cerveza artesanal tipo “Amber Ale”, se utilizó 33 unidades de 330 mL de la marca 4 diablos del distrito, provincia y departamento de Cajamarca – Perú, la cual se sometió a 3 temperaturas de almacenamiento evaluando el pH.

Modelo matemático de Arrhenius. Las cervezas artesanales fueron sometidas a temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C) en incubadoras de marca Incubacell por un periodo de 30 días, evaluando el pH como parámetro fisicoquímico cada 3 días. Para determinar el orden de reacción, se utilizó el coeficiente de determinación (R^2), relacionando el valor crítico (A) frente al tiempo de almacenamiento para un posible orden cero, y $\ln A$ frente al tiempo de almacenamiento para un posible orden uno. Se seleccionó el orden de reacción que presentó el mayor R^2 . La ecuación cinética de reacción linealizada para un orden de reacción cero fue fundamental para este análisis.

Asimismo, se calculó la energía de activación (E_a) a partir de la gráfica de $\ln(k)$ frente a $1/T_{abs}$ (K), donde la pendiente de la gráfica correspondió a E_a/R y el intercepto a $\ln k_0$. Los valores obtenidos de E_a y K_0 se utilizaron para calcular la constante de velocidad K a 5 °C, utilizando la temperatura absoluta de 278 K (Malvais, 2017).

Medición de pH. Se llevó a cabo un proceso sistemático que comenzó con el calentamiento de la muestra en un vaso de precipitado a 60 °C durante 10 minutos. Este paso fue crucial, ya que permitió la liberación del dióxido de carbono disuelto, evitando interferencias que pudieran afectar la precisión de las lecturas de pH (Habschied et al., 2022). Posteriormente, se tomaron 50 mL de la cerveza calentada y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Antes de realizar las mediciones, se calibró el pH-metro de la marca Biobase con soluciones buffer de pH: 4, pH: 7 y pH: 10, para asegurar la exactitud del instrumento (Smith, 2019). Se llevaron a cabo tres mediciones independientes de pH de la misma muestra, evaluando la cerveza artesanal a diferentes temperaturas de almacenamiento (20, 35 y 45 °C). En cada medición, la sonda del pH-metro se sumergió en la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilizara, garantizando la obtención de un valor confiable. Las lecturas se registraron meticulosamente, y se repitieron dos veces más para asegurar la reproducibilidad y la validez de los datos. Este enfoque riguroso permitió analizar cómo las variaciones de temperatura afectan el pH de la cerveza, que influye en la calidad y el perfil sensorial del producto final (Peters & Hennings, 2020).

RESULTADOS

Medición de pH

Los resultados de las evaluaciones de pH para las temperaturas de almacenamiento van desde 4.52 hasta 4.20 para 20 °C; 4.52 hasta 3.56 para 35 °C y 4.52 hasta 3.55 para 45 °C.

Tabla 1

pH en la cerveza artesanal almacenada a 20, 35 y 45 °C.

| Tiempo (días) | pH: 20 °C | pH: 35 °C | pH: 45 °C |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 4.52 | 4.52 | 4.52 |
| 3 | 4.50 | 4.46 | 4.44 |
| 6 | 4.48 | 4.33 | 4.29 |
| 9 | 4.46 | 4.22 | 4.19 |
| 12 | 4.43 | 4.12 | 4.06 |
| 15 | 4.36 | 4.08 | 3.94 |
| 18 | 4.33 | 3.94 | 3.80 |
| 21 | 4.28 | 3.83 | 3.75 |
| 24 | 4.25 | 3.80 | 3.66 |
| 27 | 4.22 | 3.65 | 3.55 |
| 30 | 4.20 | 3.56 | 3.47 |

Al graficar el pH vs tiempo de almacenamiento (Figura 1) se observa que la cinética es de orden 0.

Figura 1

pH vs tiempo de almacenamiento (días)

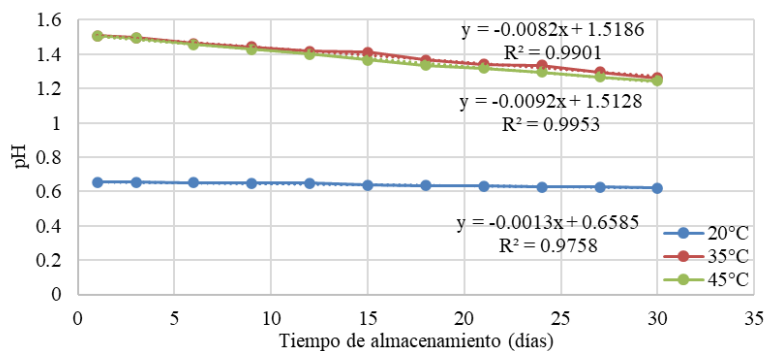


Tabla 2

Resultados de R2 de la gráfica orden 0

| Orden de reacción | R ² | | |
|-------------------|----------------|--------|--------|
| | 20 °C | 35 °C | 45 °C |
| 0 | 0.9758 | 0.9901 | 0.9953 |

En la Tabla 3 se muestran los datos para estimar de la Energía de Activación E_a , mediante la ecuación de Arrhenius.

Tabla 3
Expresión de resultados de la gráfica $\ln(k)$ vs tiempo de almacenamiento

| T (°C) | T (K) | 1/T | k | Ln (k) |
|--------|-------|--------|--------|--------|
| 20 | 293 | 0.0034 | 0.0123 | -4.398 |
| 35 | 308 | 0.0032 | 0.0330 | -3.411 |
| 45 | 318 | 0.0031 | 0.0367 | -3.305 |

Figura 2
 $\ln(k)$ vs $1/T$ (K)

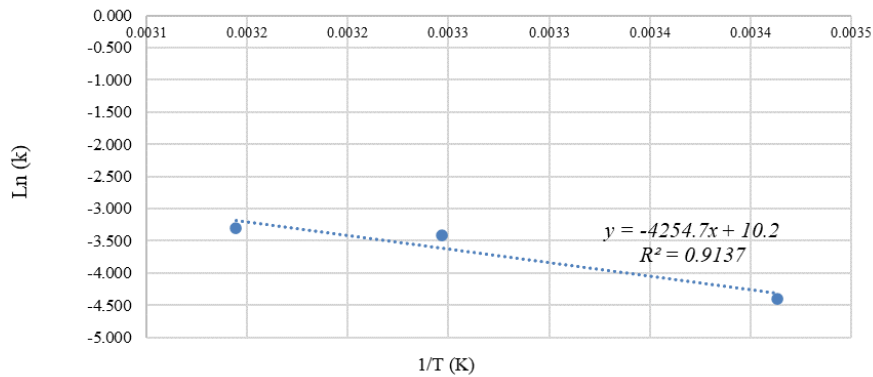


Tabla 4
Calculando el valor de k a 5 °C, y la E_a , utilizando la ecuación de Arrhenius

| T (°C) | T (K) | 1/T | k | Ln (k) |
|---------------------|-------|----------------|-----------|---------|
| 5 | 278 | 0.0036 | 0.0060683 | -5.1047 |
| Ea = 35.3678 | | KJ /mol | | |

Para la estimación de la vida útil de cerveza artesanal, el pH inicial (A_0) es 4.52 y el pH crítico de aceptabilidad comercial (A) es 3.5, siendo k valores a diferentes temperaturas y t tiempo de vida útil, estimando para una temperatura de almacenamiento a 5 °C un tiempo de 5 meses y 18 días.

Tabla 5
Vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” en relación con el pH

| k | T (°C) | t (días) | t (meses) |
|---------------|----------|---------------|-------------|
| 0.0061 | 5 | 168.09 | 5.60 |
| 0.0123 | 20 | 82.93 | 2.76 |
| 0.033 | 35 | 30.91 | 1.03 |
| 0.0367 | 45 | 27.79 | 0.93 |

DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y Figura 1, se muestra los valores obtenidos de pH para las diferentes temperaturas de almacenamiento, mediante un ajuste a una cinética de reacción de orden cero, determinando la E_a (Tabla 3, Figura 2 y Tabla 4), estableciendo un tiempo de vida útil de 5 meses con 18 días (Tabla 5) para la cerveza artesanal “Amber Ale” almacenada a 5 °C; el pH tiene importancia en la conservación de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale”, ya que afecta su sabor y estabilidad microbiológica (CDR BeerLab, 2018), siendo un parámetro que debe mantenerse en 3.5, de acuerdo con la norma NTP 213.014 (INACAL, 2016). Esto implica que cualquier variación que lleve el pH a niveles críticos puede comprometer la calidad del producto, este aspecto es respaldado por Peters & Hennings (2020), quienes afirmaron que para garantizar la estabilidad de la cerveza a lo largo del tiempo debe estar en un rango pH de 3.5 a 4.0. Los valores obtenidos de pH varían entre 3.47 a 4.54 (Tabla 1) estando dentro del rango de pH (4.01 a 4.77) reportado por Choi, et al. (2022) para la cerveza tipo Ale; valores inferiores a 4.00 pueden estar asociados una menor oxidación, mayor estabilidad sensorial y frescura lo que asegura una mayor duración en cervezas artesanales (García et al., 2021 & Smith, 2019), contribuyendo a una mayor duración hasta de 6 meses el almacenamiento en frío ya que mantiene la frescura y los atributos sensoriales sin afectar contenido total de polifenoles y turbidez (Mascia et al., 2016 & Salek, et al, 2022). Morales (2018) encontró que la vida útil sensorial de cervezas artesanales supera los 30 días, pudiendo consumirse hasta un año cuando estas embotelladas (Čejka, 2013), ya que luego ocurrirá un deterioro fisicoquímico, estos estudios están acordes con la vida útil estimada de 5 meses y 18 días para la cerveza artesanal “Amber Ale” almacenada a 5 °C.

CONCLUSIONES

El tiempo de vida útil de la cerveza artesanal tipo “Amber Ale” mediante pruebas aceleradas, considerando como parámetro crítico el pH es de 5 meses y 18 días para una temperatura de almacenamiento de 5 °C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buzrul, S., Alpas, H. y Bozoğlu, F. (2005). Efectos de la alta presión hidrostática en la vida útil de la cerveza lager. *European Food Research and Technology*, 220, 615-618. <https://doi.org/10.1007/S00217-004-1086-Z>
- Čejka, P., Čulík, J., Horák, T., Jurková, M., y Olšovská, J. (2013). Uso de indicadores químicos del envejecimiento de la cerveza para la comprobación ex post de las condiciones de almacenamiento y la predicción de la estabilidad sensorial de la cerveza. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 61 51, 12670-5. <https://doi.org/10.1021/jf403361h>

- CDR BeerLab (2018). Los análisis para el control del proceso de elaboración de cerveza. Recuperado de CDR BeerLab.
- Choi, J., Kwon, Y., Jeong, S., Kang, H. y Kang, J. (2022). Comparación de las características de calidad de las cervezas tipo ale y tipo lager disponibles comercialmente. *Revista Coreana de Conservación de Alimentos*. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.2.292>
- Espaliat, M. (2017). Economía circular y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor. *CreateSpace*.
- Espositi, R., Fastigi, M., & Viganò, E. (2015). Il movimento italiano delle birre artigianali: il caso dei birrifici agricoli. *Agriregionieuropa*, 11(43)
- García, J., Martínez, L., & Torres, P. (2021). Impacto del pH en la estabilidad de la cerveza artesanal. *Revista de Ciencias Cerveceras*, 15, 123-134.
- García, X. (2015). Los orígenes y la implantación de la industria cervecera en España, XVI-1913 (*Tesis doctoral, Universidad de Barcelona*). Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/130897#page=4>
- Gabrielyan, G., McCluskey, J., Marsh, T. y Ross, C. (2014). Disposición a pagar por atributos sensoriales en la cerveza. *Agricultural and Resource Economics Review*, 43, 125-139. <https://doi.org/10.1017/S1068280500006948>
- Guyot-Declerck, C., François, N., Ritter, C., Govaerts, B., y Collin, S. (2005). Influencia del pH y el envejecimiento en las propiedades organolépticas de la cerveza. Un análisis sensorial basado en datos de AEDA. *Food Quality and Preference*, 16, 157-162. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2004.04.007>
- Habschied, K., Ćosić, I., Šarić, G., Krstanović, V. y Mastanjević, K. (2023). Análisis sensorial acoplado con análisis de cromatografía de gases/espectrometría de masas en la evaluación de cerveza artesanal. *Fermentación*. <https://doi.org/10.3390/fermentation9080747>
- Habschied, K., Krstanović, V. y Mastanjević, K. (2022). Evaluación de la calidad de la cerveza: un aspecto sensorial. *Bebidas*. <https://doi.org/10.3390/beverages8010015>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *NTP 213.014: Cerveza. Requisitos*. Lima, Perú: INACAL.
- Mendoza, J. J. G., Alava, R. C. P., & Zambrano, R. L. B. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.042>
- Malvais, D. R. E. (2017). *Estudio de vida de anaquel de bebidas saborizadas* [Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67547>
- Mascia, I., Fadda, C., Karabín, M., Dostálek, P., & Caro, A. (2016). Envejecimiento de cerveza artesanal de trigo duro fermentada con levaduras de masa madre. *Lwt - Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 65, 487-494. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.08.026>
- Mesa, H. y Aymerich, G. (2021). Plan de negocio Marca de cerveza artesanal. *Trabajo de Grado*. Universidad de La Laguna. Recuperado de:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24353/Plan%20de%20negocio%20Marca%20de%20cerveza%20artesanal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Morales, A. (2018). Evaluación de la vida útil de cervezas artesanales: un enfoque sensorial y físico-químico. *Journal of Brewing Science*, 32, 45-52.
- Morales, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/20105/20112>
- Nsogning, S., Zarnkow, M., Becker, T., Merz, A., y Schöenberg, S. (2015). Uso de enzimas exógenas y gestión de procesos para mejorar la vida útil de la cerveza opaca tradicional. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 73, 22-28. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0121-01>
- Peters, H., & Hennings, K. (2020). La importancia del control del pH en la conservación de cervezas. *Food Chemistry*, 123, 678-685.
- Reyna Zurita, E. (2020). Parámetros de calidad para cerveza artesanal. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [UNAM](https://www.unam.mx).
- Ripari, V., Tomassetti, M., Cecchi, T. y Berardi, E. (2019). Primer estudio del envejecimiento de la cerveza de masa madre a través de la huella química de los marcadores volátiles. *Food Analytical Methods*, 12, 2459-2468. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01592-7>
- Saison, D., Schutter, D., Uyttenhove, B., Delvaux, F., y Delvaux, F. (2009). Contribución de los compuestos que provocan el envejecimiento al sabor añejo de la cerveza lager mediante el estudio de sus umbrales de sabor. *Química alimentaria*, 114, 1206-1215. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.10.078>.
- Salek, RN, Lorencová, E., Gál, R., Kůrová, V., Opustilová, K. y Buňka, F. (2022). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las cervezas lager checas con valores crecientes de extracto de mosto original durante el almacenamiento en frío. *Foods (Basilea, Suiza)*, 11 (21), 3389. <https://doi.org/10.3390/foods11213389>
- Smith, R. (2019). Factores que afectan la estabilidad sensorial de las cervezas artesanales. *International Journal of Beer Studies*, 11(2), 99-110.

ARTÍCULO ORIGINAL**Evaluación proximal y sensorial de un néctar mixto enriquecido con quinua (*Chenopodium quinoa*) y soya (*Glycine max*)****Proximal and sensory evaluation of a mixed nectar enriched with quinoa (*Chenopodium quinoa*) and soybean (*Glycine max*)**María Aguirre¹ , Juan Ticona²  y Segundo Cruz¹ **RESUMEN**

Esta investigación propone una nueva alternativa en el mercado de productos nutritivos, ofreciendo una opción diferente a las disponibles actualmente. El objetivo fue determinar la proporción adecuada para la producción de néctar mixto de quinua (*Chenopodium quinoa*) y soya (*Glycine max*). Se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3A x 3B. Los tratamientos incluyeron tres proporciones de naranjilla:piña:tomate:quinua:soya: A1 (40:30:5:20:5), A2 (35:25:5:25:10), y A3 (30:20:5:30:15), junto con tres niveles de dilución: B1 (1:2), B2 (1:3), y B3 (1:4). Y, fueron sometidos a análisis fisicoquímicos (brix, acidez titulable y pH), proximales (proteínas, grasas, fibras, hierro y vitamina C), microbiológicos (coliformes totales, aerobios mesófilos, recuento de mohos y levaduras) y sensorial, utilizando escala hedónica con 120 panelistas semientrenados. Los resultados indicaron que los tratamientos se encontraron dentro de la Ley de alimentación saludable y/o según la Norma Técnica Peruana 203.110 establecida por INACAL. Jugos, néctares y bebidas de fruta. Requisitos. Según el análisis sensorial, destaca el tratamiento A3B3 en términos de aceptabilidad, sabor y apariencia. Se concluye que los néctares obtenidos cumplen con los parámetros de calidad establecidos, lo que sugiere que esta combinación de ingredientes podría ser una opción viable y nutritiva para el mercado de bebidas saludables.

Palabras clave: Néctar mixto, quinua, naranjilla, piña, tomate.

ABSTRACT

This research proposes a new alternative in the market of nutritional products, offering a different option to those currently available. The objective was to determine the adequate proportion for the production of mixed quinoa (*Chenopodium quinoa*) and soybean (*Glycine max*) nectar. A completely randomized experimental design with a 3A x 3B factorial arrangement was used. The treatments included three ratios of naranjilla:pineapple:tomato:quinoa:soybean: A1 (40:30:5:20:5:20:5), A2 (35:25:5:25:10), and A3 (30:20:5:30:15), along with three dilution levels: B1 (1:2), B2 (1:3), and B3 (1:4). And, they were subjected to physicochemical (brix, titratable acidity and pH), proximate (protein, fat, fiber, iron and vitamin C), microbiological (total coliforms, mesophilic aerobes, mold and yeast counts) and sensory analyses, using a hedonic scale with 120 semi-trained panelists. The results indicated that the treatments were found to be within the healthy food law and/or according to Peruvian Technical Standard 203.110 established by INACAL. Juices, nectars and fruit drinks. Requirements. According to the sensory analysis, treatment A3B3 stands out in terms of acceptability, flavor and appearance. It is concluded that the nectars obtained meet the established quality parameters, suggesting that this combination of ingredients could be a viable and nutritious option for the health beverage market.

Keywords: Mixed nectar, quinoa, orange, pineapple, tomato.

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: segundo.cruz@unj.edu.pe

² Programa Nacional de Alimentación Comunitaria Wasi Mikuna, Perú. Email: juan.ticona@qw.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), la desnutrición crónica afectó al 12.9% de los niños menores de 5 años en el Perú. Esta problemática prevalece más en las áreas rurales (25.3%) en comparación con las áreas urbanas (8.2%). En la región Cajamarca la tasa de desnutrición crónica fue 26.6%, evidenciando una situación crítica. Estos datos revelan los desafíos significativos que enfrenta el Perú ante la nutrición y salud, que requieren de acciones y políticas focalizadas para abordar de manera efectiva estos problemas, para así garantizar el bienestar y desarrollo adecuado de los niños (Gobierno Regional de Cajamarca, 2018).

La naranjilla (*Solanum quitoense*) y la piña (*Ananas comosus*) son frutas cultivadas y comercializadas en la ciudad de Jaén, a dichas materias primas aún no se les da el valor agregado para incrementar su valor comercial. A diferencia del tomate (*Solanum lycopersicum*), cuyo principal enfoque reside en su aplicación industrial para la confección de pastas, purés, salsas y diversas preparaciones similares, su participación en la composición de néctares es mínima. En este contexto, se impulsa el desarrollo de un néctar mixto (naranjilla, piña y tomate) enriquecido con quinua y soya. Este producto sin fermentar, se obtiene añadiendo agua, con o sin adición de azúcares, de miel y/o jarabes, y/o edulcorantes, a productos como jugo de fruta, jugo concentrado, puré de fruta o puré concentrado de fruta (Instituto Nacional de la Calidad, 2022). Además, deben mantener las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de la fruta que proceden (Codex Alimentarius, 2022), sería conveniente partir de pulpas y granos con contenidos de nutrientes y ácido ascórbico (Montalvo-Perdomo et al., 2016). Por otro lado, la quinua destaca por su contenido proteico (12% - 18%) y por proporcionar todos los aminoácidos esenciales para el ser humano (Caballero y Paredes, 2017). La soya es una excelente fuente de hierro (15.7 cada 100 g.) (Vanegas et al., 2009). Esta bebida ofrece una combinación única de aroma, sabor y componentes nutricionales que estarán determinadas por las proporciones de las materias primas utilizadas en su formulación (Urbano et al., 2004).

Investigaciones como la realizada por Mamani (2017) evaluó la incorporación de quinua Real en una bebida de manzana, para obtener una bebida con mayor contenido de sólidos solubles totales y viscosidad. Realizaron un análisis sensorial preliminar para evaluar la aceptabilidad, empleando una escala hedónica (color, olor, sabor, acidez, consistencia y aceptación general), obteniendo una calificación de “me gusta moderadamente” en la aceptación general. Los resultados revelaron que la adición de quinua Real tuvo un efecto significativo en las variables dependientes, excepto en el cambio de color en la fase líquida. Además, aportó proteínas, fibra y grasas a la bebida de manzana. El

prototipo de bebida optimizado se compuso de un 13.26% de manzana, un 7.49% de quinua Real y un 0.101% de goma Xantán.

De igual manera, Vitón (2023) examinó el efecto de las proporciones de los zumos de aguaymanto, tomate de árbol y piña en la aceptación del néctar mixto. Los resultados de aceptabilidad revelaron que la formulación 9 (Zumo de aguaymanto, tomate de árbol y piña - 16.66%, 66.66% y 16.16%), mostró el mayor resultado. Sopla (2021) manipuló tres variables independientes con tres niveles cada una: 70%, 80% y 90% de Soya, 30%, 20% y 10% de Aguaymanto y 0.08%, 0.10% y 0.12%, de Stevia comercial. Realizó un análisis sensorial utilizando una escala hedónica de 5 puntos con un grupo de 21 panelistas semientrenados, evaluando acidez total, pH y °Brix. Se encontraron diferencias significativas entre los 9 tratamientos. El tratamiento que obtuvo la calificación más alta fue el tratamiento T3 (Soya, Aguaymanto y Stevia - 70%, 30% y 0.12%, respectivamente), presentando: Acidez total: $3.2 \pm 0.01\%$, pH: 3.91 ± 0.01 y °Brix: 5.43 ± 0.06 .

Esta propuesta presenta una nueva alternativa en el mercado de productos nutritivos, ofreciendo una opción distinta a las que predominan actualmente. Además, al ser una opción innovadora y enriquecedora, se busca ofrecer una alternativa atractiva y saludable para combatir la desnutrición crónica y la anemia, especialmente en poblaciones vulnerables como los niños y niñas en el Perú. Por ello, el objetivo de esta investigación fue determinar la proporción adecuada de un néctar mixto de naranjilla, piña y tomate enriquecido con quinua y soya, con el fin de maximizar los beneficios nutricionales y organolépticos del néctar resultante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso experimental

La elaboración del néctar, el análisis de características fisicoquímicas y evaluación sensorial, tuvo lugar en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería de Industrias Alimentarias; los análisis microbiológicos, en el Laboratorio de Biología, ambos pertenecientes a la Universidad Nacional de Jaén.

La naranjilla (variedad común) fue adquirida del C.P. Rosario de Chingama - Bellavista. La piña, el tomate, la quinua y la soya fueron suministradas por el Mercado de Abastos Roberto Segura - Jaén.

Para la obtención de pulpa de naranjilla, piña y tomate, los frutos fueron lavados con agua potable mediante inmersión y fricción, desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 15 a 20 minutos y pelados manualmente con cuchillos esterilizados. En el caso de la naranjilla y la piña, la pulpa fue licuada y tamizada para obtener una consistencia homogénea, mientras que en el tomate se realizó un escaldado previo para facilitar el pelado y la inactivación enzimática, seguido de una

trituration y colado para separar las semillas. Para la obtención de quinua precocida, los granos fueron lavados repetidamente para eliminar la saponina, luego cocidos en agua hirviendo a 100 °C durante 15 minutos hasta lograr una textura adecuada. En cuanto a la leche de soya, los granos fueron remojados en agua por 12 horas, lavados, escaldados, triturados y cocidos a fuego lento durante 40 minutos, para finalmente ser filtrados y obtener una leche limpia y lista para el consumo. Para la elaboración del néctar mixto de frutas enriquecido con quinua y soya, se formularon y homogeneizaron las pulpas de naranjilla, piña y tomate junto con la quinua cocida y la leche de soya para lograr una mezcla uniforme. Luego, se realizaron diluciones y se reguló el contenido de grados Brix a 6 mediante la incorporación de azúcar refinada. Posteriormente, se llevó a cabo una nueva homogeneización y el néctar fue pasteurizado a 85 °C durante 10 minutos para eliminar microorganismos patógenos. Inmediatamente después, se envasó en caliente en frascos de vidrio para preservar su calidad y estabilidad, y finalmente se almacenó en un lugar fresco, realizándose análisis periódicos de control para garantizar su calidad y seguridad.

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3x3, con tres repeticiones por muestra, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1

Diseño experimental con arreglo factorial de 3 x 3

| Proporción por grupos de materia prima (A) | Nivel de dilución (B) | | |
|--|-----------------------|------|------|
| | B1 | B2 | B3 |
| A1 | A1B1 | A1B2 | A1B3 |
| A2 | A2B1 | A2B2 | A2B3 |
| A3 | A3B1 | A3B2 | A3B3 |

Donde:

A: Proporción por grupos de materia prima

A1: Proporción naranjilla: piña: tomate: quinua: soya (40:30:5:20:5%)

A2: Proporción naranjilla: piña: tomate: quinua: soya (35:25:5:25:10%)

A3: Proporción naranjilla: piña: tomate: quinua: soya (30:20:5:30:15%)

B: Nivel de dilución (Pulpa: Agua)

B1: Nivel de dilución 1:2

B2: Nivel de dilución 1:3

B3: Nivel de dilución 1:4

Determinación de las características fisicoquímicas

Los grados Brix se determinaron mediante el método 932.12 de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1980) utilizando un refractómetro, donde la línea de separación entre luz y oscuridad indicó el contenido de sólidos solubles. La acidez titulable se evaluó según el método 942.15 de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 1942), titulando la muestra con NaOH y expresando el resultado como porcentaje de ácido ascórbico. El pH se

midió mediante el método potenciométrico, calibrando previamente el pH-metro con soluciones estándar y registrando la lectura una vez estabilizada.

Determinación de las características proximales

para la determinación de estas características, las muestras fueron tercerizadas a la Certificadora y Laboratorio AP S.A.C. CERTILAB. La determinación de proteínas, grasa y fibra se realizó según los protocolos de Food and nutrition (1986), mientras que el análisis de hierro se efectuó mediante el método 999.11 de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 2006) utilizando espectrofotometría de absorción atómica. Finalmente, la vitamina C se cuantificó con el método 967.21 de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2019), empleando la titulación con 2,6-diclorofenolindofenol.

Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico para detectar la presencia de coliformes totales, aerobios mesófilos, mohos y levaduras, siguiendo los protocolos de la NTP 203.110. Jugos, néctares y bebidas a base de frutas. Requisitos, establecida por INACAL (2022)

RESULTADOS

Determinación de las características fisicoquímicas

La Figura 1 muestra los valores de grados Brix, los cuales varían entre aproximadamente 5.7 y 6.1 según los tratamientos. La Figura 2 ilustra la acidez titulable, con una tendencia decreciente desde 0.09 hasta 0.04 a medida que disminuye el porcentaje de piña y naranjilla. Finalmente, la Figura 3 presenta los valores de pH, los cuales aumentan progresivamente de 3.7 a 4.5 conforme varían los tratamientos.

Figura 1
Grados brix obtenidos en todos los tratamientos

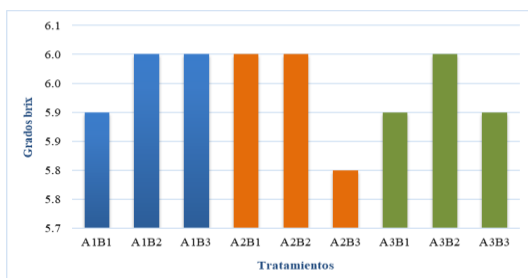


Figura 2
Acidez titulable obtenido en todos los tratamientos

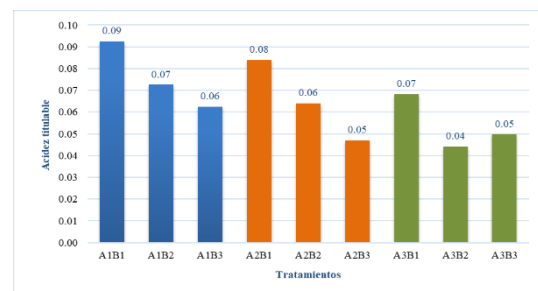
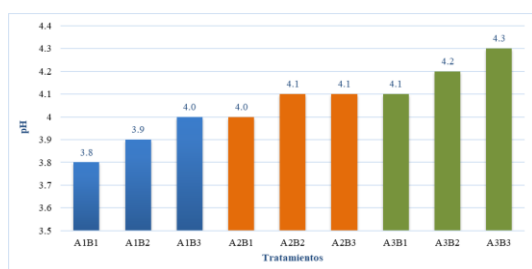
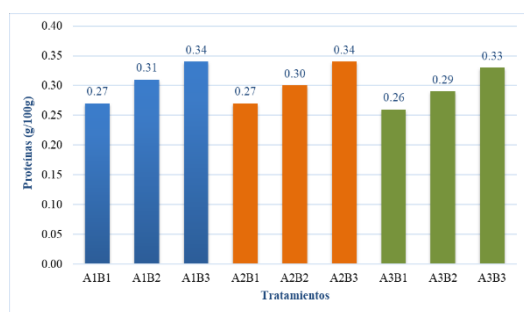
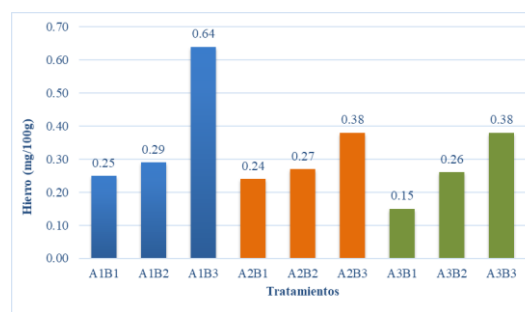
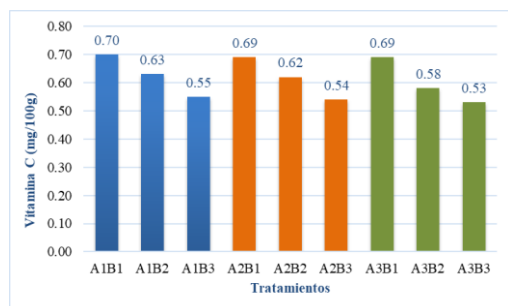


Figura 3*pH obtenido en todos los tratamientos***Determinación de las características proximales**

Los resultados obtenidos indican que en todos los tratamientos no se detectó contenido de grasas ni fibra (0/100 g). La Figura 4 muestra los niveles de proteínas, que varían entre 0.26 y 0.34 g/100 g según los tratamientos. La Figura 5 presenta los valores de hierro, con una notable variabilidad entre tratamientos, alcanzando su punto máximo en 0.64 mg/100 g y su mínimo en 0.15 mg/100 g. Finalmente, la Figura 6 expone los niveles de vitamina C, los cuales oscilan entre 0.53 y 0.70 mg/100 g, reflejando diferencias según la composición de los tratamientos.

Figura 4*Nivel de proteínas obtenidas en todos los tratamientos***Figura 5***Hierro obtenido en todos los tratamientos***Figura 6***Vitamina C obtenida en todos los tratamientos***Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico de coliformes totales en los diferentes tratamientos mostró en su mayoría ausencia de estos microorganismos, con valores inferiores a 3 UFC/ml en A1B2 y A3B1, y un máximo

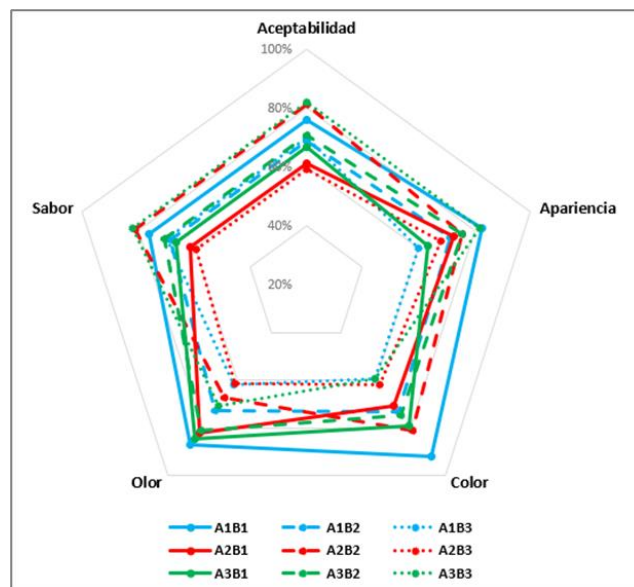
de <2.5 UFC/ml en A3B3, evidenciando un adecuado control microbiológico en las muestras analizadas. En el análisis de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, todos los tratamientos reportaron resultados por debajo del límite máximo permisible según indica la NTP 203.110, que especifica los requisitos microbiológicos para jugos, néctares y bebidas a base de frutas.

Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un diagrama radial, que muestra las puntuaciones de cada tratamiento en diferentes características organolépticas, expresadas como porcentaje del puntaje ideal (100% en la escala hedónica). Los resultados indican que el tratamiento A1B1 obtuvo la puntuación más alta en olor y color (90%). En cuanto a apariencia, los tratamientos A1B1 y A3B3 alcanzaron un 80%. Por otro lado, en aceptabilidad y sabor, los tratamientos A3B3 y A2B2 fueron los mejores valorados, con un 80% en ambos casos.

Figura 7

Perfil sensorial de los tratamientos de néctar en cada uno de los atributos evaluados



En la Tabla 2 se muestran los resultados del test de Friedman, considerando un nivel de significancia del 5%, para cada una de las características organolépticas.

Tabla 2

Test de Friedman para los tratamientos de néctar, en cada una de las características evaluadas

| Características | n | Chi-cuadrado | GL | p-valor |
|-----------------|-----|--------------|----|---------|
| Aceptabilidad | 120 | 100.6748 | 8 | 0.0000 |
| Apariencia | 120 | 132.0060 | 8 | 0.0000 |
| Color | 120 | 281.0250 | 8 | 0.0000 |
| Olor | 120 | 210.2430 | 8 | 0.0000 |
| Sabor | 120 | 100.6748 | 8 | 0.0000 |

Luego de obtener los resultados del test de Friedman, se procede a evaluar cuáles son los tratamientos en los que existen dichas diferencias, para esto se aplica el test de comparaciones múltiples de Friedman. El análisis de los puntajes sensoriales de aceptabilidad muestra la formación de dos grupos de tratamientos, destacando las formulaciones A3B3, A2B2 y A1B1 con los valores más altos. En cuanto a la apariencia, las formulaciones A1B1, A3B3, A2B2 y A3B2 obtuvieron los mejores puntajes. Para el color, A1B1 se diferencia significativamente con el mayor puntaje. En la característica de olor, las formulaciones A1B1, A3B1, A3B2 y A2B1 conforman el grupo superior. Finalmente, en sabor, los tratamientos A3B3, A2B2 y A1B1 destacan con los puntajes más altos. En conclusión, A1B1 presenta la mejor evaluación sensorial en todas las características, aunque otras combinaciones dentro de los grupos superiores pueden ser consideradas según disponibilidad de recursos u otros criterios de producción del néctar.

Tabla 3

Test de comparaciones múltiples de Friedman para los tratamientos de néctar en cada uno de los atributos sensoriales

| Características | Producto | Suma rangos | Promedio rangos | Grupos |
|-----------------|------------|-------------|-----------------|---------|
| Aceptabilidad | A3B3 | 748 | 6.23 | a |
| | A2B2 | 742 | 6.18 | a |
| | A1B1 | 672 | 5.60 | a b |
| | A3B2 | 596 | 4.97 | b c |
| | A1B3 | 586 | 4.88 | b c |
| | A1B2 | 572 | 4.77 | b c |
| | A3B1 | 538 | 4.48 | b c |
| | A2B1 | 484 | 4.03 | c |
| | A2B3 | 462 | 3.85 | c |
| | Apariencia | A1B1 | 762 | 6.35 |
| A3B3 | | 740 | 6.17 | a b |
| A2B2 | | 654 | 5.45 | a b c |
| A3B2 | | 648 | 5.40 | a b c d |
| A2B1 | | 614 | 5.12 | b c d |
| A1B2 | | 584 | 4.87 | c d e |
| A2B3 | | 516 | 4.30 | d e f |
| A3B1 | | 464 | 3.87 | e f |
| A1B3 | | 418 | 3.48 | f |
| Color | A1B1 | 908 | 7.57 | a |
| | A2B2 | 730 | 6.08 | b |
| | A3B1 | 696 | 5.80 | b c |
| | A3B2 | 642 | 5.35 | b c |
| | A1B2 | 614 | 5.12 | b c |
| | A2B1 | 580 | 4.83 | c |
| | A2B3 | 440 | 3.67 | d |
| | A3B3 | 400 | 3.33 | d |
| | A1B3 | 390 | 3.25 | d |
| Olor | A1B1 | 808 | 6.73 | a |
| | A3B1 | 744 | 6.20 | a |
| | A3B2 | 714 | 5.95 | a |
| | A2B1 | 712 | 5.93 | a |
| | A1B2 | 576 | 4.80 | b |
| | A3B3 | 510 | 4.25 | b c |
| | A2B2 | 496 | 4.13 | b c |
| | A2B3 | 436 | 3.63 | c |

| | A1B3 | 404 | 3.37 | c |
|-------|------|-----|------|-----|
| Sabor | A3B3 | 748 | 6.23 | a |
| | A2B2 | 742 | 6.18 | a |
| | A1B1 | 672 | 5.60 | a b |
| | A3B2 | 596 | 4.97 | b c |
| | A1B3 | 586 | 4.88 | b c |
| | A1B2 | 572 | 4.77 | b c |
| | A3B1 | 538 | 4.48 | b c |
| | A2B1 | 484 | 4.03 | c |
| | A2B3 | 462 | 3.85 | c |

DISCUSIÓN

Determinación de grados brix, acidez titulable y pH

Los resultados de grados brix presentados en la investigación revela que todos los tratamientos lograron ubicarse dentro de los parámetros de azúcares totales que menciona el Congreso de la República del Perú, en su Ley de Promoción de Alimentación Saludable (2017), cuyo rango permitido es de 5 a 6 grados brix. Este resultado es favorable desde el punto de vista normativo, ya que sugiere que los productos evaluados cumplen con los estándares legales para el consumo infantil en términos de contenido de azúcares. Un aspecto importante a destacar es que en esta investigación se utilizó azúcar refinada como edulcorante, mientras que en el estudio de Soplá (2021), donde se reportaron valores de grados Brix más elevados (7.77 y 10.60), se empleó stevia como sustituto parcial o total del azúcar. Esta diferencia en los ingredientes podría explicar la disparidad en los valores obtenidos entre ambos estudios, ya que el uso de stevia, un edulcorante no calórico, podría tener un impacto diferente sobre los grados Brix y la percepción de dulzor sin aumentar significativamente el contenido de azúcares totales.

En relación a la característica de acidez titulable, se observó que los tratamientos se distribuyeron en un rango de 0.04 a 0.09. Específicamente, el tratamiento A3B2 registró la menor acidez, mientras que el tratamiento A1B1 exhibió la mayor acidez entre los tratamientos evaluados. Vargas-Serna et al. (2022) en su estudio, obtuvieron como resultados del néctar de piña una acidez situada en un rango de 0.59 a 0.85, Mejía et al. (2012) indican que la naranjilla posee un porcentaje de acidez de 2.63 a 3.0, Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño (2008) indican que el tomate posee una acidez de 0.6 a 1.1, Arzapalo et al. (2015) indica que la quinua posee una acidez de 0.07 a 0.12 y Leonardo (2017) indica que para saber la acidez de la soya, debe realizarse la bebida llamada leche de soya, esta posee una acidez de 0.7 aproximadamente. Con base en los datos recopilados de la literatura citada, se puede inferir que los néctares obtenidos en este estudio no exhibieron niveles elevados de acidez, como se observa en los datos individuales de las materias primas utilizadas. En cambio, parece que la combinación de ingredientes en los tratamientos evaluados condujo a una reducción en los niveles de

acidez. Este hallazgo sugiere que la formulación y mezcla de los ingredientes pueden influir significativamente en el perfil de acidez final de los néctares, lo que resalta la importancia de considerar cuidadosamente la composición de los productos durante el proceso de desarrollo y formulación.

En cuanto a pH, todos los tratamientos se encuentran en el rango de 3.8 – 4.3 lográndose ubicar en los establecido según la Norma Técnica Peruana 203.110, donde indica que el néctar de fruta debe tener un pH menor de 4.5 (determinado según la Norma ISO 1842). Por lo tanto, se puede concluir que los tratamientos cumplen con los requisitos establecidos en términos de pH para la elaboración de néctares de fruta, lo que sugiere que son adecuados para su consumo de acuerdo con las regulaciones establecidas.

Determinación de proteínas, grasas, fibra, hierro y vitamina C

En cuanto a proteínas, los tratamientos analizados revelaron un rango de 0.26 a 0.34 g/100g. Se observó que el tratamiento A3B1 exhibió el menor contenido de proteínas, mientras que los tratamientos A1B3 y A2B3 presentaron los niveles más altos de proteínas entre los tratamientos evaluados. El contenido de proteínas en el néctar señalado por Cubas y Seclén (2015) es de 2.82 g por 240 ml, Matta y Tinoco (2023) obtuvieron en sus formulación una cantidad de proteínas que oscilaba de 0.52 a 1.94. En lo que respecta al contenido de grasas y fibra, los resultados del análisis de la Certificadora y Laboratorio AP S.A.C. CERTILAB, reportaron 0/100 g en todos los tratamientos. En cuanto a la cantidad de hierro, los tratamientos se ubicaron en el rango de 0.15 a 0.64 mg/100g, siendo el tratamiento A3B1 el que obtuvo la menor cantidad, y el tratamiento A1B3 el que obtuvo la mayor cantidad. Se puede concluir que los néctares obtenidos en este estudio y los mencionados son adecuados para ser proporcionados por el Programa Nacional de Alimentación Escolar Qaliwarma, dado que sus especificaciones técnicas no requieren un contenido específico de proteínas y hierro en los néctares. Además, dada su composición y niveles de nutrientes, estos néctares serían una opción adecuada para niños en edad escolar.

En lo que respecta a vitamina C, los tratamientos arrojaron resultados desde 0.53 a 0.70 mg/100g, siendo el tratamiento A1B1 el que prevaleció de los demás tratamientos, debido a que fue el que contenía el mayor porcentaje de naranjilla y piña. Cubas y Seclén (2015) en estudio por evaluar la influencia del porcentaje de adición de quinua, piña y nivel de dilución en la fortificación del néctar de manzana sobre la calidad del producto, reportó que el néctar presentaba 8,91 mg/100 ml de vitamina C. En conclusión, los efectos de agregar piña-quinua y ajustar la concentración en la fortificación del

néctar de manzana se manifestaron principalmente a través de los niveles de vitamina C, proteínas y fibra presentes en el producto terminado.

Análisis de coliformes totales, aerobios mesófilos, mohos y levaduras

En esta investigación, la mayoría de los tratamientos evaluados microbiológicamente reportaron ausencia de coliformes totales. A excepción de los tratamientos A1B2, A3B1 y A3B3, quienes presentaron <3 UFC/ml, <3 UFC/ml y <2.5 UFC/ml respectivamente. Los mesófilos aerobios se estudian como referencia a la contaminación total, su presencia y cantidad pueden reflejar las condiciones higiénicas durante la producción, manipulación y almacenamiento. En este estudio todos los tratamientos lograron ubicarse por debajo del límite máximo permisible (100 UFC/ml) según exige la Norma Técnica Peruana 203.110. Para el recuento de levaduras, del mismo modo, todos los tratamientos lograron situarse por debajo del límite máximo (10 UFC/ml). Para el recuento de mohos, no se encontró crecimiento en ninguno de los tratamientos. En todos los análisis, los valores estuvieron en los estándares adecuados, debido a la eficiente producción y manipulación de los néctares estudiados, estudio que coincide con lo reportado por Moreno et al. (2003), los néctares elaborados presentaron una vida útil de 14-21 días bajo las condiciones de almacenamientos debido a la adecuada calidad microbiológica y fisicoquímica del producto.

Análisis sensorial

En este estudio, se evidencia una división en los puntajes de aceptabilidad sensorial, donde se distinguen dos conjuntos de tratamientos. Entre los valores más altos, destacan los tratamientos A3B3, A2B2 y A1B1, en orden descendente según sus puntajes. En cuanto a la apariencia, las formulaciones con los puntajes más altos son A1B1, A3B3, A2B2 y A3B2. Respecto al color, la formulación A1B1 se distingue significativamente con el puntaje más alto en comparación con las otras formulaciones. En cuanto al olor, las combinaciones con los puntajes más altos son A1B1, A3B1, A3B2 y A2B1. En cuanto a aceptabilidad, sobresale el tratamiento A3B3. Finalmente, en términos de sabor, los tratamientos A3B3, A2B2 y A1B1 se sitúan en el grupo con los puntajes más altos. Para este estudio, se puede decir que el tratamiento que mas sobresalió en análisis sensorial fue el tratamiento A1B1, seguido del tratamiento A3B3. Al comparar estos resultados con el estudio de Vásquez (2023) se observa que las mezclas de néctar mixto también presentaron variaciones en los niveles de aceptabilidad, los puntajes de aceptabilidad sensorial variaron entre 7,15 y 8,18. La formulación más aceptada por los panelistas fue la número 9, que contenía una mezcla de 16.66% de zumo de aguaymanto, 66.66% de tomate de árbol y 16.16% de piña, mientras que la formulación con 100% de aguaymanto fue la menos aceptada. En esta investigación se subraya la importancia de la combinación

estratégica de ingredientes no solo influye en la aceptabilidad sensorial, sino también en el perfil de sabor. Si bien las frutas ácidas como la piña, el tomate y la naranjilla tienden a ser refrescantes y con un sabor vibrante, la inclusión de leche de soya y quinua puede suavizar esta acidez, lo que podría hacer el néctar más atractivo para consumidores que prefieren sabores más balanceados o suaves. Sin embargo, este cambio también podría afectar la percepción del producto por parte de aquellos consumidores que disfrutaban de la frescura y el carácter ácido de estas frutas. Este contraste con la investigación de Vásquez (2023), que no incluyó ingredientes como la leche de soya y la quinua, subraya una diferencia clave en el enfoque sensorial. Mientras que en su estudio los sabores ácidos de las frutas eran más predominantes, esta investigación apuesta por una combinación que busca suavizar esa acidez con ingredientes que aporten cremosidad y nutrientes, lo que podría influir tanto en la percepción sensorial como en la aceptación general del producto.

CONCLUSIONES

- En cuantos a las características fisicoquímicas, todos los tratamientos se encontraron dentro del rango de grados brix establecido por la Ley de alimentación saludable; en acidez, todos los tratamientos reportaron baja acidez y, por último, en pH, todos se encontraron dentro del rango establecido según la Norma Técnica Peruana 203.110). Jugos, néctares y bebidas de fruta. Requisitos. establecida por INACAL (2022).
- En cuantos a las características proximales, fueron cuatro tratamientos los que prevalecieron en cuanto al contenido de proteínas (A1B3, A2B3, A3B3 y A1B2); en grasa y fibra todos reportaron 0/100g; en hierro, el único tratamiento que sobresale con 0.64 mg/100g fue el tratamiento A1B3. Por último, en cuanto a vitamina C, sobresalen tres tratamientos (A1B1, A2B1 y A3B1).
- En cuantos al análisis microbiológico, la mayoría de tratamientos reportaron ausencia en cuanto a coliformes totales, excepto tres que reportaron <3 UFC/ml y 2.5 UFC/ml respectivamente. Para mohos, los tratamientos reportaron 0 UFC/ml. En mesófilos y levaduras, todos los tratamientos se encontraron por debajo del límite máximo permisible, según la Norma Técnica Peruana 203.110. Jugos, néctares y bebidas de fruta. Requisitos.
- Según el análisis sensorial que evaluó los atributos de aceptabilidad, sabor, apariencia, olor y color, se destaca el tratamiento A3B3 en términos de aceptabilidad, sabor y apariencia. Posteriormente, el tratamiento A2B2 muestra un desempeño favorable en aceptabilidad y sabor, así como en color. Del mismo modo, el tratamiento A1B1 se distingue principalmente en apariencia y color.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1), 44-54.
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. (1942). *Official Method 942.15 Acidity (Titratable) of fruit products*.
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. (1980). *Official Method 9932.12 Solids (soluble) in fruits and fruit products*.
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. (2006). *Official Method 999.11 Lead, Cadmium, Copper, Iron, and zinc in foo*.
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. (2019). *Official Method 967.21 Ascorbic Acid*.
- Caballero, E., & Paredes, L. (2017). Formulación y evaluación de néctar a base de guanábana (*Annona muricata*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) edulcorada con stevia (*Stevia rebaudiana*). En *Universidad Nacional Del Santa*. Universidad Nacional del Santa.
- Casierra-Posada, F., & Aguilar-Avenidaño, Ó. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 300-307.
- Codex Alimentarius. (2022). *Norma General para zumos (jugos) y néctares de frutas*.
- Cubas, L., & Seclén, O. (2015). *Influencia del porcentaje de adición de quinua (Chenopodium quinoa), piña (Ananas comosus L. Merr) y nivel de dilución en la fortificación del nectar de manzana (Syzygium malaccense) sobre la calidad del producto*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/861>
- Food and nutrition. (1986). *Food analysis: General techniques, additives, contaminants and composition* (Vol. 14). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/36f0b989-9b9b-4979-a0cb-709ead572acb/content>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2018). *Reducción sostenida en anemia y desnutrición crónica*. <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/noticias/reducci-n-sostenida-en-anemia-y-desnutrici-n-cr-nica>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Desnutrición infantil disminuyó 5,2% en los últimos 5 años en el Perú*. <https://andina.pe/agencia/noticia-inei-desnutricion-infantil-disminuyo-52-los-ultimos-5-anos-el-peru-711991.aspx>
- Instituto Nacional de la Calidad. (2022). *Norma Técnica Peruana 203.110. Jugos, néctares y bebidas a base de frutas. Requisitos*.
- Leonardo, N. (2017). *Evaluación físicoquímica, químico proximal y sensorial de la leche de soya (Glycine max) fermentada con cultivo kéfir*.
- Ley de Promoción de la Alimentación Saludable, Pub. L. No. 30021, 017-2017-SA 12 (2017).
- Mamani, B. (2017). *Desarrollo de un prototipo de bebida elaborada a partir de manzana y quinua Real (Chenopodium quinoa Willd)*. Escuela Agrícola Panamericana.

- Matta, Y., & Tinoco, F. (2023). *Formulación y evaluación de néctar a base de Mangifera Indica y Physalis Peruviana fortificado con Amaranthus Caudatus*.
- Mejía, C., Gaviria, D., Duque, A., Rengifo, L., Aguilar, E., & Alegría, A. (2012). Caracterización físicoquímica de la variedad castilla del lulo (*Solanum quitoense* Lam) en seis estadios de maduración. *Vitae*, 19(2), 157-165.
- Montalvo-Perdomo, Y., Panadés-Ambrosio, G., Sardiñas-Reynaldo, L., Guevara-Albo, Y., & Nuñez, M. (2016). Calidad sensorial de néctar de mango enriquecido con soya. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 26(3), 39-44.
- Moreno, M., Girán, N., Serrano, K., García, D., & Belén, D. (2003). Evaluación microbiológica y físicoquímica de néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Sendth). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(3), 282-286.
- Sopla, F. (2021). *Caracterización físicoquímica y sensorial de un prototipo de bebida funcional a base de zumo de aguaymanto (Physalis peruviana) y jugo soya (Glycine max), edulcorado con stevia*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Urbano, F., Silveira, M., Luís, R., & Costa, D. (2004). Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. *Scientia Agricola*, 61(6), 604-608. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162004000600007>
- Vanegas, L., Restrepo, D., & López, J. (2009). *Características de las bebidas con proteína de soya*. 62(2), 5165-5175.
- Vargas-Serna, C., Gonzalez, V., Ochoa-Martinez, C., & Vélez, C. (2022). Conservación de piña mínimamente procesada: Evaluación de parámetros físicoquímicos. *Ingeniería*, 27(1), 1-18. <https://doi.org/10.14483/23448393.17564>
- Vásquez, N. (2023). *Evaluación del contenido de vitamina C y capacidad antioxidante de un néctar mixto a partir de zumos de aguaymanto (Physalis peruviana L.), tomate de árbol (Solanum betaceum) y piña (Ananas comosus)*. Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Vitón, N. (2023). *Evaluación del Contenido de Vitamina C y Capacidad Antioxidante de un Néctar Mixto a partir de Zumos de Aguaymanto (Physalis peruviana L.), Tomate de Árbol (Solanum betaceum.) y Piña (Ananas comosus)*. Universidad Nacional Autónoma de Chota.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Interacciones nutricionales en la dieta cotidiana peruana y su impacto en la biodisponibilidad

Nutritional interactions in the Peruvian daily diet and their impact on bioavailability

André Rodríguez¹ y Jhonsson Quevedo¹

RESUMEN

La dieta peruana es reconocida a nivel mundial por su diversidad y exquisitez, lo que la ha convertido en un referente gastronómico internacional. Prueba de ello es que el Perú alberga algunos de los mejores restaurantes del mundo, con distinciones en guías prestigiosas como The World's 50 Best Restaurants y estrellas Michelin. Pero esto tiene un precio, ya que en su composición predominan los alimentos ricos en carbohidratos y procesados, lo que afecta negativamente la salud de la población. Este estudio se ha planteado el reto de analizar cómo interactúan los nutrientes en la dieta cotidiana peruana y su efecto en la salud. Para este fin se realizó una revisión de la literatura con estudios publicados entre 2014 y 2024, utilizando bases de datos académicas y criterios rigurosos de selección. Los resultados muestran que las interacciones positivas, como la combinación de vitamina C con hierro no hemo, mejoran la biodisponibilidad de nutrientes clave, reduciendo problemas como la anemia. Sin embargo, la presencia de fitatos y taninos en la dieta inhibe la absorción de minerales esenciales, lo que aumenta las deficiencias nutricionales en las poblaciones vulnerables. El estudio concluye haciendo una propuesta de combinaciones de alimentos que mejoren la absorción de nutrientes y modificar métodos de cocción puede mejorar la calidad nutricional de la dieta peruana.

Palabras clave: nutrientes, alimentos, biodisponibilidad, minerales, cocción.

ABSTRACT

The Peruvian diet is recognized worldwide for its diversity and exquisiteness, which has made it an international gastronomic reference. Proof of this is that Peru is home to some of the best restaurants in the world, with distinctions in prestigious guides such as The World's 50 Best Restaurants and Michelin stars. But this comes at a price, as its composition is dominated by carbohydrate-rich and processed foods, which negatively affects the health of the population. This study has set itself the challenge of analyzing how nutrients interact in the Peruvian daily diet and their effect on health. For this purpose, a literature review was conducted with studies published between 2014 and 2024, using academic databases and rigorous selection criteria. The results show that positive interactions, such as the combination of vitamin C with non-heme iron, improve the bioavailability of key nutrients, reducing problems such as anemia. However, the presence of phytates and tannins in the diet inhibits the absorption of essential minerals, increasing nutritional deficiencies in vulnerable populations. The study concludes by proposing food combinations that improve nutrient absorption and modify cooking methods to improve the nutritional quality of the Peruvian diet.

*Autor de correspondencia

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Email: arodriguezl@unc.edu.pe, jquevedol@unc.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La alimentación no solo determina el estado físico de las personas, sino que también influye en su capacidad para enfrentar enfermedades y llevar una vida activa (Agrawal et al., 2024). En un mundo donde la nutrición está cada vez más en el centro del bienestar y surgen cada día nuevos métodos para determinar el efecto de los alimentos en nuestra salud, resulta importante entender cómo interactúan los diferentes nutrientes que consumimos a diario (Pathan et al., 2024). Sin embargo, en muchas culturas, incluyendo la peruana, esta comprensión sigue siendo limitada, incluso hasta resulta ser confusa, especialmente con el conocimiento relacionado con las dietas tradicionales que han prevalecido durante generaciones (Quinteros-Reyes et al., 2024).

En el Perú, la dieta es rica en diversidad cultural y geográfica, pero esta variedad no siempre se traduce en una nutrición equilibrada. La historia y la geografía del país han dado forma a una dieta que, aunque variada, suele estar dominada por alimentos ricos en carbohidratos y grasas. Este patrón alimentario, que ha sido parte integral de la identidad culinaria del Perú, ha mostrado conexiones con el aumento de enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes y la hipertensión, que afectan a un porcentaje significativo de la población (Quinteros-Reyes et al., 2024).

Uno de los retos más persistentes en la nutrición moderna es la falta de comprensión sobre cómo los nutrientes interactúan dentro del cuerpo cuando se consumen juntos. Este desconocimiento puede llevar a hábitos alimentarios que, aunque comunes y culturalmente aceptados, no siempre resultan beneficiosos (Sogari et al., 2023). Por ejemplo, consumir ciertos alimentos al mismo tiempo, como es común en la tradición peruana, puede dificultar la absorción de nutrientes vitales, en contraparte, otras combinaciones pueden mejorar la biodisponibilidad de esos mismos nutrientes (Monserrate et al., 2021).

Este vacío de conocimiento y comprensión es especialmente relevante en el contexto de las dietas tradicionales, donde las prácticas alimentarias son profundas y difíciles de cambiar. En el caso del Perú, a pesar de la abundancia de alimentos nutritivos, la combinación inadecuada de estos en las comidas diarias puede contribuir a deficiencias nutricionales, disminuyendo los beneficios que podría ofrecer la riqueza alimentaria del país (Randall et al., 2024).

Como ya se ha hecho mención, la dieta peruana se caracteriza por un alto consumo de carbohidratos, con alimentos como el arroz, la papa y el maíz en el centro de la mesa. Este patrón dietético, repetido a lo largo del día en el desayuno, almuerzo y lonche, refleja una dependencia significativa de alimentos energéticos, pero carece en muchas ocasiones de la diversidad necesaria para un balance adecuado de nutrientes (Sanjines, 2024). En suma, a este dilema, el desconocimiento sobre las interacciones entre nutrientes puede agravar estos problemas, afectando la absorción y el aprovechamiento de vitaminas y minerales esenciales. Por ejemplo, una combinación habitual como pan con café en el desayuno puede

interferir en la absorción de hierro debido a los fitatos en el pan y los taninos en el café. Este tipo de interacciones subraya la importancia de mejorar la educación nutricional en la población para maximizar el valor de la dieta diaria.

El propósito de esta revisión literaria es identificar, evaluar e informar sobre el modo de cómo interactúan los nutrientes en la dieta típica peruana y haciendo énfasis sobre sus efectos sobre la nutrición. Con esta investigación, se busca aportar un análisis detallado de las combinaciones alimentarias más comunes en Perú, proporcionando información valiosa que podría utilizarse para mejorar las prácticas alimentarias y reducir las deficiencias nutricionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

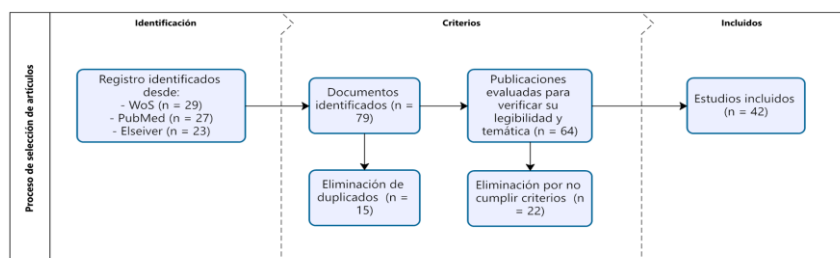
Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó el enfoque de revisión de literatura, cuyo objetivo principal fue evaluar publicaciones sobre las interacciones nutricionales en la dieta peruana. Este enfoque permitió obtener una comprensión detallada del estado actual del conocimiento sobre las combinaciones alimentarias típicas y sus efectos nutricionales. Se buscó identificar patrones, vacíos y oportunidades de mejora en la dieta cotidiana del "peruano de a pie", centrándose en cómo interactúan los nutrientes de los alimentos más comunes consumidos en el desayuno, almuerzo y lonche.

Para asegurar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados, se establecieron criterios de inclusión y exclusión rigurosos. Los criterios de inclusión abarcaron estudios publicados entre 2014 y 2024 que evaluaran la dieta peruana. Se consideraron investigaciones tanto aplicadas como básicas, incluyendo estudios descriptivos, exploratorios y explicativos (Barry et al., 2022; Mikhridinova et al., 2024). También se incluyeron investigaciones que abordaran las interacciones nutricionales en el contexto de las tres comidas principales del día en la cultura peruana. Los criterios de exclusión descartaron estudios que no se centraron específicamente en la dieta peruana o que no abordaran interacciones entre nutrientes. Asimismo, se excluyeron artículos que no detallaran adecuadamente las metodologías empleadas o que presentaran datos no verificables.

El proceso de selección de artículos comenzó con una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar y SciELO. Se utilizaron términos de búsqueda como "dieta peruana", "interacciones nutricionales", "nutrientes", "carbohidratos en la dieta peruana", "deficiencias nutricionales" y "preparación de alimentos en Perú", combinando operadores booleanos para optimizar los resultados. De un total de 67 artículos identificados inicialmente, se realizó una revisión preliminar de los títulos y resúmenes para descartar aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión establecidos (Wagner et al., 2022; De la Torre-López et al., 2023).

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA de la metodología de búsqueda para una revisión literaria



Nota. El gráfico representa la metodología utilizada para la elaboración del artículo.

Posteriormente, se realizó una revisión completa de los textos seleccionados, evaluando la calidad metodológica de cada uno y la relevancia de sus hallazgos para el objetivo de la revisión. Durante este proceso, se extrajeron datos relevantes y se categorizaron los estudios en función de las dimensiones establecidas: composición nutricional, interacciones positivas, interacciones negativas y modos de preparación. Para este análisis se utilizaron herramientas de organización de datos como Excel. Finalmente, se seleccionaron 42 artículos que cumplieran con todos los criterios de inclusión y que fueron considerados los más relevantes para proporcionar una visión integral de la dieta peruana y sus efectos nutricionales.

Finalmente, se respetaron los principios éticos de la investigación científica durante todo el proceso, asegurando la correcta citación de los autores y el tratamiento adecuado de los datos según las pautas de integridad científica.

RESULTADOS

Patrones peruanos de alimentación

La dieta peruana se caracteriza por ser diversa y rica en alimentos, aunque su composición resulta variada entre el desayuno, almuerzo y lonche. A pesar de este hecho, las porciones de carbohidratos, grasas y alimentos ultraprocesados son elevadas, lo que daña la salud y nutrición de la población. Aguirre-Sosa et al. (2023) hacen especial énfasis en la biodiversidad del país, con más de 4,000 variedades de papa, maíz y pescado. Esta variedad promueve el desarrollo de una gastronomía nutritiva. En contraparte, la adición de vegetales y frutas a los patrones alimenticios aún es todo un reto, a pesar de que autores como Enriquez-Martinez et al. (2021) indican que la incorporación de más frutas y verduras, tendencia observada durante la pandemia, podría reducir el riesgo de enfermedades como diabetes e hipertensión. En el Perú, el plato fuerte es el almuerzo, el cual suele estar dominado por el arroz, principal fuente de energía. Fisberg et al. (2021) destacan que el arroz y productos con azúcares añadidos, como jugos y panadería, aportan una cantidad considerable de calorías y grasas saturadas. No obstante, el alto consumo de carbohidratos y alimentos procesados se asocia con la obesidad y diabetes (Matos et al., 2021). Por

otro lado, Salvador-Reyes et al. (2023) hacen la sugerencia que el hecho de aumentar en el consumo de habas, ricas en proteínas y fibra, podría mejorar la calidad nutricional de la dieta. Mientras que, Garrido-Dzib et al. (2023) advierten que una ingesta insuficiente de frutas y verduras puede agravar problemas cognitivos, subrayando su importancia en la salud pública.

A parte de los productos a base de harinas y azúcares están los productos lácteos, los datos muestran que el consumo per cápita de productos lácteos en 2021 fue de 87 kg. Cajamarca lidera como la principal región productora (17.12%), y una demanda significativa en Lima y Arequipa (Montoya et al., 2023).

En cuanto a patrones dietéticos, Alae-Carew et al. (2019) identifican cuatro tipos: desde uno tradicional basado en tubérculos y menestras, hasta uno occidentalizado, alto en procesados y grasas saturadas. El patrón tradicional, predominante en áreas rurales, se asocia con menor prevalencia de hipertensión y diabetes tipo 2, mientras que el occidentalizado, común en zonas urbanas, incrementa el riesgo de enfermedades crónicas.

Esta alta variabilidad en los patrones alimenticios se puede asociar a enfermedades. Tarazona-Meza et al. (2020) analizan la relación entre la alimentación y la prevalencia de asma en niños peruanos, encontrando que una dieta rica en frutas, verduras y pescados grasos reduce significativamente el riesgo. Por otro lado, Westgard et al. (2021) informan que más del 50% de los niños menores de tres años con anemia consumen suficiente hierro, pero factores como infecciones intestinales y acceso deficiente a agua potable agravan la enfermedad.

La contaminación de alimentos también es una preocupación. Tejada-Purizaca et al. (2024) advierten sobre la presencia de cadmio y plomo en maíz y cacao debido a la actividad minera. Galagarza et al. (2021) añaden que frutas y vegetales contienen pesticidas y micotoxinas en niveles superiores a los recomendados, afectando su calidad nutricional. Un punto importante considerando que la higiene en zonas rurales del país no siempre es la adecuada y está acompañada de una mala cultura de aseo.

Por tanto, en lo que corresponde a los patrones alimenticios peruanos se pudo ver que, a pesar de la riqueza agrícola del Perú, su potencial nutricional se encuentra limitado por el alto consumo de carbohidratos y ultraprocesados. Además, factores contextuales como la higiene afectan la absorción de nutrientes esenciales.

Interacciones que mejoran la biodisponibilidad de nutrientes

Las interacciones entre nutrientes pueden mejorar la absorción de vitaminas y minerales esenciales Melse (2020) hace mención que las proteínas y grasas de los lácteos tienen la capacidad de favorecer la absorción de calcio y zinc, mientras que las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) requieren grasas saludables para su asimilación. Además, Ilesanmi-Oyelere & Kruger (2020) señalan que los probióticos

en lácteos fortificados promueven la absorción de calcio. Casanova et al. (2021) indican que las caseínas estabilizan vitaminas y polifenoles, mejorando su biodisponibilidad en el tracto digestivo. Esto influye en la salud ósea en poblaciones vulnerables.

El ácido ascórbico (vitamina C) optimiza la absorción del hierro no heme en menestras y cereales al reducirlo de Fe⁺³ a Fe⁺² (Bhoot et al., 2023). En alimentos como la grosella y los cítricos, su consumo junto con legumbres puede llegar a potenciar la absorción de hierro, ayudando a combatir la anemia. Según Piskin et al. (2022) la encapsulación de hierro puede contrarrestar los efectos inhibidores de fitatos en cereales. Ohanenye et al. (2021) complementan lo mencionado argumentando que la fortificación con vitamina C y técnicas de encapsulación mejoran la absorción del hierro en dietas ricas en vegetales.

Van Breda & de Kok (2018) destacan que los polifenoles en frutas y los carotenoides en vegetales cuentan con efectos antioxidantes sinérgicos. Xu et al. (2021) explican que los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) que se generan por el microbiota a partir de fibra dietética llegan a favorecer la absorción de polifenoles y tienen efectos antiinflamatorios. De manera similar, Vernocchi et al. (2020) describen cómo los carbohidratos fermentables de tubérculos y cereales peruanos son descompuestos en AGCC como el butirato, el cual optimiza la absorción de minerales y fortalece la barrera intestinal.

La combinación de vitamina C con hierro no heme mejora su absorción en un 67%, reduciendo la anemia en un 20%. El consumo de lácteos puede aumentar la absorción de calcio en un 35% debido a la presencia de caseínas y grasas. Además, los omega-3 en pescados grasos mejoran la absorción de vitaminas A, D, E y K en un 45-50%, lo que favorece la salud ósea e inmunológica. Además, los polifenoles de frutas y vegetales aumentan la actividad antioxidante celular en un 30%, reduciendo enfermedades inflamatorias y metabólicas (Melse, 2020).

En conjunto, las interacciones identificadas en esta parte del texto, teniendo como base la alimentación del peruano de a pie, fortalecen la absorción de micronutrientes, mejorando la salud en dietas tradicionales como la peruana.

Interacciones de dificultan la biodisponibilidad de nutrientes

En la dieta peruana, algunas interacciones si pueden llegar a afectar significativamente la absorción de nutrientes. Esto afecta de forma especial a poblaciones vulnerables de poco acceso que dependen de cereales y vegetales. Feizollahi et al. (2021) destacan que el ácido fítico si puede reducir la absorción de hierro hasta un 82%, lo que termina mermando también la biodisponibilidad de zinc, magnesio y calcio en dietas basadas en legumbres. De acuerdo con Prajapati y Shah (2022) el ácido fítico interfiere con la digestibilidad de proteínas y almidones en trigo, arroz y maíz. E irónicamente, la fitasa degrada este compuesto, mejorando la biodisponibilidad de minerales esenciales. En contraparte, Melse (2020)

advierde que fitatos y oxalatos en vegetales reducen la absorción de hierro, aunque la vitamina C puede contrarrestar este efecto, aumentándola hasta en un 50%.

Los taninos, según Bellal et al. (2024), pueden formar complejos insolubles con minerales, lo que reduce la absorción de hierro en un 50%, esto agrava la anemia en poblaciones vulnerables. Del mismo modo, hay una merma en la digestión de proteínas y carbohidratos al inhibir enzimas como la tripsina y la amilasa. A esto, Piskin et al. (2022) proponen la encapsulación de hierro con compuestos lipídicos o caseína, aumentando su absorción en más del 40%. Ohanenye et al. (2021) sugieren la biofortificación de cereales como estrategia para mejorar la ingesta de hierro.

Las grasas tienen el potencial de ralentizar la digestión ya que estimulan la liberación de colecistoquinina (CCK). De forma distinta, pero con un método distinto, las proteínas retardan la digestión por la descomposición de enlaces peptídicos. Williamson et al. (2018) enfatizan que las cenas altas en grasas y proteínas, como el clásico platillo peruano “pollo a la brasa”, pueden reducir la absorción de flavonoides presentes en cítricos, cacao y cebollas. Según Varas Condori y de Camargo (2023) los inhibidores de tripsina en legumbres afectan la digestión de proteínas. Estos efectos pueden reducirse con tratamientos térmicos y fermentación.

El gluten también tiene influencia sobre la absorción de nutrientes. Al respecto, Cenni et al. (2023) explican que, en personas con enfermedad celíaca, su consumo daña las vellosidades intestinales, dificultando la absorción de hierro, calcio, zinc y magnesio. Sin dejar de considerar que en personas que no padecen este mal o su efecto es mínimo, también llegar a generar efectos antiinflamatorios al filtrarse a través del microbiota.

Schefer et al. (2021) encontraron que el ácido ferúlico afecta la funcionalidad de proteínas y carbohidratos, lo que reduce el volumen del pan en un 4% con 250 mg/kg y hasta un 21% con 5000 mg/kg. Di Stefano et al. (2022) vinculan la dieta libre de gluten (GFD) con mejoras en el metabolismo de la vitamina D en celíacos, normalizando la absorción de calcio y reduciendo el riesgo de osteoporosis. Sin embargo, la fermentación aumenta la disponibilidad de ácidos fenólicos en un 22.5% tras la digestión in vitro.

La comprensión de estas interacciones ha sido base para la elaboración de las recomendaciones de consumo de alimentos basados en su interacción que se tiene la final del capítulo.

Efectos del procesamiento culinario

Pensando en el objetivo de la revisión, resultó imperativo revisar como el procesamiento y almacenamiento de alimentos impactan considerablemente la retención de nutrientes esenciales y la calidad general de los productos.

El procesamiento de alimentos influye en la retención y degradación de nutrientes. Monserrate et al. (2021) evidencian que la cocción prolongada reduce vitaminas hidrosolubles como la C y las del complejo B, mientras que la cocción al vapor puede preservar más minerales como hierro y calcio. El ceviche, que es marinado en frío, mantiene proteínas y ácidos grasos omega-3, aunque la exposición prolongada a cítricos puede degradar significativamente la tiamina. Huay et al. (2023) proponen la biofortificación y el secado al sol para mitigar la pérdida de provitamina A, hierro y zinc en maíz y yuca, destacando que los movimientos bruscos como molienda y la deshidratación afectan los micronutrientes si no se controlan las temperaturas.

La fritura degrada vitaminas liposolubles, como la A, y oxida los ácidos grasos insaturados. Esto reduce la calidad nutricional de platos tradicionales (Monserrate et al., 2021). Haverkort et al. (2022) indican que la fritura y horneado de papas aumentan almidones y antioxidantes, pero, a la vez, duplican el aporte calórico por el uso de aceite. Además, aditivos como el SAPP alteran el color y textura, lo que resulta agradable a la vista, pero reduce la calidad nutricional.

Para el caso de otros alimentos se encontró que el arroz enfrenta contaminación por arsénico en algunas regiones. A esto, Mridha et al. (2022) recomiendan el pulido y cocción con agua libre de arsénico para reducir su toxicidad. Sin embargo, se debe considerar que estos tratamientos disminuyen hierro y zinc. Ruijuan et al. (2021) destacan que la germinación de quinoa mejora la bioaccesibilidad de antioxidantes, pero reduce tocoferol. El horneado conserva mejor su estructura y antioxidantes. Sánchez-García et al. (2024) informan que el método sous-vide preserva mejor los antioxidantes en la lechuga de mar, mientras que el hervido provoca mayor degradación de minerales.

Gallego-Castillo et al. (2021) concluyen que la nixtamalización puede mejorar la retención de hierro y zinc en maíz biofortificado. Las papas rellenas y la mazamorra presentan mayores pérdidas por el descascarillado del grano. Pilipczuk et al. (2014) señalan que el tostado del café puede llegar a reducir en un 50% los ácidos clorogénicos y promover el contenido de cafeína en un 30%, afectando su actividad antioxidante. Liang et al. (2016) hacen énfasis en que los isómeros del ácido clorogénico tienen la facilidad de interactuar con otros compuestos, alterando su absorción intestinal y reduciendo la biodisponibilidad de hierro, aunque la vitamina C puede contrarrestar este efecto.

En cuanto a la carne de pollo, al ser la de mayor consumo, su preservación también puede afectar su valor nutricional. Shorbagy et al. (2019) informan que la congelación prolongada reduce aminoácidos y ácidos grasos insaturados, afectando el valor nutritivo. Tras dos meses de almacenamiento, la oxidación lipídica aumenta significativamente, reduciendo la calidad del producto.

En Perú, los métodos tradicionales de procesamiento y almacenamiento de alimentos, como la fritura, el hervido prolongado y la congelación sin control de tiempos, suelen tener un impacto negativo en la

calidad nutricional de las comidas. Si bien son prácticas comunes, a menudo generan una pérdida significativa de nutrientes esenciales, especialmente vitaminas y ácidos grasos insaturados.

Estrategias de optimización de biodisponibilidad de nutrientes

Si bien es cierto, nada es completamente blanco u oscuro, durante la realización de la presente investigación no se ha dejado de considerar la gastronomía peruana como una rica fuente de nutrientes y sabores que no tienen comparación con otras costumbres culinarias del mundo. Por tal motivo, en base a lo estudiado, se hace una recomendación a grandes rasgos de cómo aprovechar las bondades nutritivas de la gastronomía peruana sin dejar de disfrutar de su sabor.

El patrón alimentario del peruano de a pie se basa en la combinación de carbohidratos con proteínas, lo que, bien equilibrado, puede favorecer la absorción de nutrientes esenciales. Para ello, la recomendación elaborada se ha basado en la ingesta en cinco comidas al día, asegurando una adecuada combinación de macronutrientes y métodos de preparación que optimicen la digestión y la biodisponibilidad de vitaminas y minerales.

El desayuno debe incluir una fuente de carbohidratos de absorción lenta para proporcionar energía sostenida, junto con proteínas de alta calidad y grasas saludables. La inclusión de alimentos ricos en vitamina C favorece la absorción de hierro, mientras que el consumo de bebidas como café o té negro debe moderarse, ya que los taninos pueden inhibir la absorción de este mineral. Un desayuno equilibrado puede incluir quinua con leche y frutas (papaya o fresas) o pan integral con palta y huevo, acompañado de un jugo natural de naranja.

A media mañana, es recomendable un refrigerio ligero que combine proteínas y grasas saludables para mejorar la saciedad y el aprovechamiento de minerales como el calcio. Incluir alimentos con probióticos puede favorecer la salud intestinal y mejorar la absorción de ciertos nutrientes. Opciones como un yogurt con frutos secos o choclo con queso fresco pueden ser adecuadas, siempre evitando productos ultraprocesados con exceso de azúcares.

El almuerzo debe ser una comida equilibrada que incluya una fuente de proteína animal o vegetal, acompañada de carbohidratos complejos y fibra dietética. La combinación de legumbres con cereales permite obtener una proteína de alto valor biológico, mientras que la presencia de vegetales frescos mejora la absorción de minerales. Se recomienda evitar el consumo excesivo de bebidas azucaradas, ya que estas pueden alterar la respuesta metabólica a la glucosa y reducir la eficiencia en la absorción de ciertos nutrientes. Un almuerzo adecuado puede incluir lentejas con arroz integral, ensalada de tomate y pepino, y un filete de pescado, o una quinua acompañada de carne magra y camote sancochado.

El lonche debe ser una comida ligera que aporte energía sin generar un exceso de calorías antes del descanso nocturno. La combinación de proteínas con carbohidratos de absorción lenta favorece la regulación del apetito y el metabolismo. Se debe evitar el consumo de productos ultraprocesados, ya que suelen contener grasas trans y aditivos que pueden interferir con la digestión y la absorción de vitaminas liposolubles. Una opción saludable puede incluir pan de yuca con un batido de plátano y cacao natural o tamales de choclo con una infusión.

En la cena es recomendable priorizar preparaciones de fácil digestión, evitando el exceso de grasas y carbohidratos refinados, ya que estos pueden afectar la calidad del sueño y el metabolismo nocturno. La ingesta de comidas copiosas con alto contenido graso puede retrasar el vaciamiento gástrico y generar pesadez, afectando la calidad del descanso. Por ello, lo ideal es optar por platos ligeros como una ensalada con palta, espinaca y pollo a la plancha o un caldo de mote con carne magra y verduras.

Durante el fin de semana, la alimentación puede ser más flexible, permitiendo el consumo de preparaciones tradicionales que forman parte del disfrute gastronómico. Platos emblemáticos como los anticuchos, el chanchito al cilindro o la pachamanca pueden ser parte de la alimentación sin comprometer la salud, siempre que se mantenga un equilibrio en las porciones y se evite el exceso de frituras y azúcares añadidos. Se recomienda combinar estos platillos con fuentes frescas de fibra y antioxidantes, como ensaladas y frutas, para compensar posibles excesos y mejorar la digestión. Además, una adecuada hidratación es clave para facilitar el metabolismo de estos alimentos más densos en calorías.

Se considera que este enfoque permite mantener la esencia de la gastronomía peruana mientras se optimiza el aprovechamiento de los nutrientes, promoviendo una alimentación variada y balanceada sin perder la riqueza cultural de la cocina local.

DISCUSIÓN

Aguirre-Sosa et al. (2023) y Enriquez-Martinez et al. (2021) llegan a concurrir en que la importancia de la biodiversidad peruana en la dieta, pero difieren en su integración. El primero hace énfasis de su aprovechamiento en la gastronomía, mientras el segundo enfatiza la baja inclusión de frutas y verduras, especialmente en el desayuno. Matos et al. (2021) y Fisberg et al. (2021) ponen en evidencia el predominio de carbohidratos y grasas saturadas en el almuerzo peruano, coincidiendo que su consumo eleva el riesgo de enfermedades crónicas. Salvador-Reyes et al. (2023) proponen que el aumento del consumo de vegetales y legumbres como habas podría contrarrestar estos efectos. Esto subraya la necesidad de políticas que incentiven el consumo de alimentos vegetales.

Alae-Carew et al. (2019) y Tarazona-Meza et al. (2020) muestran que las dietas tradicionales protegen contra enfermedades crónicas, pero pueden asociarse con otros problemas, como el asma infantil. Van

Breda & de Kok (2018) y Xu et al. (2021) evidencian que la combinación de ácidos grasos y polifenoles en frutas y verduras optimiza la absorción de antioxidantes y grasas saludables. Esto refuerza los beneficios de la dieta andina en la protección contra enfermedades inflamatorias.

Melse (2020) e Ilesanmi-Oyelere & Kruger (2020) están de acuerdo en que los lácteos pueden mejorar la absorción de calcio y zinc, lo que termina beneficiando la salud ósea. Sin embargo, en algunas zonas rurales o de extrema pobreza peruana, el acceso a estos alimentos resulta muy limitado. Del mismo modo, Bhoot et al. (2023) y Ohanenye et al. (2021) confirman que la vitamina C mejora la absorción del hierro no hemo, crucial en dietas ricas en menestras y cereales.

Feizollahi et al. (2021) y Prajapati y Shah (2022) indican que existe un impacto del ácido fítico en la absorción de minerales esenciales, con inhibiciones de pueden llegar hasta un 82%. Sin embargo, Melse (2020) indica que la vitamina C mitiga este efecto, sugiriendo que combinaciones dietéticas adecuadas pueden mejorar la biodisponibilidad de estos nutrientes. Al mismo tiempo, los taninos inhiben la absorción de hierro no hemo, calcio y magnesio al formar complejos insolubles, lo que reduce su biodisponibilidad en un 50% (Bellal et al., 2024). Este efecto resulta ser problemático en dietas ricas en té y legumbres, similares a la acción de los fitatos, lo que contribuye a la deficiencia de hierro en poblaciones vulnerables (Feizollahi et al., 2021). A diferencia de los fitatos, los taninos también afectan la digestión de proteínas.

El gluten y los inhibidores de tripsina impactan la absorción de minerales. Cenni et al. (2023) destacan que el gluten provoca respuestas inmunológicas en celíacos, afectando la absorción de hierro, zinc y calcio, mientras que Varas Condori y de Camargo (2023) señalan que los inhibidores de tripsina en legumbres y cereales interfieren en la digestión de proteínas. Ambos estudios sugieren que los tratamientos térmicos y la fermentación pueden reducir estos efectos adversos, mejorando la biodisponibilidad de nutrientes.

La cocción prolongada reduce significativamente las vitaminas hidrosolubles, como la C y las del complejo B (Monserate et al., 2021). En contraste, la cocción al vapor en hojas verdes preserva más minerales, como hierro y calcio. Sánchez-García et al. (2024) destacan que el sous-vide es más eficiente en la conservación de antioxidantes y ácidos grasos insaturados que el hervido. Para el caso de la fritura y el horneado generan impactos distintos en la calidad nutricional. Haverkort et al. (2022) indican que el horneado preserva mejor la textura y antioxidantes de las papas, mientras que la fritura duplica el contenido calórico por la absorción de grasas. Monserate et al. (2021) evidencian que la fritura degrada vitaminas liposolubles como la A, afectando la calidad de alimentos tradicionales como las cachangas y la papa rellena.

El procesamiento post-cosecha y la conservación de alimentos también afectan los micronutrientes. El pulido y la cocción del arroz reducen la exposición al arsénico, pero disminuyen hierro y zinc (Mridha et al., 2022). La biofortificación y el secado controlado pueden aumentar la biodisponibilidad de provitamina A en maíz y yuca (Huey et al., 2023). Shorbagy et al. (2019) advierten que la congelación prolongada disminuye aminoácidos y ácidos grasos insaturados en productos cárnicos como el pollo, afectando su valor nutricional.

CONCLUSIONES

Ningún alimento debe considerarse negativo en su totalidad. Es el consumo oportuno y moderado lo que permite aprovechar al máximo las propiedades nutricionales de cada alimento. Un equilibrio adecuado entre alimentos naturales y procesados puede contribuir a mejorar la salud general, siempre y cuando se modere la ingesta de aquellos que, en exceso, pueden impactar negativamente la nutrición.

La dieta peruana es diversa, pero se caracteriza por un consumo elevado de carbohidratos y alimentos ultraprocesados. A pesar de contar con una amplia disponibilidad de productos locales ricos en nutrientes, su inclusión en las comidas principales, como el desayuno y el almuerzo, sigue siendo insuficiente, limitando los beneficios nutricionales que podrían ofrecer.

La biodisponibilidad de minerales en la dieta peruana depende de interacciones clave, como la vitamina C con el hierro no hemo y las grasas saludables con vitaminas liposolubles. Sin embargo, los fitatos, taninos y oxalatos reducen la absorción de minerales, aunque su efecto puede mitigarse mediante combinaciones alimentarias y técnicas como la fermentación. Además, el procesamiento influye en la calidad nutricional, ya que métodos como la fritura y el hervido prolongado degradan nutrientes, mientras que el sous-vide y el horneado los preservan mejor.

Es importante fomentar la inclusión diaria de productos agrícolas locales ricos en nutrientes, como menestras, tubérculos y frutas frescas, para mejorar la calidad nutricional y reducir la dependencia de alimentos ultraprocesados.

Se recomienda combinar alimentos ricos en vitamina C con fuentes de hierro no hemo y consumir grasas saludables con vitaminas liposolubles. Además, técnicas como la fermentación y el uso de enzimas ayudan a mitigar los efectos de antinutrientes como fitatos y taninos, mejorando la biodisponibilidad de minerales. Finalmente, métodos de cocción como el horneado y la cocción al vapor deben reemplazar la fritura para conservar los nutrientes esenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, P., Kaur, J., Singh, J., Rasane, P., Sharma, K., Bhadariya, V., Kumar, V. (2024). Genetics, Nutrition, and Health: A New Frontier in Disease Prevention. *Journal of the American Nutrition Association*, 43(4), 326-338. doi: <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2284997>
- Aguirre-Sosa, J., Dextre, M. L., Lozada-Urbano, M., & Vargas-Merino, J. A. (2023). Background of Peruvian gastronomy and its perspectives: an assessment of its current growth. *Journal of Ethnic Foods*, 10(50), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s42779-023-00212-4>
- Alae-Carew, C., Scheelbeek, P., Carrillo-Larco, R. M., Bernabé-Ortiz, A., Checkley, W., & Miranda, J. J. (2019). Analysis of dietary patterns and cross-sectional and longitudinal associations with hypertension, high BMI, and type 2 diabetes in Peru. *Public Health Nutrition*, 23(6), 1009–1019. <https://doi.org/10.1017/S1368980019002313>
- Barry, E., Merkebu, J. & Varpio, L. (2022). State-of-the-art literature review methodology: A six-step approach for knowledge synthesis. *Perspectives on Medical Education*, 11(5), 281-288. doi: <https://doi.org/10.1007/s40037-022-00725-9>
- Bellal, M., Tanjila, M. J., Hosen, M. I., Hannan, M. A., Haque, P., Rahman, M. M., & Hasan, T. (2024). A comprehensive review of the health effects, origins, uses, and safety of tannins. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06768-7>
- Bhoot, H. R., Zamwar, U. M., Chakole, S., & Anjankar, A. (2023). Dietary sources, bioavailability, and functions of ascorbic acid (Vitamin C) and its role in the common cold, tissue healing, and iron metabolism. *Cureus*, 15(11), e49308. <https://doi.org/10.7759/cureus.49308>
- Casanova, F., Lima Nascimento, L. G., Silva, N. F. N., de Carvalho, A. F., & Gaucheron, F. (2021). Interactions between caseins and food-derived bioactive molecules: A review. *Food Chemistry*, 359, Article 129820. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129820>
- Cenni, S., Sesenna, V., Boiardi, G., Casertano, M., Russo, G., Reginelli, A., Esposito, S., & Strisciuglio, C. (2023). El rol del gluten en los desórdenes gastrointestinales: Una revisión. *Nutrients*, 15(1615), 1-14. <https://doi.org/10.3390/nu15071615>
- De la Torre-López, J., Ramírez, A., y Romero, J. R. (2023). Artificial intelligence to automate the systematic review of scientific literature. *Computing*, 105(10), 2171-2194. doi:<https://doi.org/10.1007/s00607-023-01181-x>
- Di Stefano, M., Miceli, E., Mengoli, C., Corazza, G. R., & Di Sabatino, A. (2022). The effect of a gluten-free diet on vitamin D metabolism in celiac disease: The state of the art. *Metabolites*, 13(74), 1-10. <https://doi.org/10.3390/metabo13010074>
- Enriquez-Martinez, O. G., Martins, M. C. T., Pereira, T. S. S., Pacheco, S. O. S., Pacheco, F. J., Lopez, K. V., Huancahuire-Vega, S., Silva, D. A., Mora-Urda, A. I., Rodriguez-Vásquez, M., Montero López, M. P., & Molina, M. C. B. (2021). Diet and Lifestyle Changes During the COVID-19

Pandemic in Ibero-American Countries: Argentina, Brazil, Mexico, Peru, and Spain. *Frontiers in Nutrition*, 8, 671004. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.671004>

- Feizollahi, E., Mirmahdi, R. S., Zoghi, A., Zijlstra, R. T., Roopesh, M. S., & Vasanthan, T. (2021). Review of the beneficial and anti-nutritional qualities of phytic acid, and procedures for removing it from food products. *Food Research International*, 143, 110284. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110284>
- Fisberg, R. M., Barco Leme, A. C., Previdelli, Á., de Mello, A. V., Martinez, A. G., Sales, C. H., Gómez, G., Kovalskys, I., Herrera-Cuenca, M., Cortés Sanabria, L. Y., Yépez García, M. C., Torres, R. G., & Rigotti, A. (2021). Contribution of Food Groups to Energy, Grams and Nutrients-to-Limit: The Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Public Health Nutrition*, 24(9), 2424-2436. <https://doi.org/10.1017/S136898002100152X>
- Galagarza, O. A., Ramirez-Hernandez, A., Oliver, H. F., Álvarez Rodríguez, M. V., Valdez Ortiz, M. d. C., Pachari Vera, E., Cereceda, Y., Diaz-Valencia, Y. K., & Deering, A. J. (2021). Occurrence of Chemical Contaminants in Peruvian Produce: A Food-Safety Perspective. *Foods*, 10(7), 1461. <https://doi.org/10.3390/foods10071461>
- Gallego-Castillo, S., Taleon, V., Talsma, E. F., Rosales-Nolasco, A., & Palacios-Rojas, N. (2021). Effect of maize processing methods on the retention of minerals, phytic acid, and amino acids when using high kernel-zinc maize. *Current Research in Food Science*, 4, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.007>
- Garrido, A. G., Chávez-Loría, G., Magallón-Zertuche, V., Ávila-Nava, A., Palacios-González, B., & Gutiérrez-Solis, A. L. (2023). Micro- and macronutrient intake and food group frequency consumed by subjects with cognitive impairment and dementia in Latin America: A systematic review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 94, 425-439. doi: 10.3233/JAD-230231
- Garrido-Dzib, A. G., Chávez-Loría, G., Magallón-Zertuche, V., Ávila-Nava, A., Palacios-González, B., & Gutiérrez-Solis, A. L. (2023). Micro- and Macronutrient Intake and Food Group Frequency Consumed by Subjects with Cognitive Impairment and Dementia in Latin America: A Systematic Review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 94(3), 425-439. <https://doi.org/10.3233/JAD-230231>
- Gu, R., Chang, X., Bai, G., Li, X., Di, Y., Liu, X., Sun, L., & Wang, Y. (2021). Effects of household cooking methods on changes of tissue structure, phenolic antioxidant capacity and active component bioaccessibility of quinoa. *Food Chemistry*, 350, Article 129138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129138>
- Haverkort, A. J., Linnemann, A. R., Struik, P. C., & Wiskerke, J. S. C. (2022). On Processing Potato. 4. Survey of the Nutritional and Sensory Value of Products and Dishes. *Potato Research*, 66(4), 429-468. <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09568-7>
- Huey, S. L., Konieczynski, E. M., Mehta, N. H., Krisher, J. T., Bhargava, A., Friesen, V. M., Mbuya, M. N. N., Monterrosa, E. C., Nyangaresi, A. M., & Mehta, S. (2023). A systematic review of the

- impacts of post-harvest handling on provitamin A, iron and zinc retention in seven biofortified crops. *Nature Food*, 4, 978–985. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00874-y>
- Iddir, M., Vahid, F., Merten, D., Larondelle, Y., & Bohn, T. (2022). Influence of proteins on the absorption of lipophilic vitamins, carotenoids and curcumin: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(5), 2200076. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202200076>
- Ilesanmi-Oyelere, B. L., & Kruger, M. C. (2020). The role of milk components, pro-, pre-, and synbiotic foods in calcium absorption and bone health maintenance. *Frontiers in Nutrition*, 7, Article 578702. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.578702>
- Liang, N., Xue, W., Kennepohl, P., & Kitts, D. D. (2016). Interactions between major chlorogenic acid isomers and chemical changes in coffee brew that affect antioxidant activities. *Food Chemistry*, 213, 251–259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.041>
- Matos, R. A., Adams, M., & Sabaté, J. (2021). The Consumption of Ultra-Processed Foods and Non-communicable Diseases in Latin America. *Frontiers in Nutrition*, 8, 622714. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.622714>
- Melse-Boonstra, A. (2020). Bioavailability of micronutrients from nutrient-dense whole foods: Zooming in on dairy, vegetables, and fruits. *Frontiers in Nutrition*, 7(101), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00101>
- Mikhridinova, N., Wolff, C., y Van Petegem, W. (2024). Taxonomy of competence models based on an integrative literature review. *Education and Information Technologies*, 1-37. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12463-y>
- Monserrate Alvarado Toala, J., Zambrano Pino, J. I., & García Pérez, M. A. (2021). Densidad energética nutricional de platos típicos manabitas. *QhaliKay. Revista de Ciencias de la Salud*, 5(3), 66-74. <https://doi.org/10.33936/qkracs.v5i3.3911>
- Montoya, V. del S., Delgado Céspedes, C. A., Mosqueira Ruiz, M. J., & Cárdenas Saavedra, A. (2023). Utilidad y consumo emotivo de leche fresca en la ciudad de Cajamarca-Perú. *ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(20), 346-353. doi: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.220>
- Mridha, D., Gorain, P. C., Joardar, M., Das, A., Majumder, S., De, A., Roy Chowdhury, N., Lama, U., Pal, R., & Roychowdhury, T. (2022). Rice grain arsenic and nutritional content during post-harvesting to cooking: A review on arsenic bioavailability and bioaccessibility in humans. *Food Research International*, 154, artículo 111042. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111042>
- Ohanenye, I. C., Emenike, C. U., Mensi, A., Medina-Godoy, S., Jin, J., Ahmed, T., Sun, X., & Udenigwe, C. C. (2021). Food fortification technologies: Influence on iron, zinc and vitamin A bioavailability and potential implications on micronutrient deficiency in sub-Saharan Africa. *Scientific African*, 11, e00667. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00667>


- Pathan, A. S., Wagh, P. P., Jain, P. G., Sonawane, G. B., & Ahire, E. D. (2024). Functional Foods in Health and Diseases. In *Applications of Functional Foods in Disease Prevention*. Apple Academic Press, 103-117.
- Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Iron absorption: Factors, limitations, and improvement methods. *ACS Omega*, 7, 20441–20456. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>
- Pilipczuk, T., Kusznierevicz, B., Zielińska, D., & Bartoszek, A. (2015). The influence of roasting and additional processing on the content of bioactive components in special purpose coffees. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5736–5744. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1646-6>
- Prajapati, M., & Shah, H. (2022). Impacts and industrial applications of phytic acid and phytase. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 16(4), 2292-2302. <https://doi.org/10.22207/JPAM.16.4.16>
- Quinteros-Reyes, C., Seferidi, P., Guzman-Abello, L., Millett, C., Bernabé-Ortiz, A., & Ballard, E. (2024). Mapping food system drivers of the double burden of malnutrition using community-based system dynamics: a case study in Peru. *BMC Global and Public Health*, 2(1), 15. doi: <https://doi.org/10.1186/s44263-024-00045-6>
- Randall, T., Cousins, A. L., Neilson, L., Price, M., Hardman, C. A., & Wilkinson, L. L. (2024). Sustainable food consumption across Western and Non-Western cultures: A scoping review considering the theory of planned behaviour. *Food Quality and Preference*, 114, 105086. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105086>
- Salvador-Reyes, R., Campigli Furlan, L., Martínez-Villaluenga, C., Martins Dala-Paula, B., & Pedrosa Silva Clerici, M. T. (2023). From Ancient Crop to Modern Superfood: Exploring the History, Diversity, Characteristics, Technological Applications, and Culinary Uses of Peruvian Fava Beans. *Food Research International*, 173, 113394. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113394>
- Sánchez-García, F., Neira, M. J., Palacios, V. M., & Roldán, A. M. (2024). From marine to fork: Effects of different cooking methods on the composition of sea lettuce. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 36, Artículo 100923. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100923>
- Sanjines Acosta, K. A. (2024). Comparación del aporte calórico de los menús de almuerzo más consumidos en restaurantes de diferente nivel socioeconómico, Lima, Callao, 2013. Repositorio institucional UNALM [Tesis posgrado].
- Schefer, S., Oest, M., & Rohn, S. (2021). Interactions between phenolic acids, proteins, and carbohydrates—Influence on dough and bread properties. *Foods*, 10(11), 2798. <https://doi.org/10.3390/foods10112798>
- Shorbagy, I. M., Yassin, S. A., Ali, G. I. E., & Alsokary, E. T. (2019). Effect of Freezing on Amino Acids and Fatty Acids Content in Fresh and Frozen Chicken Panie. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 62(2), 53-63. <https://doi.org/10.5455/ajvs.57698>


- Sogari, G., Pucci, T., Caputo, V., & Van Loo, E. J. (2023). The theory of planned behaviour and healthy diet: Examining the mediating effect of traditional food. *Food Quality and Preference*, 104, 104709. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104709>
- Tarazona-Meza, C. E., Hanson, C., Pollard, S. L., Romero Rivero, K. M., Galvez Davila, R. M., Talegawkar, S., Rojas, C., Rice, J. L., Checkley, W., & Hansel, N. N. (2020). Dietary patterns and asthma among Peruvian children and adolescents. *BMC Pulmonary Medicine*, 20(63). <https://doi.org/10.1186/s12890-020-1087-0>
- Tejada-Purizaca, T. R., Garcia-Chevesich, P. A., Ticona-Quea, J., Martínez, G., Martínez, K., Morales-Paredes, L., Romero-Mariscal, G., Arenazas-Rodríguez, A., Vanzin, G., Sharp, J. O., & McCray, J. E. (2024). Heavy Metal Bioaccumulation in Peruvian Food and Medicinal Products. *Foods*, 13(5), 762. <https://doi.org/10.3390/foods13050762>
- van Breda, S. G. J., & de Kok, T. M. C. M. (2018). Smart combinations of bioactive compounds in fruits and vegetables may guide new strategies for personalized prevention of chronic diseases. *Molecular Nutrition & Food Research*, 62(11), Article 1700597. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700597>
- Varas Condori, M. A., & de Camargo, A. C. (2023). Trypsin inhibitors, antinutrients or bioactive compounds? *Journal of Food Bioactives*, 22, 9-16. <https://doi.org/10.31665/JFB.2023.18344>
- Vernocchi, P., Del Chierico, F., & Putignani, L. (2020). Gut microbiota metabolism and interaction with food components. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10), Article 3688. <https://doi.org/10.3390/ijms21103688>
- Wagner, G., Lukyanenko, R., y Paré, G. (2022). Artificial intelligence and the conduct of literature reviews. *Journal of Information Technology*, 37(2), 209-226. doi:<https://doi.org/10.1177/02683962211048201>
- Westgard, C. M., Orrego-Ferreyros, L. A., Franco Calderón, L., & Rogers, A. M. (2021). Dietary intake, intestinal infection, and safe drinking water among children with anemia in Peru: a cross-sectional analysis. *BMC Nutrition*, 7(11). <https://doi.org/10.1186/s40795-021-00417-3>
- Williamson, G., Kay, C. D., & Crozier, A. (2018). The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: A review from a historical perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(5), 1040-1084. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12351>
- Xu, E., Chen, C., Fu, J., Zhu, L., Shu, J., Jin, M., Wang, Y., & Zong, X. (2021). Dietary fatty acids in gut health: Absorption, metabolism and function. *Animal Nutrition*, 7(4), 1337–1344. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.09.010>




**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN**

 **¡Hola Revista PAKAMUROS!**

 pakamuros@unj.edu.pe

 <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros>

 Carretera Jaén – San Ignacio Km24 – sector Yanuyacu – Jaén
Módulo de Ing. Civil – 4° piso