

INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR

En el área de Ingeniería y Ciencias Básicas





INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁREA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

COLECCIÓN RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Primera Edición 2024 Vol. 1

Editorial EIDEC

Sello Editorial EIDEC (978-958-53018)

NIT 900583173-1

Autores

Reynaldo Justino Silva Paz

Gregorio José Arone Gaspar

Edson Max Caro Degollar

Eulalia Vargas Tapia

José Nicolás Jiménez Bustamante

Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzales

Sarela Carmela Alfaro Cruz

Luis Primitivo Vargas Luna

Gladys Luz Garay Livia

Miguel Ángel Inga Sotelo

Yanett Yolanda Landívar Escalante

Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

Ana Melva Contreras Contreras

Hernán Edwin Verde Luján

ISBN: 978-628-96622-7-6

Formato: Digital PDF (Portable Document Format)

DOI: <http://doi.org/10.34893/q7388-1920-8587-s>

Publicación: Colombia

Fecha Publicación: 26/12/2024

Coordinación Editorial

Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia – EIDEC

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

Revisión y pares evaluadores

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

Coordinadores editoriales

Paula Alejandra Noguera

Editorial EIDEC

Dr. Cesar Augusto Silva Giraldo

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET – Colombia.

Dr. David Andrés Suarez Suarez

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES – Colombia.

El libro **INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁREA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS**, está publicado bajo la licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>). Esta licencia permite copiar, adaptar, redistribuir y reproducir el material en cualquier medio o formato, con fines no comerciales, dando crédito al autor y fuente original, proporcionando un enlace de la licencia de Creative Commons e indicando si se han realizado cambios.

Licencia: CC BY-NC 4.0.

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y los contenidos publicados en el libro **INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁREA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS** son de responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado por parte de la **Editorial EIDEC**.





INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁREA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS¹

MULTIDISCIPLINARY RESEARCH IN THE AREA OF ENGINEERING AND BASIC SCIENCES

Silva Paz, Reynaldo Justino²
Arone Gaspar, Gregorio José³
Edson Max Caro Degollar
Eulalia Vargas Tapia
José Nicolás Jiménez Bustamante
Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzales
Sarela Carmela Alfaro Cruz
Luis Primitivo Vargas Luna
Gladys Luz Garay Livia
Miguel Ángel Inga Sotelo
Yanett Yolanda Landívar Escalante
Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar
Ana Melva Contreras Contreras
Hernán Edwin Verde Luján

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁴

¹Derivado del proyecto de investigación: Investigación multidisciplinaria en el área de Ingeniería y Ciencias básicas.

²Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Barranca, Av. Toribio de Luzuriaga N° 376 Mz J. Urb. La Florida, Barranca 15169, Perú

³Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Barranca, Av. Toribio de Luzuriaga N° 376 Mz J. Urb. La Florida, Barranca 15169, Perú

⁴Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| Prologo..... | 08 |
| Resumen | 10 |
| Introducción | 12 |
| PARTE I: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS | 14 |
| Capitulo I: Características sensoriales de diferente snack tipo láminas de papa mediante el perfil flash con consumidores | 14 |
| Capitulo II: Efecto antimicrobiano del extracto de wiru-wiru (<i>Achyrocline satureioides</i>), escorzonera (<i>Perezia multiflora</i>) y huamanripa (<i>Senecio tephrosioides</i>) frente a coliformes | 26 |
| Capitulo III: Contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante de <i>Eucalyptos globulus</i> | 42 |
| Capitulo IV: Acidez titulable en yogur casero y comerciales..... | 55 |
| Capitulo V: Enseñanza de la asignatura de desarrollo de nuevos productos orientado a la producción de artículo científico | 65 |
| Capitulo VI: Cuantificación de ácido ascórbico en jugos naturales comercializados en la provincia de Barranca – Lima – Perú | 88 |
| PARTE II: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA AGRONÓMICA | 102 |
| Capitulo VII: Efectos de la incorporación de rastrojos de maíz (<i>Zea mays l.</i>) en la fertilidad del suelo en Barranca-Lima..... | 102 |
| Capitulo VIII: Calidad comercial de dos cultivares de papa (<i>Solanum tuberosum l.</i>) procedentes de tubérculos-semillas certificadas de sierra instaladas en Barranca, Lima. | 121 |
| Capitulo IX: Determinación de la conversión alimenticia en cuyes mejorados con alimentación mixta..... | 133 |
| Capitulo X: Efecto del cyantraniliprole + thiamethoxam para controlar mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis blanchard</i>), en papa (<i>Solanum tuberosum l.</i>), en Supe..... | 145 |

| | |
|---|-----|
| PARTE III: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA CIVIL | 160 |
| Capitulo XI: Caracterización de los agregados de la cantera julquillas y su grado de cumplimiento con las normas técnicas peruanas | 160 |
| Capitulo XII: Análisis de las propiedades índices del suelo en la avenida ancash de la urbanización la Florida - Barranca..... | 171 |
| | |
| PARTE IV: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN CIENCIAS BÁSICAS | 183 |
| Capitulo XIII: Evaluación de la calidad microbiológica de leche y queso fresco provenientes de puestos de venta de los mercados del distrito de Barranca..... | 183 |
| Capitulo XIV: Biosensores para la detección de mercurio en agua..... | 194 |



Prologo

La investigación es el motor que impulsa el progreso en cualquier campo, y en el ámbito de la ingeniería y las ciencias básicas, resulta fundamental para abordar los desafíos más complejos y desarrollar soluciones innovadoras al servicio de la sociedad. En este contexto, la investigación formativa multidisciplinar emerge en nuestra Universidad como una herramienta esencial, permitiendo a los investigadores integrar conocimientos y técnicas de diversas disciplinas para resolver problemas que trascienden, donde la investigación formativa se convierte en una actividad permanente y gradual en la formación universitaria.

En este libro, nos centramos en la investigación formativa multidisciplinar desarrollada por los docentes y estudiantes en el área de ingeniería y ciencias básicas, explorando cómo la colaboración entre expertos de distintos campos puede conducir a resultados más significativos y duraderos. Los capítulos que componen esta obra presentan ejemplos concretos de cómo la investigación formativa multidisciplinar ha sido utilizada para enfrentar desafíos en áreas como la ingeniería de industrias alimentarias, ingeniería agronómica, ingeniería civil y ciencias básicas, asimismo se ha contribuido en empoderar a los estudiantes en el logro de sus habilidades y competencias en la investigación científica y la cultura de la investigación.

La investigación formativa multidisciplinar no solo permite a los investigadores abordar problemas más complejos, sino que también fomenta la creatividad y la innovación. Al integrar conocimientos y técnicas de diferentes disciplinas, los investigadores pueden desarrollar soluciones más efectivas y eficientes, creando nuevos campos de estudio que no habrían sido posibles de otra manera.

Además, este libro aborda los desafíos y retos que enfrentan los investigadores en un entorno multidisciplinario con el acompañamiento de sus estudiantes. Se discuten las estrategias y técnicas que pueden ser utilizadas para superar estos obstáculos y garantizar el éxito de la investigación formativa multidisciplinar. En particular, se destaca la importancia de la formación continua, la adaptación de metodologías y el desarrollo de habilidades interdisciplinarias que potencien la colaboración y el aprendizaje mutuo entre los docentes y sus estudiantes.

Este libro es un homenaje a la investigación formativa multidisciplinar que da paso al trabajo conjunto entre los docentes y sus estudiantes, orientados a impulsar el progreso en el área de la ingeniería y las ciencias básicas de la Universidad Nacional de Barranca. Esperamos que los capítulos aquí presentados inspiren a investigadores y estudiantes a explorar las posibilidades de la investigación formativa multidisciplinar y a enfrentar los desafíos más complejos de manera innovadora y efectiva, promoviendo un aprendizaje continuo y colaborativo.



RESUMEN

Dentro del mundo de investigación existen diferentes áreas de estudio. En este libro se presentan los resultados de una investigación formativa multidisciplinaria desarrollada por los docentes y estudiantes en el área de la ingeniería y las ciencias básicas de la Universidad Nacional de Barranca. Los capítulos del libro exploran diferentes áreas de investigación, incluyendo ingeniería de industrias alimentarias, ingeniería agronómica, ingeniería civil y ciencias básicas. Las investigaciones en ingeniería de industrias alimentarias se centran en la optimización de procesos y la innovación en productos alimenticios, mientras que las investigaciones en ingeniería agronómica buscan mejorar la productividad y la sostenibilidad en la agricultura. Las investigaciones en ingeniería civil se enfocan en la planificación y el diseño de infraestructuras sostenibles, y las investigaciones en ciencias básicas exploran temas como la física, la química y la biología. Este libro, permite ver la aplicabilidad de la investigación formativa, investigación multidisciplinaria y su capacidad para impulsar el progreso en diferentes campos desarrollado por los docentes y estudiantes. Los resultados presentados en este libro pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de alimentos, desarrollar tecnologías y prácticas más eficientes para el cultivo y el manejo de los recursos naturales, y crear soluciones innovadoras para la planificación y el diseño de infraestructuras.

PALABRAS CLAVES: Investigación multidisciplinaria, ingeniería, ciencias básicas, investigación formativa, innovación.

ABSTRACT

Within the world of research there are different areas of study. This book presents the results of a multidisciplinary formative research developed by teachers and students in the area of engineering and basic sciences of the National University of Barranca. The book's chapters explore different areas of research, including food industry engineering, agronomic engineering, civil engineering, and basic sciences. Food industry engineering research focuses on process optimization and innovation in food products, while agronomic engineering research seeks to improve productivity and sustainability in agriculture. Civil engineering research focuses on the planning and design of sustainable infrastructure, and basic science research explores topics such as physics, chemistry, and biology. This book allows us to see the applicability of formative research, multidisciplinary research and its ability to promote progress in different fields developed by teachers and students. The results presented in this book can be used to improve efficiency and quality in food production, develop more efficient technologies and practices for the cultivation and management of natural resources, and create innovative solutions for infrastructure planning and design.

KEYWORDS: Multidisciplinary research, engineering, basic sciences, formative research, innovation



INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Barranca es pionera en el desarrollo de investigaciones multidisciplinarias en investigación formativa llevada a cabo por docentes y estudiantes del área de ingeniería y las ciencias básicas. En este libro, presentamos los resultados de una investigación formativa multidisciplinaria que ha reunido a expertos de diferentes campos para abordar desafíos en el ámbito de la ingeniería y las ciencias básicas.

La investigación multidisciplinaria es un enfoque que integra conocimientos y técnicas de diferentes disciplinas para abordar problemas complejos y crear soluciones innovadoras. En este libro, hemos reunido a expertos de la Universidad Nacional de Barranca para explorar cómo la colaboración entre ingenieros y científicos básicos puede llevar a resultados más significativos y trascendentales.

Los capítulos que componen este libro presentan los resultados de investigaciones realizadas por docentes y sus estudiantes en las diferentes áreas de la ingeniería y las ciencias básicas. En la parte I, se exploran las investigaciones en ingeniería de industrias alimentarias, abordando temas como la optimización de procesos y la innovación en productos alimenticios. Estas investigaciones tienen como objetivo mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de alimentos, lo que es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar de la población.

En la parte II, se presentan las investigaciones en ingeniería agronómica, enfocadas en la mejora de la productividad y la sostenibilidad en la agricultura. Estas investigaciones buscan desarrollar tecnologías y prácticas más eficientes para el cultivo y el manejo de los recursos naturales, lo que es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la producción sostenible de cosechas.

La parte III se centra en las investigaciones en ingeniería civil, abordando temas como la planificación y el diseño de infraestructuras sostenibles. Estas investigaciones tienen como objetivo desarrollar soluciones innovadoras para la planificación y el diseño de infraestructuras que sean más eficientes y sostenibles, lo que es fundamental para garantizar el bienestar de la población y el desarrollo económico.

Finalmente, la parte IV se enfoca en las investigaciones en ciencias básicas, explorando temas como física, química y biología. Estas investigaciones buscan avanzar en el conocimiento científico y desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones que puedan ser utilizadas en diferentes campos.

En este libro, esperamos que los lectores encuentren inspiración en los resultados de estas investigaciones y se sientan motivados para seguir explorando las posibilidades de la investigación multidisciplinaria en el área de la ingeniería y las ciencias básicas. Además, esperamos que los resultados presentados en este libro contribuyan a impulsar el progreso en diferentes campos y a mejorar la calidad de vida de la población.



PARTE I: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PART I: ADVANCES IN RESEARCH IN FOOD INDUSTRIES ENGINEERING

Capítulo I: Características sensoriales de diferente snack tipo láminas de papa mediante el perfil flash con consumidores

Chapter I: Sensory characteristics of different snacks such as potato slices through the flash profile with consumers

Reynaldo Justino Silva-Paz*¹, Maricarmen P. Artiaga-Reyes², Maricielo Santos-Ramírez³,

RESUMEN

El estudio se centra en la caracterización sensorial de cinco muestras comerciales de snacks tipo láminas de papa (Marcas A, B, C, D y E). Para garantizar representatividad, se seleccionaron productos que abarcaran diversas marcas, formulaciones y procesos de fabricación. Un panel de 15 evaluadores, con experiencia en el consumo de este tipo de snacks, fue sometido a sesiones de entrenamiento para utilizar el perfil flash, un método que evalúa simultáneamente múltiples atributos sensoriales como sabor, textura, aroma y apariencia visual. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando técnicas multivariadas, incluido el análisis Procrustes generalizado. Los resultados revelaron que las fases de traslación y rotación influyeron significativamente en la reducción de la variabilidad de las configuraciones evaluadas. La prueba de consenso entre consumidores y muestras mostró que algunas muestras tuvieron un consenso similar, mientras que otras presentaron variabilidad en los atributos sensoriales proporcionados por los consumidores. La evaluación de las muestras mediante el perfil flash generó una representación bidimensional que explicó el 75.24% de la variabilidad de los datos. Se identificaron cuatro grupos de muestras con características sensoriales específicas. En conclusión, el uso del perfil flash demostró ser eficaz para la caracterización rápida de snacks tipo láminas de papa, ofreciendo una plataforma valiosa para futuras investigaciones y el desarrollo de nuevos productos. La

¹ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: rsilva@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: marteagar201@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: msantos202@unab.edu.pe

muestra C se destacó por su consenso entre los consumidores, destacando la utilidad y confiabilidad de la técnica en la evaluación sensorial de productos alimentarios, promoviendo la mejora continua en la calidad de los snacks.

PALABRAS CLAVE: Snack, hojuelas, perfil flash, consumidores, papas.

ABSTRACT

The study focuses on the sensory characterization of five commercial samples of potato slice snacks (Brands A, B, C, D and E). To ensure representativeness, products were selected that spanned diverse brands, formulations, and manufacturing processes. A panel of 15 evaluators, with experience in consuming this type of snacks, underwent training sessions to use the flash profile, a method that simultaneously evaluates multiple sensory attributes such as flavor, texture, aroma and visual appearance. Statistical analysis of the data was performed using multivariate techniques, including generalized Procrustes analysis. The results revealed that the translation and rotation phases significantly influenced the reduction of the variability of the evaluated configurations. The consensus test between consumers and samples showed that some samples had a similar consensus, while others presented variability in the sensory attributes provided by consumers. The evaluation of the samples using the flash profile generated a two-dimensional representation that explained 75.24% of the data variability. Four groups of samples with specific sensory characteristics were identified. In conclusion, the use of the flash profile proved to be effective for the rapid characterization of potato slice-type snacks, offering a valuable platform for future research and the development of new products. Sample C stood out for its consensus among consumers, highlighting the usefulness and reliability of the technique in the sensory evaluation of food products, promoting continuous improvement in the quality of snacks.

Keywords: Snack, flakes, flash profile, consumers, potatoes.

INTRODUCCIÓN:

La creciente competencia en el mercado alimentario ha elevado la importancia de comprender a fondo las preferencias del consumidor y las características sensoriales que definen la aceptación de un producto. En este contexto, los snacks tipo láminas de papa se erigen como un sector clave, capturando la atención de consumidores de todas las edades. La elección de estos snacks no solo se basa en criterios nutricionales, sino que también está fuertemente influenciada por la experiencia sensorial que ofrecen, que abarca aspectos como el sabor, la textura, el aroma y la apariencia visual (Lawless & Heymann, 2013).

La evaluación sensorial de alimentos constituye un campo esencial en la investigación científica y la industria alimentaria, ofreciendo una herramienta fundamental para comprender la interacción entre los consumidores y los productos alimenticios. Desempeña un papel crucial en la formulación y mejora continua de productos alimenticios. Desde la perspectiva del consumidor, la percepción de la calidad de un producto está estrechamente ligada a la experiencia sensorial que proporciona. Factores como el sabor, la textura y el aroma son determinantes en la aceptación y preferencia del consumidor, influyendo directamente en las decisiones de compra. En este sentido, técnicas avanzadas como el perfil flash permiten una evaluación rápida y precisa de estos atributos, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en la industria alimentaria. El perfil flash, desarrollado como una extensión de métodos tradicionales de perfil sensorial, se ha consolidado como una herramienta eficaz para la evaluación rápida y simultánea de múltiples atributos sensoriales. Este método implica la presentación rápida de muestras al panel de evaluadores, quienes emiten juicios inmediatos sobre los atributos sensoriales predefinidos. La rapidez de este enfoque minimiza la fatiga sensorial y permite capturar las percepciones inmediatas de los evaluadores, proporcionando una visión detallada de la calidad sensorial de los productos (Stone & Sidel, 2004; Meilgaard, Civille & Carr, 2006)

Este estudio pretende aportar significativamente al campo de la evaluación sensorial de alimentos, específicamente en el ámbito de los snacks tipo láminas de papa. Al identificar los atributos sensoriales clave y comprender su influencia en la percepción del consumidor, se espera proporcionar información valiosa para la formulación de productos, la diferenciación en el mercado y la mejora continua de la calidad. Asimismo, los resultados

obtenidos pueden servir como base para futuras investigaciones en el área de la evaluación sensorial y la ciencia de alimentos (Ares & Deliza, 2010; Stone & Sidel, 2004). El objetivo principal de este estudio es realizar una caracterización sensorial de snacks tipo láminas de papa mediante la aplicación del perfil flash. Buscando identificar y comprender los atributos sensoriales clave que impactan en la percepción del consumidor, permitiendo una evaluación precisa y detallada de la calidad organoléptica de estos productos. Este enfoque integral no solo contribuirá al conocimiento científico en el campo de la evaluación sensorial, sino que también proporcionará información valiosa para la industria alimentaria, facilitando la formulación de productos más atractivos y adaptados a las preferencias del consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Muestra

La seleccionaron cinco muestras comerciales (Marca A, B, C, D y E) para este estudio, para ello se consideró una variedad de snacks tipo láminas de papa disponibles en el mercado. Se procuró incluir productos que representaran diversas marcas, formulaciones y procesos de fabricación con el fin de obtener resultados representativos y generalizables. En la tabla 1, se presentan la lista de ingredientes y la información nutricional de las hojuelas de papas seleccionadas.

Panel de Evaluadores

Se reclutó un panel de consumidores con experiencia en el consumo de snack de papas laminadas. Los participantes fueron sometidos a sesiones de entrenamiento para familiarizarse con el perfil flash y los atributos sensoriales específicos a evaluar en los snacks tipo láminas de papa.

Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo en condiciones controladas de iluminación y temperatura. Los evaluadores utilizaron el perfil flash, un método rápido y preciso que permite la evaluación simultánea de múltiples atributos sensoriales, como sabor, textura, aroma y apariencia visual. En una etapa inicial se registraron las respuestas sensoriales

mediante una lista de atributos sensoriales generados por los consumidores y en una segunda etapa los evaluadores utilizando escalas de ordenación en base a los atributos descriptivos específicos de los snacks tipo láminas de papa.

Tabla 1 – Características de las diferentes muestras de hojuelas de papa utilizados

| Marca | Ingredientes | Información nutricional |
|-------|--|--|
| A | Papas, aceite de girasol (TBHQ) y sal Puede contener trigo (gluten), leche y soya | Cantidad por 100 g Energía 550 Kcal, proteínas 6.48 g, Grasas total 33.8 g, Colesterol 0 mg, Hidratos de carbono 55.4 g, Sodio 397 mg. |
| B | Papa, aceite de girasol alto oleico, sal de mar. | Cantidad de porción 100 g Energía 504 Kcal, proteínas 7.7 g, Grasas total 25 g, Colesterol 0 mg, Hidratos de carbono 47 g, Sodio 384 mg. |
| C | Papa, aceite y sal. | Cantidad de porción 100 g Energía 496 Kcal, proteínas 6 g, Grasas total 26.8 g, Colesterol 0 mg, Hidratos de carbono 58.8 g. |
| D | Papas, aceite vegetal y sal. (Puede contener maní, soja, leche, huevo, sulfitos y derivados de trigo). | Cantidad de porción 100 g Energía 555 Kcal, proteínas 6 g, Grasas total 35 g, Colesterol 0 mg, Fibra 1.7 g, Hidratos de carbono 54 g, Sodio 552 mg. |
| E | Papas deshidratadas, aceite de algodón, almidón de maíz, amarillo desgerminado, harina de arroz, maltodextrina, mono y diglicéridos (emulsificantes NS 471), sal, dextrosa de trigo (contiene gluten y derivados de trigo) | Cantidad de porción 25 g Energía 132 Kcal, proteínas 1 g, Grasas total 8 g, Colesterol 0 mg, Fibra 1.3 g, Hidratos de carbono 14 g, Sodio 87 mg. |

Análisis Estadístico

Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando software especializado. Se aplicaron técnicas multivariadas para identificar patrones de preferencia y asociaciones entre los atributos sensoriales evaluados. Cada evaluador recibió una serie de muestras codificadas de manera aleatoria para evitar sesgos en la evaluación. Además, se

utilizó el análisis Procrustes generalizado para el tratamiento de los datos obtenidos mediante el perfil flash. Se utilizó programa XLSTAT 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Procrustes Generalizado mediante el Perfil Flash

La Tabla 2 presenta los resultados del Análisis de Varianza del Procrustes Generalizado (PANOVA), que resume la eficacia de cada transformación o permutación del Análisis Procrustes Generalizado (APG) en términos de reducción de la variabilidad total. Se observa que las fases de traslación y rotación tuvieron un impacto significativo en la disminución de la variabilidad de las configuraciones, mientras que el escalamiento no mostró un efecto significativo en la contribución de las permutaciones a la variabilidad de las configuraciones. La evaluación sensorial mediante el Perfil Flash involucró la participación de 15 consumidores, una cifra consistente con estudios anteriores, como los de Dairou y Sieffermann (2002) y Delarue y Sieffermann (2004), quienes contaron con 4 y 8 consumidores, respectivamente. La elección de este número de consumidores se fundamenta en la búsqueda de obtener un perfil más cercano a la percepción del consumidor final, siguiendo la recomendación de Thamke et al. (2009). Estos autores sugirieron trabajar con un número similar de consumidores en un estudio de descripción de chocolate utilizando la técnica del Perfil de Libre Elección.

Tabla 2 – Análisis de varianza mediante el procruster generalizado.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F | p-value |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|----------|
| Residuos después del escalamiento | 126 | 159.451 | 1.265 | | |
| Escalamiento | 14 | 3.671 | 0.262 | 0.207 | 0.999 |
| Residuos después de la rotación | 140 | 163.122 | 1.165 | | |
| Rotación | 140 | 364.238 | 2.602 | 2.056 | < 0.0001 |
| Residuos después de la traslación | 280 | 527.360 | 1.883 | | |
| Traslación | 70 | 210.373 | 3.005 | 2.375 | < 0.0001 |
| Total corregido | 350 | 737.733 | 2.108 | | |

Prueba de consenso entre los consumidores y muestras

La Fig. 1a presenta los residuos de cada consumidor (juez) luego de la evaluación del análisis procruster generalizado (APG), donde el residuo fue mayor para el consumidor 6 y 7, lo cual indicó que estos consumidores estuvieron más alejados del consenso, es decir, que los atributos dados por este consumidor fueron ligeramente diferentes a los del consenso, los atributos que proporcionó fueron distintos a los de otros consumidores. Similar comportamiento se observó en los consumidores 4, 8, 12 y 14. Además, se puede destacar que los residuos de los otros consumidores fueron relativamente similares entre sí. Para la Fig. 1b permite visualizar los factores de puesta en escala del APG, para las muestras donde se observa que las muestras tuvieron similares residuos, es decir que todas las muestras tuvieron un consenso similar, aunque fue mejor el consenso para la muestra B y C.

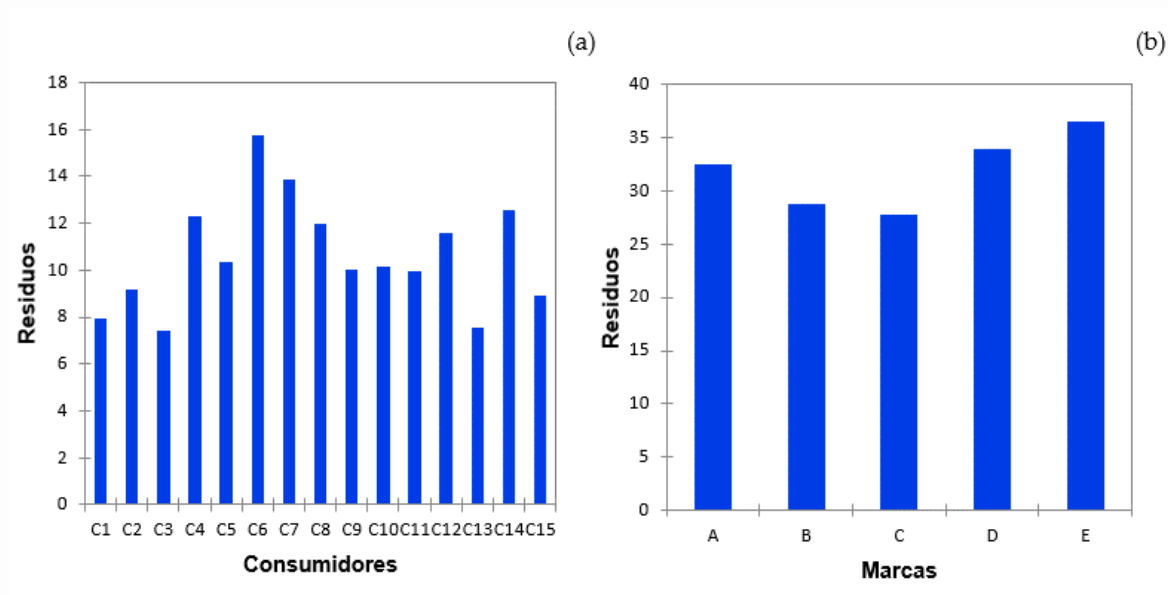


Figura 1. *Residuos obtenidos mediante APG para los consumidores (a) y los snacks de papa (b)*

Evaluación de las muestras aplicando el Perfil Flash

El resultado del análisis del perfil flash representado en dos dimensiones, el cual explicó el 75.24 % de total de la variabilidad de los datos (Fig. 2). Este valor fue similar a los obtenidos por Ramírez-Rivera et al. (2010), Ramírez-Rivera et al. (2009), Dairou y

Sieffermann (2002) y Gamboa et al. (2012) quienes informaron valores de 83.23, 82.39, 69 y 72.69 % en la caracterización sensorial de hamburguesas de pescado barrilete, camarón ahumado, mermeladas y queso tipo Manchego, respectivamente.

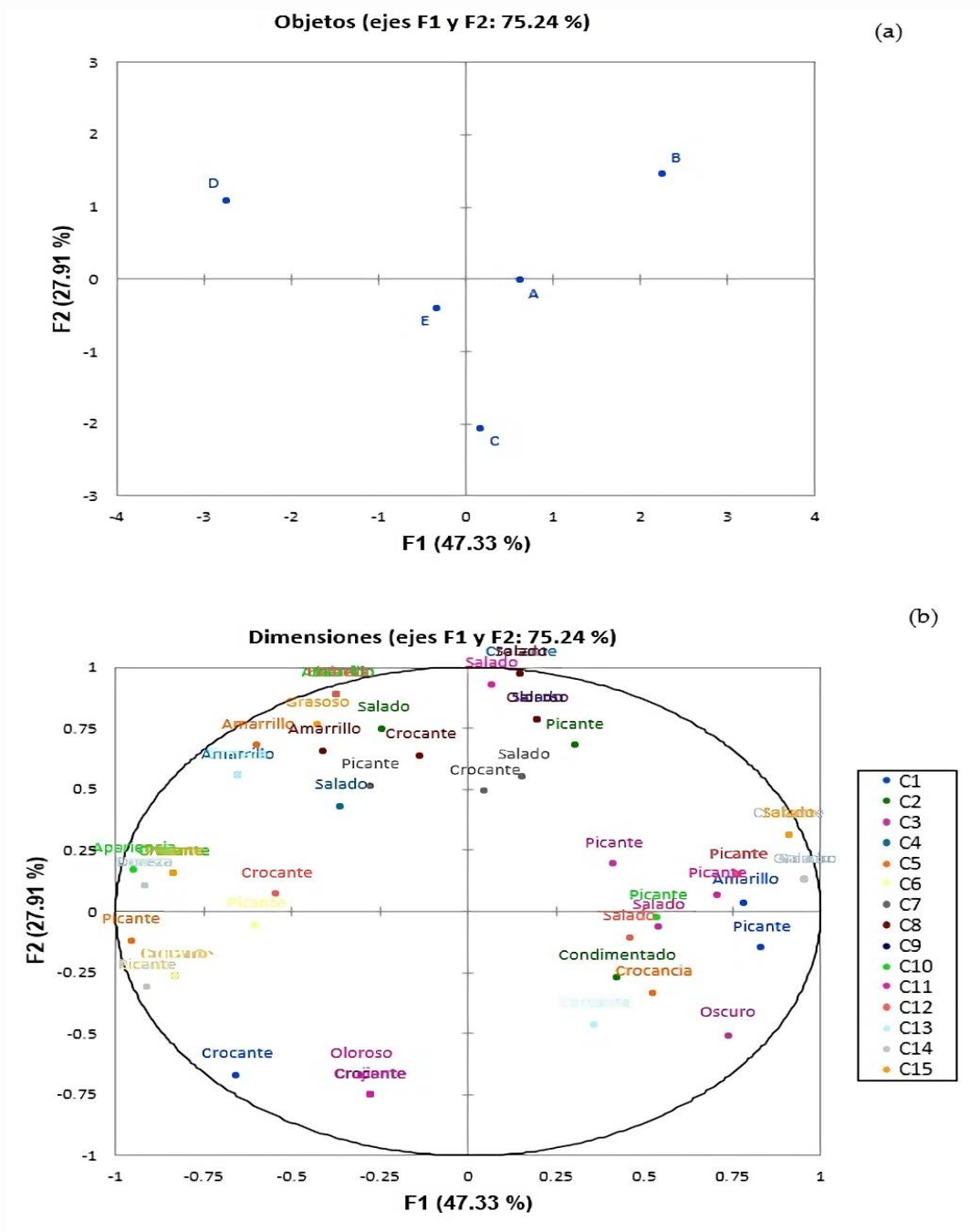


Figura 2. Gráficos obtenidos mediante el perfil flash: Muestras (a) y atributos (b) de snacks de papas de diferentes marcas

En la Fig. 2a, se observa la ubicación de los productos. Se aprecia la formación de 4 grupos en las dos dimensiones. El primer grupo conformado por las muestras A y E, que fueron similares entre sí, el segundo, tercer y cuarto grupo fue la muestra D, B y C, respectivamente, los cuales fueron diferentes entre las muestras en estudio. En la Fig. 2b, se observó que la primera dimensión estuvo relacionada principalmente (>0.6) con diferencias de sabor, color y textura entre las muestras, así como con los términos: crocante, oscuro y picante. La segunda dimensión fue explicada mejor (>0.6) por los términos de sabor, textura, color y olor: salado, amarillo, picante y crocante. Según Kobayashi y Benassi (2012) solo los descriptores con coeficientes de correlación igual o superior a 0.60 (valor absoluto) y a la vez citados por varios consumidores, deben ser utilizados para visualizar las relaciones entre las muestras y los atributos. En base a relación entre la figura 1 a y b. La muestra A y E, fueron descritas como condimentadas y crocantes. La muestra D se caracterizó por amarilla, picante y salada. Por otro lado, el grupo compuesto por la muestra B, se describió por los picante y poco crocante y bajo olor. La muestra C, se caracterizó por tener olor, crocante y oscura, siendo las muestras más agradables de toda la evaluación. Al describir la muestra A y E, estas son debido a su composición. Pangborn et al. (1978) estudiaron el efecto de los hidrocoloides (goma xantana, entre otros) en la viscosidad aparente y las propiedades sensoriales de bebidas, donde observaron que el aumento de la concentración de dichos elementos produce cambios significativos en las intensidades de sabor y aroma. Asimismo, Nishinari (2006) menciona que la intensidad percibida de sabores básicos en la boca disminuye con el aumento de la textura del producto. Todas las muestras en esta investigación presentaron similares ingredientes y su aporte nutricional fue similar entre ellas.

CONCLUSIÓN

La aplicación de la técnica de Perfil Flash en la caracterización de snacks o hojuelas de papas ha emergido como un enfoque eficaz para identificar rápidamente atributos distintivos que diferencian las muestras. Los atributos sensoriales específicos de las hojuelas de papa, obtenidos mediante esta metodología, no solo enriquecen los resultados del estudio, sino que también ofrecen una plataforma esencial para futuras investigaciones, fomentando el desarrollo y la optimización de nuevos productos. La participación de consumidores en la evaluación sensorial mediante Perfil Flash, al eliminar sesiones de entrenamiento y costos asociados con la generación de atributos sensoriales, se revela como un recurso eficiente y económico. La muestra C, caracterizada por un olor distintivo, textura crocante y tono oscuro, refleja un consenso significativo entre los consumidores, demostrando la utilidad y confiabilidad de la técnica. Además de simplificar la evaluación sensorial, el Perfil Flash facilita la generación de términos sensoriales específicos, proporcionando información valiosa para mejorar formulaciones y establecer criterios de calidad en la industria de snacks, promoviendo así la mejora continua en la oferta de productos alimentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Ares, G., & Deliza, R. 2010. Studying the influence of package design on consumer perceptions of product and brand. *Food Quality and Preference*, 21(6), 629-641.
- Dairou, V. and Sieffermann, J.M. 2002. A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. *Journal of Food Science* 67(2):826-834.
- Delarue, Julien and Sieffermann, Jean Marc. 2004. Sensory mapping using flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*. 15(4):383-392
- Gamboa-Alvarado, José Guadalupe; Almaraz, Daniela Rojas y Ramírez-Rivera, Emmanuel de Jesús. 2012. Calidad fisicoquímica y sensorial de queso tipo Manchego durante la maduración. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12(4):929-938
- Kobayashi, Marcela Lika e Benassi, Marta de Toledo. 2012. Caracterização sensorial de cafés solúveis comerciais por Perfil Flash. *Semina: Ciências Agrárias*. 33(2):3081-3092.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. 2013. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Springer Science & Business Media.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. 2006. *Sensory Evaluation Techniques* (4th ed.). CRC Press.
- Nishinari, K. 2006. Polysaccharide rheology and in-mouth perception. In *Food polysaccharides and their applications*. (2nd. ed.). (pp. 541-588). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Pangborn, Rose Marie; Gibbs, Ziaieh Misaghi and Tassan, Catherine. 1978. Effect of hydrocolloids on apparent viscosity and sensory properties of selected beverages. *Journal of Texture Studies*. 9(4):415-436.
- Ramírez-Rivera, Emmanuel de J.; RamónCanul, Lorena Guadalupe; HuanteGonzález, Yolanda; Shaín-Mercado, Amado Jorge; Bravo-Delgado, Humberto Rafael y Martínez-Liébana, Concepción. 2009. Caracterización sensorial del camarón ahumado (*Litopenaeus vannamei*) mediante la técnica perfil flash. *Ciencia y Mar*. XIII(38):27-34
- Ramírez-Rivera, Emmanuel de Jesús; RamónCanul, Lorena Guadalupe; CamachoEscobar, Marco Antonio; Reyes-Borques, Virginia; Rodríguez-delaTorre, Mabel y Shaín-Mercado, Amado Jorge. 2010. Correlación entre el perfil descriptivo cuantitativo y perfil flash de hamburguesas de pescado de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). *Nacameh*. 4(2):55-68.

Stone, H., & Sidel, J. L. 2004. *Sensory Evaluation Practices* (3rd ed.). Elsevier Academic Press.

Thamke, Ines; Dürschmid, Klaus and Rohm, Harald. 2009. Sensory description of dark chocolates by consumers. *LWT-Food Science and Technology*. 42(2):534-539.



Capítulo II: Efecto antimicrobiano del extracto de wiru-wiru (*Achyrocline satureioides*), escorzonera (*Perezia multiflora*) y huamanripa (*Senecio tephrosioides*) frente a coliformes

Chapter II: Antimicrobial effect of wiru-wiru (*Achyrocline satureioides*), escorzonera (*Perezia multiflora*) and huamanripa (*Senecio tephrosioides*) extract against coliforms

Maricarmen Arteaga¹, Yubitza Huaman², Gianella Rosales³, Edson Caro-Degollar⁴

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto antimicrobiano de los extractos de tres plantas medicinales peruanas: Wiru-Wiru (*Achyrocline satureioides*), Escorzonera (*Perezia multiflora*) y Huamanripa (*Senecio tephrosioides*) frente a coliformes, con el fin de abordar la problemática de las enfermedades transmitidas por alimentos y la creciente resistencia bacteriana a los antibióticos. Se realizó un diagnóstico microbiológico de coliformes totales utilizando una serie de etapas, desde el preenriquecimiento hasta la purificación de los coliformes. Posteriormente, se recolectaron hojas de las plantas mencionadas en el mercado "El Ángel" en Barranca-Perú, y se obtuvieron extractos etanólicos siguiendo un proceso de deshidratación, pulverización y maceración en etanol. Se evaluó la actividad antimicrobiana de estos extractos mediante la técnica de difusión en agar con discos impregnados con los extractos y se midió el diámetro de los halos de inhibición en placas de cultivo. Los resultados mostraron halos de inhibición en algunos casos, pero no se observó un efecto antimicrobiano significativo en ninguno de los extractos de las plantas evaluadas contra los coliformes. Además, se evidenció una alta resistencia de las cepas de coliformes frente al extracto etanólico de Escorzonera y al extracto puro de Wiru-Wiru, con una resistencia del 100%. Este estudio no encontró un efecto antimicrobiano significativo de los extractos de Wiru-Wiru, Escorzonera y Huamanripa contra los coliformes, lo que sugiere

¹ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: marteagar201@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: yhuamanp201@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: grosalesm202@unab.edu.pe

⁴ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: ecaro@unab.edu.pe

que, a pesar de su uso tradicional, estas plantas no presentan actividad antimicrobiana destacable contra este grupo bacteriano.

PALABRAS CLAVE: Prevalencia, sensibilidad, bioactividad, extractos vegetales, antibiograma.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the antimicrobial effect of extracts from three Peruvian medicinal plants: Wiru-Wiru (*Achyrocline satureioides*), Escorzonera (*Perezia multiflora*), and Huamanripa (*Senecio tephrosioides*) against coliforms, in order to address the issue of foodborne diseases and the increasing bacterial resistance to antibiotics. A microbiological diagnosis of total coliforms was performed using a series of stages, from pre-enrichment to the purification of coliforms. Subsequently, leaves from the aforementioned plants were collected at the "El Ángel" market in Barranca, Peru, and ethanolic extracts were obtained through a process of dehydration, pulverization, and maceration in ethanol. The antimicrobial activity of these extracts was evaluated using the agar diffusion technique with discs impregnated with the extracts, and the inhibition zone diameters were measured on culture plates. The results showed inhibition zones in some cases, but no significant antimicrobial effect was observed for any of the plant extracts evaluated against the coliforms. Additionally, a high resistance of the coliform strains was evidenced against the ethanolic extract of Escorzonera and the pure extract of Wiru-Wiru, with a resistance of 100%. This study did not find a significant antimicrobial effect of the extracts of Wiru-Wiru, Escorzonera, and Huamanripa against coliforms, suggesting that, despite their traditional use, these plants do not exhibit remarkable antimicrobial activity against this bacterial group

Keywords: Prevalence, susceptibility, bioactivity, plant extracts, antibiogram

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una amplia riqueza de plantas medicinales con más de 4.000 especies, muchas de estas poseen una actividad antimicrobiana que es conocida por la población, sin embargo, no han sido analizadas a fondo para determinar cuáles son sus beneficios, pasando muchas veces desapercibidas (Carranza et al., 2022). La mayor parte de estas plantas medicinales han sido sometidas a estudios y han demostrado tener efectos antifúngicos y antibacterianos. Algunas de estas son de uso popular como la *Aloysia citriodora* (Cedrón), *Piper carpunya* (Guaviduca), *Taraxacum officinale* (Diente de león), *Ageratum conyzoides* (Mastrante) entre otras (Azüero et al., 2016).

El Perú cuenta con una gran diversidad de plantas medicinales, con más de 4,000 especies identificadas, muchas de las cuales son conocidas por la población debido a sus propiedades antimicrobianas. No obstante, estas plantas a menudo no han sido estudiadas en profundidad para determinar sus beneficios específicos, quedando en ocasiones subestimadas (Carranza et al., 2022). Numerosos estudios han corroborado las propiedades antifúngicas y antibacterianas de varias de estas especies, destacándose su potencial en la lucha contra patógenos microbianos; entre las más populares se encuentran *Aloysia citriodora* (Cedrón), *Piper carpunya* (Guaviduca), *Taraxacum officinale* (Diente de león), *Ageratum conyzoides* (Mastrante), entre otras (Azüero et al., 2016).

De igual manera Zampini et al. (2007), respalda que existen nuevas investigaciones de estas plantas, debido a que sus efectos muestran un gran potencial antimicrobiano. La familia de los *Senecios*, suele contener flavonoides que son los encargados de la inhibición de esporas y su comportamiento bacteriostático y antifúngico (Deuschle et al., 2006). La Huamanripa (*Senecio tephrosioides*) se caracteriza especialmente en aliviar las afecciones respiratorias y dolencias, teniendo un efecto antibacteriano, relajante y antiinflamatorio (Nieto et al., 2022). En investigaciones realizadas se ha podido comprobar la acción antibacteriana que tienen frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli* (El-Shazly, 2002).

La escorzonera (*Perezia multiflora*) abunda más en la puna de la serranía peruana, es empleado como expectorante en el tratamiento del resfriado común y también antiinflamatorio (Félix et al., 2000). Se utiliza con fines medicinales usando solamente las hojas (sobre todo las jóvenes) y las raíces (Bussmann & Glenn, 2010).

El Wiru-Wiru (*Achyrocline satureioides*) es una planta medicinal originaria de la región andina del Perú, reconocida por su bajo costo y fácil disponibilidad (Pauro et al., 2011). Esta planta es ampliamente utilizada por la población debido a sus propiedades curativas, aunque hasta el momento, existe poca investigación sobre su potencial como inhibidor microbiano, especialmente frente a coliformes (Anaya et al., 2020). Además los estudios indican que la fuerte actividad antibacteriana que muestran los compuestos de la planta podrían ocupar un lugar muy importante en la lista de fármacos antibacterianos que se utilizan hoy en día (Joray et al., 2011).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son una de las causas principales de las enfermedades comunes de la población, tanto que no se llega a tener una estadística precisa de ello y se debe gracias a la contaminación microbiana frecuente de los alimentos (OMS, 2020).

Los coliformes son un problema de vida diaria, ya que causa diarreas, cólicos estomacales y vómito en toda persona que ingiere este microorganismo, esto puede deberse no solo a que el alimento sea contaminado en un proceso industrial o casero sino también que sea infectado en el riego por estar en contacto con el suelo y agua de riego que hayan sido previamente contaminados (Abarca, 2015).

La resistencia de las bacterias a los antibióticos sigue en aumento a nivel mundial, afectando tanto a bacterias como a otras especies microbianas, las cuales pueden transmitirse a los seres humanos principalmente a través de los alimentos (Peña et al., 2014). Una posible solución radica en la búsqueda de compuestos bioactivos en plantas que posean actividad antibacteriana contra patógenos relevantes para la salud humana. Las plantas se destacan como una fuente potencial de agentes antibacterianos debido, en gran parte, a los compuestos fenólicos que producen como metabolitos secundarios (Pandey & Kumar, 2013).

De igual manera se usan inhibidores de manera natural sin recurrir a sustancias que pueden poner en peligro la seguridad alimentaria (Sonali et al., 2012; Carballo et al., 2005).

El objetivo de esta investigación fue comprobar el efecto antimicrobiano del extracto de Wiru Wiru, Escorzonera y Huamanripa en diferentes concentraciones de manera conjunta e individual frente a coliformes.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Diagnóstico microbiológico de coliformes totales

Para el aislamiento de coliformes se siguió la metodología propuesta por González (2014) en la que menciona 4 etapas a seguir, además se realizaron algunas modificaciones para obtener los coliformes y conservarlos:

a. Etapa de Preenriquecimiento

En esta etapa, las células de coliformes que se encuentran en matrices definidas se normalizan para un desarrollo perfecto y todos los microorganismos compiten por los nutrientes (Basualdo et al., 2001). Se utilizó un medio no selectivo, como agua con peptona, y se esterilizaron seis tubos de ensayo junto con una pipeta a 121°C durante 15 minutos. Posteriormente, se inoculó el medio en los tubos y se reesterilizó a la misma temperatura y tiempo. Se hizo la siembra con una concentración de 1% y se incubó de 18 a 24 horas a 37°C.

b. Etapa de Enriquecimiento Selectivo

Esta etapa estimuló y favoreció el crecimiento de coliformes totales descartando que algún otro microorganismo ajeno crezca; el medio de cultivo utilizado fue el Rappaport-Vasiliadis (RV), que contiene verde malaquita el cual cumple una función inhibitoria, siendo así que se enriquezca solo el microorganismo que se desea trabajar (Basualdo et al., 2001).

c. Etapa de aislamiento en medios selectivos

Durante esta fase, se logró la distinción entre las colonias de coliformes y otras bacterias mediante el uso de agar McConkey. El proceso de siembra se llevó a cabo por duplicado, empleando matraces de 250 ml previamente esterilizados y con agua destilada. A continuación, se hirvieron durante un minuto para asegurar la completa disolución del medio, luego se dejaron enfriar hasta su estado líquido. Una vez enfriados, pero aún en estado líquido, se distribuyeron en seis placas de Petri. Una vez solidificado el agar, se procedió a la siembra utilizando un asa bacteriológica y siguiendo el método del estriado. Las placas fueron luego incubadas a 37°C durante un periodo de 24 a 72 horas, siguiendo el protocolo descrito por Borie et al. (2008).

d. Purificación de coliformes totales

El método utilizado para la purificación del microorganismo fue el estriado, se tomó con ayuda del asa bacteriológica la muestra de las placas ya incubadas con resultados positivos para la bacteria, y se sembraron en nuevas placas que fueron previamente esterilizadas en la autoclave, el procedimiento de preparación para el medio utilizado fue el agar nutritivo. Posteriormente fueron llevadas a congelación (-80°C) para su conservación.

2. Obtención de la muestra y extracto etanólico

Las hojas de las plantas medicinales utilizadas en el estudio se adquirieron en el mercado “El Ángel” de la provincia de Barranca, empleando bolsas nuevas para su recolección. Posteriormente, fueron trasladadas al laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Universidad Nacional de Barranca. Las especies seleccionadas incluyeron Wiru Wiru, Escorzonera y Huamanripa (Huamán et al., 2022). La extracción siguió la metodología propuesta por Pimentel et al. (2015). Se recolectaron aproximadamente 2 kg de hojas por planta, las cuales se lavaron con agua destilada y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24 horas, evitando la luz solar directa. Posteriormente, se deshidrataron en una estufa a 37 °C durante otras 24 horas. Una vez secas, las hojas se inspeccionaron para eliminar aquellas con signos de hongos, se trituraron y almacenaron en frascos de vidrio, añadiendo 1 litro de etanol químicamente puro por cada 100 g de material triturado. El proceso de maceración se llevó a cabo a temperatura ambiente durante ocho días, tras lo cual el macerado fue filtrado con papel Whatman N°40. Los residuos se sometieron a una segunda maceración durante otros ocho días, repitiendo el filtrado. Finalmente, el filtrado obtenido fue sometido a destilación para eliminar aproximadamente el 90% del etanol. Como resultado, se obtuvieron 50 ml de extracto de 800 ml de Escorzonera, 50 ml de extracto de 500 ml de Wiru Wiru y 100 ml de extracto de 800 ml de Huamanripa (Kahrman et al., 2011).

3. Método para verificación de su actividad antimicrobiana

Para evaluar la capacidad antimicrobiana, se utilizó la técnica de difusión en agar con discos de papel filtro esterilizados de 7 mm de diámetro. A cada disco se le aplicaron 5 µL del extracto etanólico, preparado disolviendo 20 mg de extracto seco en 1 mL de disolvente

(Rangel et al., 2001; Borges-Argáez et al., 2007). Los discos impregnados se dejaron secar en una campana de flujo laminar hasta que el disolvente se evaporara por completo.

El procedimiento para preparar el inóculo bacteriano se llevó a cabo con modificaciones al protocolo de Bernal y Guzmán (1984). Dos colonias de coliformes fueron cultivadas a 37 °C durante 24 horas. Luego, se preparó una suspensión en solución salina al 0.85% y se ajustó su densidad óptica a 1 utilizando un refractómetro. El inóculo fue sembrado en placas Petri con agar nutritivo mediante la técnica de siembra en césped. Sobre estas placas se colocaron cuatro discos de papel filtro impregnados con los extractos a evaluar, junto con controles positivos y negativos. Posteriormente, las placas se incubaron nuevamente a 37 °C (Albado et al., 2001; Rangel et al., 2001; Castro et al., 2017). Para determinar los grados de inhibición del crecimiento bacteriano, los experimentos se realizaron por triplicado, utilizando los rangos de diámetros de inhibición establecidos por Ríos et al. (2009).

RESULTADOS

Los resultados de la actividad antimicrobiana de los controles, extractos etanólicos y extractos puros de las plantas se muestran en las tablas 1 y 2. De acuerdo con los datos recopilados se obtiene que los coliformes presentan resistencia al extracto etanólico de Escorzonera al 100% y al extracto puro de Wiru Wiru.

Tabla 1
Halos de inhibición producido por los controles frente a coliformes

| Controles | Media de los halos de inhibición (mm) | |
|-------------------|---------------------------------------|------------|
| | 500 mg/ml | 50 mg/ml |
| Amoxicilina (+) | 33.8 ± 0.9 | 31.5 ± 0.8 |
| Cloranfenicol (+) | 32.1 ± 1.1 | 31.5 ± 0.5 |
| Agua estéril (-) | NP | NP |

Nota: (+) Control positivo, (-) Control negativo y “NP” no presentó halo de inhibición

Tabla 2*Halos de inhibición producido por los extractos etanólicos frente a coliformes*

| Origen | Media de los halos de inhibición (mm) | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|----|----|------|------|---------------|
| | Extractos etanólicos (%) | | | | | Extracto puro |
| | 100 | 50 | 25 | 12.5 | 6.25 | |
| Escorzonera | 11.2 ± 0.3 | NP | NP | NP | NP | NP |
| Wiru Wiru | NP | NP | NP | NP | NP | 10.8 ± 0.8 |
| Huamanripa | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| Mezcla | 8.0 ± 0.4 | NP | NP | NP | NP | NP |

Nota: “NP” no presentó halo de inhibición

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los hallazgos fueron contrastados con investigaciones previas, revelando que Anaya et al. (2020) demostraron actividad antimicrobiana de los extractos alcohólicos obtenidos del tallo y la flor de *Achyrocline satureioides* (wira wira) frente a *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis*. No obstante, *Escherichia coli* mostró resistencia a todos los extractos probados. De manera similar, Correa et al. (2016) verificó la efectividad antimicrobiana del extracto hidroetanólico de esta planta frente a *Staphylococcus aureus*. Por otro lado, Zalamea et al. (2020) evaluó la capacidad inhibitoria utilizando nitrato de plata combinado con hojas de *Achyrocline satureioides*, evidenciando actividad antimicrobiana contra cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

La actividad antimicrobiana presente en esta planta en parte se debe a la presencia de quercetina en sus hojas, un flavonoide que ha presentado propiedades antimicrobianas frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis* (Storani et al., 2019; Zalamea et al., 2020).

De igual manera se evidencia la presencia de taninos, flavonoides, esteroides, alcaloides y compuestos fenólicos en la *Perezia multiflora*, que son compuestos que pueden tener actividad antimicrobiana frente a algunas cepas bacterianas e incluso frente a hongos (Veloz et al, 2012; Hernández et al., 2021; Félix et al, 2000).

Asimismo, Alzamora et al., (2001) realizaron una investigación cualitativa de la actividad antimicrobiana de aceites esenciales de 5 tipos de plantas aromáticas entre ellas la huamanripa (*Senecio tephrosioides*), sobre *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*, obteniendo como resultado para el aceite esencial de Huamanripa que sus efectos fueron moderados frente al 66% de las bacterias. Por eso Colivet et al., (2011) nos recomienda usar todas las partes de las plantas para realizar el extracto puesto que esto puede afectar en su efecto inhibitorio.

En otra investigación Machado (2021), nos dice que el tratamiento con 80% (v/v) del extracto de *Achyrocline satureioides*, durante 24 h mostró una reducción de más del 73% de la biopelícula preformada para todas las cepas evaluadas de *Staphylococcus aureus*. Es importante señalar que solo se observó una reducción de alrededor del 50%, o más, con concentraciones de al menos el 50% (v/v) para todas las cepas que se analizaron.

Hernández Díaz et al. (2001) nos explica que realizó 2 tipos de extracciones la clorofórmica y metanólica en plantas medicinales donde obtuvo muy buenos resultados recomendando que es lo más confiable de igual manera López et al. (2022) obtuvo resultados positivos.

La Tabla 2 muestra los resultados de la inhibición microbiana utilizando extractos etanólicos frente a coliformes. Las pruebas indican que el extracto etanólico de escorzonera al 100% no logró inhibir eficazmente el crecimiento microbiano. Esto concuerda con los hallazgos de Ticona (2019), quien reportó que los coliformes son menos susceptibles en comparación con otras bacterias al evaluar plantas como la muña y el eucalipto. Por otro lado, Castaño et al. (2010) analizaron el efecto bactericida del extracto etanólico y el aceite esencial de hojas de *Rosmarinus officinalis L.* sobre microorganismos de relevancia alimentaria, demostrando que el extracto etanólico de romero presentó actividad antimicrobiana contra bacterias gramnegativas.

Una investigación hecha por Boeira (2018) comprueba que la *Achyrocline satureioides* tiene acción antimicrobiana contra cepas de *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Así, debido a su bajo coste de obtención y su amplia

disponibilidad, *Achyrocline satureioides* puede considerarse una fuente natural prometedora de obtención de extractos ricos en compuestos antioxidantes, destinados a reemplazar los antioxidantes sintéticos en la industria alimentaria.

De igual manera Castro et al., (2017) demostró que el aceite esencial de *Anethum graveolens* (Eneldo) tiene efecto antimicrobiano frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, coliformes totales, coliformes fecales y hongos, esto posiblemente gracias a sus principales componentes como el carvacrol que permeabiliza la membrana celular y es capaz de desmembrar externamente bacterias gramnegativas.

Corzo (2012) realizó una investigación sobre la actividad antimicrobiana de la especie *Cestrum buxifolium* Kunt, frente a *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, donde tuvo como resultados positivos para todos menos para en *Escherichia coli*, ya que no hubo inhibición. Hay investigaciones donde comprueban que puede crecer bacterias como coliformes, hongos y aflatoxinas en plantas medicinales dañando su estructura y afectando sus propiedades medicinales (Bueno-Durán et al., 2019), dejando en evidencia que estos tipos de plantas no son resistentes a esos tipos de bacterias aun sin haber pasado por un tipo de proceso.

Kahriman et al. (2011) demostraron que los aceites esenciales extraídos de las hojas de *Senecio pandurifolius* presentaron actividad antimicrobiana contra bacterias grampositivas, mientras que no mostraron efecto contra las gramnegativas. Esto es consistente con los resultados obtenidos con el extracto de *Senecio tephrosioides*, que no evidenció inhibición microbiana, probablemente porque los coliformes, al ser gramnegativos, son menos sensibles a estos compuestos (Fica, 2014). De manera similar, el análisis realizado por Portalatino y Medina (2013) indicó que los extractos de tallos y hojas de *Senecio sublutescens* y *Jungia paniculata*, junto con los extractos de hojas de *Perezia multiflora* y *Baccharis genistelloides paniculata*, fueron efectivos únicamente contra bacterias grampositivas como *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* cuando se aplicaron en concentraciones mínimas inhibitorias. Sin embargo, no tuvieron impacto sobre bacterias gramnegativas. Por otro lado, Vázquez et al. (2009) señalaron que las bacterias grampositivas son más vulnerables a compuestos polifenólicos no polares en comparación con las gramnegativas.

Además, se recomienda usar antibióticos como controles para validar el procedimiento de la siembra o la extracción etanólica de la planta, Ramayoni et al., (2007) usó antibióticos para su prueba como controles y cómo combinación en extracto de las plantas para comprobar su efecto antimicrobiano obteniendo buenos resultados. La presente investigación demuestra que no hay efecto antimicrobiano en ninguna de las hojas de las tres plantas, aunque el wiru wiru y escorzonera tuvieron un pequeño halo de inhibición no fue significativo ya que era menor a 15 mm que es lo recomendable para afirmar su efecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, K. (2015). *Evaluación de desinfectantes comerciales sobre coliformes presentes en cilantro y lechuga* (Tesis doctoral, Universidad Latinoamericana).
- Albado PE, Saez FG, Grabiell AS. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Rev Med Hered* 12: 16 - 19.
- Anaya, S., Calvo, E., Valdez, M., & Santa Cruz, A. (2020). Actividad antimicrobiana de wira wira y cerraja contra estafilococo, enterococo, pseudomonas y escherichia. *Revista Científica Ciencia Médica*, 23(1), 15-21.
- Alzamora, L., Morales, L., Armas, L., & Fernández, G. (2001). Medicina tradicional en el Perú: actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 62, No. 2, pp. 156-161). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Basualdo, J. A., Córdova, M. A., De Luca, M. M., Roccia, I. L., Pezzani, B. C., Vay, C., ... & Grimont, P. A. (2001). Aislamiento y caracterización de coliformes injuriados provenientes de la red de distribución de agua de bebida de la Plata, Argentina. *Rev. argent. microbiol*, 9-14.
- Bernal, M. y Guzman, M. (1984). El antibiograma de discos. Normalización de la técnica Kirby-bauer. *Revista biomédica*. 4(3 y 4), 112 - 121.
- Borie, C., Zurita, P., Sánchez, M. L., Rojas, V., Santander, J., & Robeson, J. (2008). Prevención de la infección por *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serotipo Enteritidis (*Salmonella Enteritidis*) en pollos mediante un bacteriófago. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(2), 197-201.
- Bueno-Durán, A. Y., Barcelos-García, R. G., Ventura-Ramón, G. H., Toledo-Ibarra, G. A., Navidad-Murrieta, M. S., Zambrano-Soria, M., Robles Pérez, A. G., & Girón-Pérez, M. I. (2019). Presencia de bacterias coliformes, hongos y aflatoxinas en hierbas medicinales comercializadas en Nayarit, México. *Revista bio ciencias*, 6(spe), e636. Epub 14 de noviembre de 2019. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.nesp.e636>
- Bussmann, R., & Glenn, A. (2010). Medicinal plants used in Peru for the treatment of respiratory disorders. *Revista Peruana de Biología*, 17(3), 331-346.
- Borges-Argáez R, Canche-Chay I, Peña-Rodríguez LM, Said-Fernández S, Molina-Salinas GM. 2007. Antimicrobial activity of *Diospyros anisandra*. *Fitoterapia* 78: 370 - 372.

- Boeira, C. P. (2018). Avaliação do potencial antioxidante e antimicrobiano de extratos de Marcela (*Achyrocline satureioides*) e capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e aplicação em linguiça frescal.
- Colivet, J., Marcano, G., Belloso, G., Brito, D., & Gómez, E. (2011). Efecto antimicrobiano de extractos etanólicos de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus*. *Rev Venez Cienc Tecnol. Aliment*, 2(2), 313-320.
- Carballo, M., Cortada, C., & Gadano, A. (2005). Riesgos y beneficios en el consumo de plantas medicinales. *Theoria*, 14(2), 95-108.
- Carranza, B., Delgado, E., & Cervera-Ocaña, R. (2022). Efecto antimicrobiano de *Myrciaria dubia* camu camu sobre *Pseudomonas aeruginosa* resistente a carbapenémicos. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 7(1), 3-9.
- Castro, D., Pantoja, A. y Gomajoa, H. (2017). Evaluación in vitro de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de eneldo -*Anethum graveolens*- como inhibidor del crecimiento de *Staphylococcus aureus*, coliformes y hongos presentes en la carne de trucha. *Revista Médica Vet.* 64(2).
- Correa, J., Marchionatti, C., Spaniol, B. y Petrovic, P. (2016). Actividad desinfectante contra *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina y compuestos flavonoides en *Achyrocline satureioides* Lam. (húmedo). *Revista cubana plant med.* 21(4).
- Corzo Barragán, D. C. (2012). Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 43(3), 81-86.
- Castaño, H. I., Ciro, G., Zapata, J. E., & Jiménez, S. L. (2010). Actividad bactericida del extracto etanólico y del aceite esencial de hojas de *Rosmarinus officinalis* L. sobre algunas bacterias de interés alimentario. *Vitae*, 17(2), 149-154.
- Castro, D. V., Pantoja, A., & Gomajoa, H. A. (2017). Evaluación in vitro de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de eneldo-*Anethum graveolens*-como inhibidor del crecimiento de *Staphylococcus aureus*, coliformes y hongos presentes en la carne de trucha. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 64(2), 44-51.
- Deuschle, R., Camargo, T., Francescato, L., Alves, S. & Heinzmann, B. (2006). Antimicrobial Activity of *Senecio desiderabilis* Vellozo (Asteraceae).

- El-Shazly, A., Doral, G., & Wink, M. (2002). Chemical composition and biological activity of the essential oils of *Senecio aegyptius* var. *discoideus* Boiss. *Zeitschrift fuer Naturforschung C*, 57(5-6), 434-439.
- Felix V., L., Bonilla R., P., Castro L., A., Choquesillo P., F., & Milla F., H. (2000). Estudio fitoquímico y determinación de las flavanonas y alcaloides de naturaleza indolica en hojas de *Perezia multiflora* (H. et B.) Less "escorsonera".
- Fica, C. A. (2014). Resistencia antibiótica en bacilos gram negativos, cocáceas gram positivas y anaerobios. implicancias terapéuticas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(3), 432-444.
- González, J., Pereira, N., Soto, Z., Hernández, E. y Villarreal, J. (2014). Aislamiento microbiológico de *Salmonella* spp. y herramientas moleculares para su detección.
- Hernández, L., Pabón, L. y Hernández, P. (2021). Estudio fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas medicinales empleadas para el control de infecciones urinarias.
- Hernández Díaz, Lizet, Rodríguez Jorge, Mayra. (2001). Actividad antimicrobiana de plantas que crecen en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 6(2), 44-47.
- Huamán, F. T. G., & Trauco, M. Á. (2022). Actividad bactericida del extracto etanólico de *Aloysia citridora* "cedrón" en bacterias alteradoras de carne fresca. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(3), 44-49.
- Joray, M., del Rollán, M., Ruiz, G., Palacios, S., & Carpinella, M. (2011). Actividad antibacteriana de extractos de plantas del centro de Argentina: aislamiento de un principio activo de *Achyrocline satureioides*. *Planta médica*, 77 (01), 95-100.
- Kahriman, N., Tosun, G., Terzioglu, S., Karaoglu, S. A., & Yayli, N. (2011). *Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from the flower, leaf, and stem of Senecio pandurifolius. Records of Natural Products [Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de la flor, hoja y tallo de Senecio pandurifolius. Registros de Productos Naturales]*, 5(2), 82.
- López Casquina, C. J., & Lupinta Quicaña, I. Y. (2022). *Actividad antibacteriana In vitro del Extracto Etanólico de las hojas de Melissa officinalis L.(Toronjil) frente a la cepa de Pseudomonas aeruginosa.*

- Machado, G (2021). *Desenvolvimento de formas farmacêuticas sustentáveis com nanoemulsão de macela (Achyrocline satureioides) visando à terapêutica da mastite bovina.*
- Nieto, D., Chirre, E., Guzmán, A., García, J., Bartolomé, H., Huasupoma, D., & López, M. (2022). La Huamanripa (Senecio tephrosioides Turcz) como alternativa saludable para afecciones respiratorias durante la pandemia COVID-19.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). Inocuidad de los alimentos. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Pandey, A. K., & Kumar, S. (2013). Perspective on plant products as antimicrobials agents: a review. *Pharmacologia*, 4(7), 469-480.
- Pauro, J. J., Gonzáles, F., Gamarra, B. M., Pauro, J. R., Mamani, F., & Huerta, R. B. (2011). Plantas alimenticias, medicinales y biocidas de las comunidades de Muñani y Suatia, provincia de Lampa (Puno-Perú). *Ecología Aplicada*, 10(1), 41-49.
- Peña, Y. P., Hernández, M. E., & Castillo, V. L. (2014). Resistencia antimicrobiana en Salmonella y E. coli aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Panorama. Cuba y Salud*, 6(1), 30-38.
- Pimentel E., Castillo D., Quintana M., Maurtua D., Villegas L., Díaz C. (2015), Efecto antibacteriano de extractos etanólicos de plantas utilizadas en las tradiciones culinarias andinas sobre microorganismos de la cavidad bucal. *Revista Estomatol Herediana* 25(3),268-267.
- Portalatino, E. V., & Medina, E. L. (2013). Concentración Mínima Inhibitoria del extracto hidroalcohólico de tallos y hojas de Baccharis genistelloides, Perezia multiflora, Senecio sublutescens yJungia paniculata del Parque Nacional Huascarán (Perú) frente a cepas bacterianas de interés clínico. *Revista REBIOLEST*, 1(2), 43-49.
- Ramayoni, S., & Martín, C. (2007). *Estudio de la actividad antimicrobiana de extractos naturales y ácidos orgánicos: posible alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento.* Universitat Autònoma de Barcelona.
- Rangel D, García I, Velasco J, Buitrago D, Velazco E. 2001. Actividad antimicrobiana de los extractos etanólico, acetónico y acuoso de Baccharis nitida (Ruiz et Pavon) Pers. *Revista Fac Farm* 42: 43 - 46.

- Ríos N., Medina G., Jiménez J., Yañez C., García M., Di Bernardo M., Guaita M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica del extracto de algas venezolanas. *Revista Perú Biol.* 16(1),97-100.
- Rivera Corona, M., Granda, A. E., Felipe, L., & Bonachea, H. (2012). Resistencia antimicrobiana en cepas de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* aisladas en carnes de aves importadas. *Revista de Salud Animal*, 34(2), 120-126.
- Storani, G., Díaz, D., Fernández, H. y Picco, E. (2019). Evaluación de la actividad antibacteriana de quercetina frente a cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas a partir de casos de mastitis bovina.
- Ticona, J. (2019). Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill); muña (*Mintostachys mollis*) frente a *Staphylococcus aureus* y Coliformes fecales.
- Vázquez, A. M., Martínez, I. G., & Sánchez, A. T. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos etanólicos de romero y chile ancho y su aplicación en un batido cárnico. *Nacameh*, 3(1), 21-32.
- Veloz, R., Marín, R., López, M., Veloz, R. y Guevara, L. (2012). Evaluación del efecto de concentrados de taninos sobre el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos.
- Zalamea, L., Chila, J. y Menéndez, I. (2020). Obtención de AGNPS (nanopartículas de plata) vía síntesis verde con extracto de marcela (*Achyrocline satureioides*), catálisis con actividad microbiana y antioxidante.
- Zampini, I. C., Cudmani, N., & Isla, M. I. (2007). Actividad antimicrobiana de plantas medicinales argentinas sobre bacterias antibiótico-resistentes. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 41(3), 385-393.

Capítulo III: Contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante de *Eucalyptus globulus*.

Chapter III: Total phenolic content, flavonoids and antioxidant capacity of *Eucalyptus globulus*.

Eulalia Vargas Tapia¹, José D. Barreto López²

RESUMEN

El Perú cuenta con una biodiversidad abundante de plantas nativas que poseen propiedades medicinales, muchas de las cuales han sido utilizadas por nuestras culturas ancestrales desde tiempos remotos. Un ejemplo destacado de esta riqueza es el Eucalipto, una planta que ha sido ampliamente conocida y apreciada a lo largo de los siglos por sus múltiples beneficios para la salud. En este sentido, el objetivo del proyecto fue caracterizar el extracto etanólico de las hojas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*.), específicamente en relación con la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, y determinar la actividad antioxidante. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon métodos espectrofotométricos para cuantificar la concentración de fenólicos totales, cuantificar la concentración de flavonoides. Los extractos etanólicos de Eucalipto, son ricos en compuestos fenólicos, flavonoides y actividad antioxidante. Los resultados obtenidos mostraron una correlación positiva en la capacidad antioxidante en referencia al contenido de polifenoles, siendo potenciales sustitutos de aditivos sintéticos utilizados como antioxidantes en la industria alimentaria como en la farmacéutica. Por tanto, este estudio permite una comprensión más clara del extracto etanólico de eucalipto como fuente de compuestos bioactivos con potencial antioxidante. Este estudio concluye que en Perú existen matrices vegetales con alto potencial biológico, fuentes de compuestos terapéuticos y nutricionales valiosos.

PALABRAS CLAVE: Recursos vegetales, actividad antioxidante, caracterización química, *Eucalyptus globulus*.

¹ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: evargas@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: jbarreto1192@unab.edu.pe

ABSTRACT

Peru possesses abundant biodiversity, including numerous native plants with medicinal properties, many of which have been utilized by ancestral cultures for centuries. Eucalyptus, renowned for its health benefits, exemplifies this rich heritage. This study evaluated the biochemical and antioxidant properties of ethanolic extracts from *Eucalyptus globulus* leaves and buds collected in Lambayeque, Peru. Samples were processed by maceration in 80% (v/v) ethanol/water. Qualitative and quantitative characterization of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant capacity was performed. High-performance thin-layer chromatography (HPTLC) identified phenolic compounds exhibiting UV activity at 254 and 366 nm. Results demonstrated a positive correlation between phenolic compound abundance and antioxidant capacity, confirming the potential of *E. globulus* extracts as a natural antioxidant source. These bioactive properties are comparable to those reported in previous studies, positioning eucalyptus as a promising alternative for natural additives in the food and pharmaceutical industries. This research contributes to the valorization of local plant resources, highlighting the importance of continued research focused on the sustainable exploitation of plant matrices rich in bioactive compounds

Keywords: Plant resources, antioxidant activity, chemical characterization, *Eucalyptus globulus*.

INTRODUCCIÓN

En Perú, existe una notable diversidad de plantas medicinales, entre las que se destaca el *Eucalyptus globulus*. Los extractos obtenidos mediante procesos como maceración y la aplicación de emplastos han sido utilizados tradicionalmente para el tratamiento de diversas patologías, tales como resfriados, tos, reumatismo, trastornos digestivos y cicatrización de heridas. En los últimos años, se han realizado estudios centrados en la detección de compuestos bioactivos presentes en estas especies vegetales (Meirinhos et al., 2005; Pascual et al., 2001; Scognamiglio et al., 2012; Sudha et al., 2017; Zanuncio et al., 2013; J. Zhang et al., 2017)

La mayoría de estas investigaciones se han desarrollado en India y países europeos, mientras que en Sudamérica los estudios sobre estas plantas son relativamente limitados. La composición química de las plantas está determinada por diversos factores ambientales, tales como el clima, la ubicación geográfica, la altitud, el tipo de suelo, así como por las características de la especie o familia botánica (Ou et al., 2002), Esto implica que la concentración y calidad de los compuestos bioactivos pueden variar significativamente en plantas cultivadas en diferentes regiones geográficas. En años recientes, se ha evidenciado que los compuestos fenólicos juegan un papel clave en la prevención de patologías crónicas (Lin et al., 2016). Numerosos estudios han demostrado sus propiedades beneficiosas para la salud, entre las que destacan sus actividades antioxidantes (Ali et al., 2015), antimicrobiano, antiinflamatorio (L. Zhang et al., 2015; Mocan et al., 2014), anticancerígeno y diabetes (Zhao et al., 2016).

La capacidad antioxidante de los extractos vegetales está fuertemente vinculada a la presencia de compuestos como ácidos hidroxicinámicos, flavonoides y taninos. (Boulekbache-Makhlouf et al., 2013). Estos compuestos son responsables de una amplia variedad de actividades biológicas, tales como efectos antioxidantes, anticarcinogénicos, antialérgicos, antiinflamatorios y antimicrobianos (Hagerman et al., 1998; Ou et al., 2002; Santos et al., 2012), lo que los hace ampliamente aplicables en la industria alimentaria y farmacéutica.

El Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) perteneciente a la familia *Myrtaceae*, es una de las especies forestales más destacadas, con la madera representando aproximadamente el 27% de su volumen total. Su aplicación principal se centra en la producción de pulpa de celulosa,

seguida de la elaboración de tableros y paneles (Vázquez et al., 2008). El procesamiento industrial de la madera de eucalipto genera grandes cantidades de desechos, como corteza, retazos de madera, ramas y hojas, los cuales se emplean principalmente para la generación de energía o como enmiendas y fertilizantes del suelo (Santos et al., 2012). La valorización de estos residuos podría optimizar tanto el proceso industrial como sus impactos económicos y ambientales.

En los últimos años, los residuos de biomasa de eucalipto han sido identificados como fuentes ricas en compuestos de alto valor agregado (Mota et al., 2012; Santos et al., 2012). Entre ellos, los compuestos fenólicos han despertado un gran interés debido a su actividad antioxidante, la cual es crucial tanto para el mantenimiento de la salud humana como para la conservación de alimentos (Harkat-Madouri et al., 2015; Paz et al., 2015).

Diversas investigaciones han evidenciado el elevado potencial de los subproductos del eucalipto como fuentes naturales de compuestos fenólicos biológicamente activos (Santos et al., 2012). Según los estudios realizados por Boulekbache-Makhlouf et al., (2013) identificaron y caracterizaron los compuestos fenólicos presentes en extractos de *E. globulus*, demostrando sus actividades antioxidantes y antimicrobianas. Asimismo, estudios realizados con la corteza de eucalipto han señalado su potencial antioxidante (Vázquez et al., 2008). Además, se han estudiado las actividades anti- proliferativas de los compuestos fenólicos derivados de esta especie (Mota et al., 2012).

Boulekbache-Makhlouf et al., (2013) también evaluaron el aceite esencial de las hojas de eucalipto, destacando sus propiedades antibacterianas contra microorganismos asociados a infecciones orales. Estos resultados corroboran el potencial del extracto etanólico de las hojas de *Eucalyptus globulus* como una fuente prometedora de compuestos bioactivos con posibles aplicaciones terapéuticas y alimentarias

El objetivo del presente estudio es la cuantificación de los compuestos bioactivos presentes en *Eucalyptus globulus*. Los resultados de esta investigación constituirán una base científica para futuros estudios sobre las propiedades biológicas de las plantas medicinales en Perú, además de fomentar su uso seguro en la elaboración de aditivos naturales con propiedades antioxidantes, así como en el desarrollo de productos farmacéuticos. Esto aportará valor agregado a estas fuentes naturales subutilizadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

La recolección de muestras vegetales de *Eucalyptus globulus* se realizó en la región de Lambayeque, específicamente en la localidad de Andamarca (6° 13' 51" S, 79° 26' 48.9" W). Se colectaron las hojas y yemas de la planta mediante corte con navajas esterilizadas, evitando fragmentaciones adicionales. Posteriormente, las muestras se secaron a temperatura ambiente (22 °C) durante cinco días, trituradas seguidamente y se almacenaron en recipientes herméticos para su conservación.

Preparación de extractos vegetales

Dos gramos de las muestras secas previamente trituradas (hojas y yemas) se mezclaron con 20 mL de una solución hidroalcohólica al 80 % (v/v) y se agitaron a 60 °C durante 30 minutos. Seguidamente fue centrifugada, y el sobrenadante obtenido fue separado y se utilizó para los análisis químicos.

Determinación cualitativa de compuestos fenólicos

Cromatografía en camada delgada de alta eficiencia en fase reversa EEP y EMV.

Se empleó cromatografía en capa delgada de alta eficiencia en fase reversa (RP-HPTLC). Tres microlitros (3 µL) de extracto etanólico de *Eucalyptus globulus* se aplicaron en placas RP18 F254S (Merck, Alemania) de 0,2 mm de espesor y dimensiones 10 × 10 cm, siguiendo la metodología de PARK et al (2002). La fase móvil utilizado consistió en una solución hidroalcohólica a una relación de etanol:agua (55:45, v/v). Antes del análisis, la fase móvil se saturó en cámara cromatográfica durante 10 minutos, y la corrida cromatográfica se realizó durante 90 minutos. Las placas se secaron y visualizaron bajo luz UV (254 nm y 366 nm) empleando un equipo Cole Parmer (UVP-UVGL-58-CA).

Determinación cuantitativa de compuestos fenólicos

Cuantificación de fenólicos totales

Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu adaptado por Swain & Hillis, (1959). Las muestras fueron leídas a absorbancia de 725 nm utilizando un espectrofotómetro (Synergy

HT, Biotek). Los resultados obtenidos se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por mL de extracto (mg GAE mL^{-1}), y para la curva estándar fue empleando ácido gálico.

Cuantificación de flavonoides totales

La cuantificación siguió la metodología de Zhishen , Mengcheng, & Jianming (1999). Las muestras fueron leídas a una absorbancia de 510 nm utilizando un espectrofotómetro. Se empleó estándar de catequina para construir la curva estándar, y los resultados fueron expresados en mg de equivalentes de catequina por mL de muestra vegetal (mg CE mL^{-1}).

Potencial antioxidante reductor férrico (FRAP)

La capacidad antioxidante fue determinada mediante el reactivo FRAP, compuesto por tampón acetato, TPTZ en HCl y FeCl_3 . Las muestras diluidas en agua o soluciones estándar (Trolox) se mezclaron con el reactivo. Fue llevado a reposo de 30 minutos a 37°C , las muestras se mantuvieron en reposo a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 595 nm. Los resultados se expresaron como μmol de equivalente Trolox por mL de muestra ($\mu\text{mol TE mL}^{-1}$) (Benzie & Strain, 1996).

Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados en triplicado y los datos se expresaron como media \pm desviación estándar (DE). Para determinar las diferencias estadísticas se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $P < 0,05$. Los gráficos fueron generados utilizando el software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, Inc., EE. UU.).

RESULTADOS

Cromatografía en capa delgada de alta eficiencia del extracto vegetal

Los extractos etanólicos de las hojas de *Eucalyptus globulus* presentaron características organolépticas distintivas, como aroma característico y color verde oscuro (Figura 1a). Los análisis cromatográficos realizados bajo luz UV a 254 nm y 366 nm mostraron perfiles químicos complejos (Figura 1b y Figura 1c).

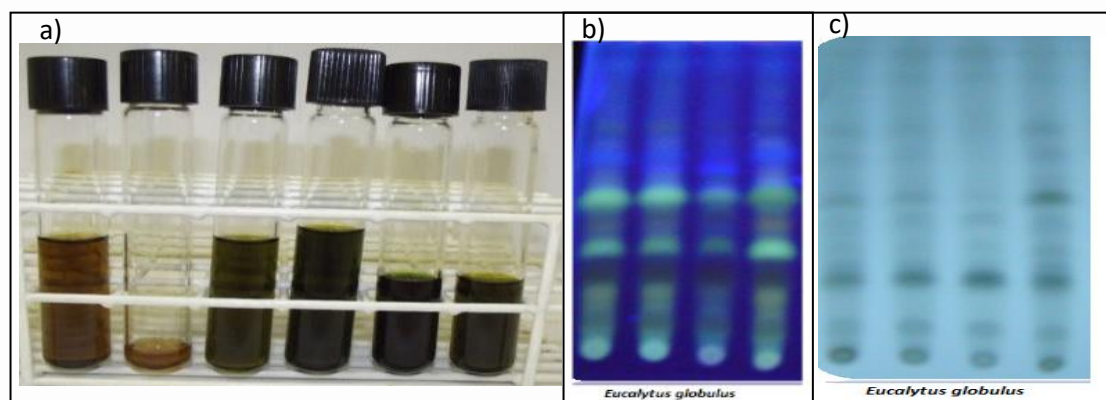


Figura 1 a). Extractos etanólicos de Eucalipto. b) CCDFR 360nm. c) CCRFR 254 nm.

Cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Fenoles totales y flavonoides

Los resultados muestran que el extracto etanólico de eucalipto mostró una concentración de $9955,2 \pm 557,4$ mg EAG mL⁻¹. El contenido de flavonoides mostró para el extracto etanólico de Eucalipto, una concentración de flavonoides con un valor de $6,1738 \pm 0,049$ mg EC mL⁻¹. Las cuantificaciones de los compuestos fenólicos mediante espectrofotométricos son útiles debido a su rapidez y eficacia, y son utilizadas ampliamente en la industria de alimentos, en la industria farmacéutica y en el área de la salud. La cuantificación de fenólicos totales de los extractos etanólicos de las plantas de Eucalipto se llevó a cabo siguiendo la metodología previamente establecida. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en los extractos analizados. En la Anexos 1 y 2 podemos observar las curvas patrones realizadas para cuantificar los fenoles totales y flavonoides respectivamente.

Capacidad antioxidante (FRAP)

El análisis de la capacidad antioxidante mediante el método FRAP arrojó un valor promedio de $145711,125 \pm 6656,95 \mu\text{mol TE mL}^{-1}$. Este resultado demuestra la capacidad de los extractos de eucalipto para reducir especies oxidantes, principalmente mediante la donación de electrones a iones férricos, confirmando su potencial como fuente antioxidante naturales, en el Anexo 3 podemos ver la curva de calibración Trolox.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman que *Eucalyptus globulus* es una fuente rica en compuestos bioactivos, especialmente fenoles y flavonoides, con alta capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante fue medida por el método de FRAP lo que respalda el potencial de estos extractos para aplicaciones terapéuticas y como aditivos naturales. Estudios previos realizados por Gonzales Burgos (2018), han reportado que los compuestos fenólicos del eucalipto, como el ácido clorogénico y derivados flavonoides, presentan una significativa actividad antioxidante. La correlación positiva observada entre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante destaca la importancia de estos metabolitos secundarios en la neutralización de especies reactivas de oxígeno (ERO). Además, la estructura química de los flavonoides presentes podría ser determinante en el alto poder reductor mostrado por los extractos. Este hallazgo coincide con investigaciones previas que relacionan la actividad antioxidante con la presencia de grupos hidroxilo en la estructura fenólica (Gomez-Caravaca et al., 2006; Latif & Mohamed, 2016; Mota et al., 2012; Pietta, 2000). La capacidad antioxidante fue medida por diversas metodologías para diferentes matrices vegetales (Kumazawa et al., 2004; Bankova et al., 2016; Lima et al., 2009; Mello y Hubinger, 2012; Frozza et al., 2013; Nagai et al., 2003). En este estudio, para medir la actividad antioxidante para el extracto etanólico de eucalipto fue utilizada la técnica de FRAP. La técnica de FRAP se basa en la reducción de Hierro (III) para o Hierro (II).

La diversidad de compuestos bioactivos identificados en *Eucalyptus globulus* refuerza su potencial como fuente sostenible de antioxidantes naturales, aplicables tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica. La elevada capacidad antioxidante medida sugiere su utilización como ingrediente funcional en productos destinados a combatir el estrés oxidativo, responsable de diversas patologías degenerativas.

En conclusión, este estudio proporciona una base científica sólida para la valorización de *Eucalyptus globulus* como recurso natural rico en compuestos bioactivos con aplicaciones prometedoras. Los resultados abren nuevas oportunidades para su utilización en el desarrollo de productos sostenibles, seguros y de alto valor agregado. Futuras investigaciones deberán centrarse en la identificación específica de los compuestos bioactivos responsables de la actividad antioxidante, así como en la optimización de los procesos de extracción para mejorar su rendimiento y pureza.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ali, F., Ranneh, Y., Ismail, A., & Esa, N. M. (2015). Identification of phenolic compounds in polyphenols-rich extract of Malaysian cocoa powder using the HPLC-UV-ESI—MS/MS and probing their antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2103–2111. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1187-4>
- Bankova, V., Bertelli, D., Borba, R., Conti, B. J., Cunha, I. B. d. S., Danert, C., Eberlin, M. N., Falcão, S. I., Isla, M. I., Moreno, M. I. N., Papotti, G., Popova, M., Santiago, K. B., Salas, A., Sawaya, A. C. H. F., Schwab, N. V., Sforcin, J. M., Simone-Finstrom, M., Spivak, M., ... Zampini, C. (2016). Standard methods for *Apis mellifera* propolis research. *Journal of Apicultural Research*, 8839(October), 1–49. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1222661>
- Benzie, I. ., & Strain, J. . (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Boulekbache-Makhlouf, L., Slimani, S., & Madani, K. (2013). Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 41(1), 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.019>
- Frozza, C. O. da S., Garcia, C. S. C., Gambato, G., de Souza, M. D. O., Salvador, M., Moura, S., Padilha, F. F., Seixas, F. K., Collares, T., Borsuk, S., Dellagostin, O. A., Henriques, J. A. P., & Roesch-Ely, M. (2013). Chemical characterization, antioxidant and cytotoxic activities of Brazilian red propolis. *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 52, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.013>
- Gomez-Caravaca, A., Gomez-Romero, M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., & Fernandez-Gutierrez, A. (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(4), 1220–1234. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.002>
- Hagerman, A. E., Riedl, K. M., Jones, G. A., Sovik, K. N., Ritchard, N. T., Hartzfeld, P. W., & Riechel, T. L. (1998). High Molecular Weight Plant Polyphenolics (Tannins)

- as Biological Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(5), 1887–1892. <https://doi.org/10.1021/jf970975b>
- Kumazawa, S., Hamasaka, T., & Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, 84(3), 329–339. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00216-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00216-4)
- Latif, H. H., & Mohamed, H. I. (2016). Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. *South African Journal of Botany*, 106, 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.07.010>
- Lima, B., Tapia, A., Luna, L., Fabani, M. P., Schmeda-Hirschmann, G., Podio, N. S., Wunderlin, D. A., & Feresin, G. E. (2009). Main Flavonoids, DPPH Activity, and Metal Content Allow Determination of the Geographical Origin of Propolis from the Province of San Juan (Argentina). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(7), 2691–2698. <https://doi.org/10.1021/jf803866t>
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., & Chen, S. (2016). An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>
- Meirinhos, J., Silva, B. M., Valentão, P., Seabra, R. M., Pereira, J. A., Dias, A., Andrade, P. B., & Ferreres, F. (2005). Analysis and quantification of flavonoidic compounds from Portuguese olive (*olea europaea* L.) leaf cultivars. *Natural Product Research*, 19(2), 189–195. <https://doi.org/10.1080/14786410410001704886>
- Mello, B. C. B. S., & Hubinger, M. D. (2012). Antioxidant activity and polyphenol contents in Brazilian green propolis extracts prepared with the use of ethanol and water as solvents in different pH values. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(12), 2510–2518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03129.x>
- Mocan, A., Vlase, L., Vodnar, D. C., Bischin, C., Hanganu, D., Gheldiu, A. M., Oprean, R., Silaghi-Dumitrescu, R., & Crișan, G. (2014). Polyphenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of *Lycium barbarum* L. And *Lycium chinense* Mill. Leaves. *Molecules*, 19(7), 10056–10073. <https://doi.org/10.3390/molecules190710056>

- Mota, I., Rodrigues Pinto, P. C., Novo, C., Sousa, G., Guerreiro, O., Guerra, Â. R., Duarte, M. F., & Rodrigues, A. E. (2012). Extraction of polyphenolic compounds from *Eucalyptus globulus* bark: Process optimization and screening for biological activity. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *51*(20), 6991–7000. <https://doi.org/10.1021/ie300103z>
- Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., & Deemer, E. K. (2002). Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(11), 3122–3128. <https://doi.org/10.1021/jf0116606>
- Nagai, T., Inoue, R., Inoue, H., & Suzuki, N. (2003). Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis. *Food Chemistry*, *80*(1), 29–33. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00231-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00231-5)
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez Mata, D., & Villar, A. (2001). Lippia: Traditional uses, chemistry and pharmacology: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, *76*(3), 201–214. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00234-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00234-3)
- Paz, M., Gúllon, P., Barroso, M. F., Carvalho, A. P., Domingues, V. F., Gomes, A. M., Becker, H., Longhinotti, E., & Delerue-Matos, C. (2015). Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. *Food Chemistry*, *172*, 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.102>
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, *63*(7), 1035–1042. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10924197>
- Santos, S. A. O., Villaverde, J. J., Silva, C. M., Neto, C. P., & Silvestre, A. J. D. (2012). Supercritical fluid extraction of phenolic compounds from *Eucalyptus globulus* Labill bark. *Journal of Supercritical Fluids*, *71*, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2012.07.004>
- Scognamiglio, M., D'Abrosca, B., Pacifico, S., Fiumano, V., De Luca, P. F., Monaco, P., & Fiorentino, A. (2012). Polyphenol characterization and antioxidant evaluation of *Olea europaea* varieties cultivated in Cilento National Park (Italy). *Food Research International*, *46*(1), 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.022>

- Sudha, A., Jeyakanthan, J., & Srinivasan, P. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles using *Lippia nodiflora* aerial extract and evaluation of their antioxidant, antibacterial and cytotoxic effects. *Resource-Efficient Technologies*, 3(4), 506–515.
<https://doi.org/10.1016/j.reffit.2017.07.002>
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Vázquez, G., Fontenla, E., Santos, J., Freire, M. S., González-Álvarez, J., & Antorrena, G. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.003>
- Zanuncio, A. J. V., Colodette, J. L., Gomes, F. J. B., Carneiro, A. de C. O., & Vital, B. R. (2013). Composição química da madeira de eucalipto com diferentes níveis de desbaste. *Ciencia Florestal*, 23(4), 755–760.
<https://doi.org/10.5902/1980509812359>
- Zhang, J., Shen, X., Wang, K., Cao, X., Zhang, C., Zheng, H., & Hu, F. (2017). Antioxidant activities and molecular mechanisms of the ethanol extracts of *Baccharis propolis* and *Eucalyptus propolis* in RAW64.7 cells. *Pharmaceutical Biology*, 54(10), 2220–2235. <https://doi.org/10.3109/13880209.2016.1151444>
- Zhang, L., Shamaladevi, N., Jayaprakasha, G., Patil, B. S., & Lokeshwar, B. L. (2015). Polyphenol-rich extract of *Pimenta dioica* berries (Allspice) kills breast cancer cells by autophagy and delays growth of triple negative breast cancer in athymic mice. *Oncotarget*, 6(18), 16379–16395. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.3834>
- Zhao, L., Pu, L., Wei, J., Li, J., Wu, J., Xin, Z., Gao, W., & Guo, C. (2016). Brazilian green propolis improves antioxidant function in patients with type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5).
<https://doi.org/10.3390/ijerph13050498>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. In *Food Chemistry* (Vol. 64, Issue 4, pp. 555–559). [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

Capítulo IV: Acidez titulable en yogur casero y comerciales

Chapter IV: titratable acidity in homemade and commercial yogurt

José Nicolás Jiménez Bustamante¹, Yubitza Pierina Huaman Palacios², Eder Manuel Vega Chinchay³

RESUMEN

El yogurt es un alimento fermentado que contiene bacterias lácticas, las cuales lo hacen un producto beneficioso para la salud. Las bondades del consumo de yogurt son posibles si las bacterias lácticas se encuentran estables y viables en el producto de tal forma que al ser consumidas otorguen los efectos beneficiosos. En los últimos años, ha habido mayor consumo de yogurt, tanto en jóvenes como en adultos, esto debido a la difusión de que el yogurt es un alimento nutritivo y también a las diferentes opciones para su consumo, desde yogurt entero hasta el descremado, desde el bebible al griego, además de una serie de presentaciones en saborizados y frutados, pero no sabemos si estos yogures tienen las cantidades mínimas requeridas de bacterias lácticas que señala la normativa peruana para que se muestren los beneficios en la salud del consumidor. Ello se podría relacionar con el porcentaje de acidez del yogurt, si este es muy alto podría indicar una reducción en el número de bacterias lácticas presentes. En vista de ello, esta investigación evalúa un yogurt elaborado de forma casera y tres yogures comerciales para determinar el porcentaje de acidez, los análisis se llevan a cabo en el laboratorio de Análisis de Alimentos. Los resultados del porcentaje de ácido láctico obtenidos en las cuatro muestras de yogurt se encuentran dentro del intervalo definido por la NTP 202.092:2014.

PALABRAS CLAVE: Yogurt, bacterias lácticas, yogurt casero.

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: jjimenez@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: yhuamanp201@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: evegac202@unab.edu.pe

ABSTRACT

Yogurt is a fermented food that contains lactic bacteria, which makes it a beneficial product for health. The benefits of consuming yogurt are possible if the lactic acid bacteria are stable and viable in the product such that when consumed they provide beneficial effects. In recent years, a greater consumption of yogurt has been observed, both in young people and adults, this is due to the dissemination that yogurt is a nutritious food and also to the different options for its consumption, whole yogurt, skim, drinkable, Greek, in addition to a series of flavored and fruity presentations, but we do not know if these yogurts have the minimum required amounts of lactic acid bacteria indicated by Peruvian regulations so that the benefits to the consumer's health are shown. This could be related to the percentage of acidity of the yogurt; if it is very high, it could indicate a reduction in the number of lactic acid bacteria present. Given this, in this research a homemade yogurt and three commercial yogurts were evaluated to determine the percentage of acidity, the analyzes were carried out in the Food Analysis laboratory. The results of the percentage of lactic acid obtained in the four yogurt samples are within the range defined by NTP 202.092:2014.

Keywords: Yogurt, lactic acid bacteria, homemade yogurt



INTRODUCCIÓN

El término "yogur" hace referencia a un producto obtenido a partir de la coagulación de la leche, que resulta de la fermentación láctica realizada por *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Este proceso de coagulación puede efectuarse empleando leches pasteurizada, concentrada, semi descremada pasteurizada, leche semi descremada concentrada, descremada pasteurizada, leche desgrasada concentrada, crema de leche pasteurizada, o una mezcla de estas, con o sin la incorporación opcional de ingredientes como leche en polvo, descremada, suero en polvo, suero de mantequilla, proteínas de suero diluidas y concentradas, proteínas de leche solubles en agua, caseína alimentaria, caseinatos fabricados a partir de productos pasteurizados, y fermentos lácticos bacterianos adecuados para la producción de ácido láctico, incluyendo los cultivos esenciales como el *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Es importante que en el producto final haya microorganismos apropiados y se encuentren en una cantidad suficiente. (Norma Técnica Peruana NTP 202.092:2004). Las propiedades nutricionales del yogur se originan no solo a partir de los componentes presentes en la leche, sino también debido a la modificación de estos durante la fermentación ácido láctica provocada por los microorganismos.

El yogur, aparte de ser una valiosa fuente de nutrientes fundamentales, desempeña una función vital en la prevención de trastornos crónicos debido a su impacto beneficioso en la flora intestinal. Consumirlo con regularidad se relaciona con una reducción en la aparición de problemas digestivos y puede ayudar en la prevención de enfermedades cardiovasculares al mejorar los niveles de lípidos en la sangre. (Arriaga y Gonzalo, 2024). Investigaciones científicas han demostrado que los productos lácteos, como el yogurt, que han sido producidos por fermentación con bacterias ácido lácticas, poseen propiedades funcionales, ya que contribuyen a la resistencia del organismo al ataque de patógenos y previenen trastornos del sistema genitourinario, prevención y protección contra la diarrea, tratamiento de trastornos inflamatorios intestinales, alivio de la absorción insuficiente de la lactosa, disminución de los niveles de colesterol y presión arterial, prevención de reacciones alérgicas a los alimentos, y previsión de úlceras estomacales provocadas por *Helicobacter pylori*, además de otros efectos beneficiosos.

El yogur es un alimento con propiedades funcionales que fusiona el placer del sabor con aspectos nutricionales, aportando ventajas para la salud que superan su agradable gusto. Sus microorganismos, proteínas, vitaminas y minerales hacen que el yogurt sea un aliado importante para la salud digestiva, ósea y general. Fomentar la inclusión del yogur en una dieta equilibrada y saludable podría generar un efecto relevante en la salud de la población en general. La industria alimentaria está desarrollando productos de yogurt enriquecidos con ingredientes funcionales, como fibras prebióticas, antioxidantes y proteínas específicas, para ofrecer aún más beneficios para la salud.

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIALES

La investigación tuvo lugar en la Universidad Nacional de Barranca, específicamente en el laboratorio de Análisis de Alimentos de En la investigación se utilizaron diversos materiales, incluyendo leche UHT (Ultra High Temperature), cultivo láctico, azúcar blanca, colorante, saborizante, una mesa, una cocina semi industrial, ollas, recipiente de plástico, un termómetro, una balanza, jarras medidoras, un colador, un cucharón, un batidor, una incubadora, un acidómetro o bureta, hidróxido de sodio 0,1 N, fenolftaleína al 2 % y agua destilada. Estos elementos fueron fundamentales para llevar a cabo el estudio de manera efectiva y obtener resultados precisos.

METODOLOGÍA

Elaboración de yogurt casero

La elaboración de yogurt casero involucró varias etapas. Primero, se recibió la leche UHT, que se analizó para verificar su calidad, encontrando una densidad de 1,0296 g/ml, acidez de 18 °D y contenido de sólidos totales de 11,8 % cumpliendo con los requisitos establecidos por la NTP 202.001 Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Requisitos. Luego, se pasteurizó y enfrió la leche hasta alcanzar 43 °C, se adicionó el cultivo láctico y se incubó durante 5 horas a 43 °C. Posteriormente, se enfrió el yogurt hasta 30 °C, se batió y envasó en envases desinfectados. Finalmente, se llevó a refrigeración a 7 °C hasta el día siguiente para su análisis.

Adquisición de yogurt de tres marcas comerciales

La selección de las marcas a analizar fue teniendo en cuenta las marcas más conocidas en el rubro de yogurt, y se determinó que serían del tipo batido y color blanco, pudiendo ser sabor vainilla u otro.

Tomas de muestra de los yogures

Las muestras para analizar fueron:

- Yogurt elaborado en el laboratorio (casero)
- Yogurt Marca A parcialmente descremado sabor a vainilla
- Yogurt Marca B sabor a vainilla
- Yogurt Marca C sabor a vainilla

Análisis de acidez titulable

La acidez titulable se determinó mediante la titulación de 10 ml de muestra con una solución de Hidróxido de Sodio 0,1 N, y agregando el indicador fenolftaleína. El resultado se presentó como porcentaje de ácido láctico (método 962.12/90 de la AOAC). (Parra H. 2014, p 150).

RESULTADOS

Los resultados del análisis de acidez titulable, se presnetan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Determinación de acidez expresada en porcentaje de ácido láctico

| Requisito | Yogurt elaborado en el laboratorio (casero) | Yogurt Marca A parcialmente descremado sabor a vainilla | Yogurt Marca B sabor a vainilla | Yogurt Marca C sabor a vainilla |
|----------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Acidez, % de ácido láctico | 0.73 | 0.81 | 0.86 | 0.78 |

DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en las cuatro muestras de yogurt varían entre 0,73 a 0,82 % de ácido láctico, estos valores los podemos considerar adecuados ya que la NTP 202.092:2014 señala para los diferentes tipos de yogurt sea entero, parcialmente descremado o descremado un rango de acidez de 0,6 a 1,5 % medido en ácido láctico. Así mismo Campos-Salas et al. (2019) en el análisis de seis marcas de yogures comerciales obtuvo valores de ácido láctico entre 0,94 a 1,10 %. De igual forma Ruiz et al. (2019) en yogures que elaboró, obtuvo porcentajes de ácido láctico con valores entre 0,88 a 0,94 %.

Cabe señalar que la investigación pudo tener mejores y mayores resultados con respecto a la acidez titulable si al momento de los análisis se hubiese tomado en cuenta la temperatura a la que se encontraban los yogures y su tiempo de vida, según Ordinola y Osorio (2015) señalan en su investigación que: A temperatura ambiente, después de una semana de almacenamiento, se pudo notar una ligera reducción en la concentración de bacterias de ácido láctico en las cuatro marcas comerciales que se estudiaron. Por otro lado, en condiciones de refrigeración, esta disminución se evidencia después de 21 días. Durante el Tiempo de conservación en refrigeración, se observarán variaciones en los niveles de ácido láctico en las muestras de yogur analizadas. En la semana inicial, las muestras A, B, C y D tuvieron un contenido de ácido láctico con valores de 0,79 %; 0,80 %; 0,89 % y 0,82 %, correspondientemente. Estos valores se incrementaron de manera gradual en la última semana de conservación, alcanzando el 0,98 %; 0,95 %; 1,15 % y 1,03 %, respectivamente.

Del mismo modo, se señala que se observará un incremento en la acidez de las muestras conservadas a temperatura ambiente, llegando a alcanzar niveles de 1,19 %; 1,31 %; 1,27 % y 1,25 % de ácido láctico para las muestras A, B, C y D respectivamente, incluso después de seis semanas de almacenamiento. Estos niveles de acidez fueron superiores a los observados en el yogur almacenado en refrigeración. La temperatura se identifica como el factor más significativo que puede afectar la supervivencia de las bacterias ácido lácticas, ya que temperaturas más altas resultaron en una menor viabilidad en el yogur.

Se ha podido observar que muchas presentaciones de yogurt se expenden sin estar en refrigeración a pesar de que lo indica la etiqueta del producto, también se puede ver que hay

yogures en los que su envase no indica que se conserve en refrigeración lo cual estaría afectando que las bacterias lácticas se encuentren viables y el incremento de su acidez. La NTP 202.092:2014 indica que, si el yogurt recibe tratamiento térmico después de la fermentación, no se requiere la presencia de microorganismos viables, pero vemos que hay yogures comerciales que no indican esta condición. Este es un punto a discutir ya que el beneficio del yogurt está precisamente en que tenga bacterias lácticas activas y por definición es así, pero la normativa peruana está permitiendo que se le aplique un tratamiento térmico donde las bacterias no están viables, lo cual convertiría al yogurt en un alimento que ya tendría las bondades para la salud humana ya que como señala Parra (2012; 2015) Debido al crecimiento de la población mundial, se vuelve fundamental tanto prevenir como tratar afecciones de salud y mejorar el bienestar de las personas. En este contexto, diversos estudios de laboratorio y experimentos en organismos vivos han demostrado que el yogurt, uno de los principales productos lácteos fermentados con bacterias ácido lácticas (BAL), tienen cualidades funcionales. Estas incluyen la capacidad de fortalecer la respuesta inmune del cuerpo frente a patógenos, prevenir enfermedades urogenitales como la candidiasis vaginal, protección ante la diarrea, controlar afecciones inflamatorias intestinales como la enfermedad de Crohn y la pouchitis, aliviar los síntomas del síndrome del intestino irritable, reducir los efectos de la malabsorción de la lactosa, disminuir los niveles de colesterol y presión arterial, así como prevenir alergias alimentarias y tratar úlceras gástricas causadas por *Helicobacter pylori*, entre otras ventajas.

Esta coagulación puede llevarse a cabo utilizando leche pasteurizada, leche concentrada, leche pasteurizada parcialmente descremada, leche concentrada parcialmente descremada, leche pasteurizada descremada, leche concentrada descremada, crema de leche pasteurizada, o una combinación de estos productos, con o sin la incorporación opcional de ingredientes como leche en polvo, leche descremada en polvo, suero de mantequilla sin fermentar, suero en polvo, proteínas de suero, proteínas de suero concentradas, proteínas de leche solubles en agua, caseína alimentaria, caseinatos fabricados a partir de productos pasteurizados, y cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, incluyendo los cultivos esenciales como el *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Es importante que los microorganismos presentes en el producto final sean apropiados y se encuentren en una cantidad suficiente. (Norma Técnica Peruana NTP 202.092:2004). Las

propiedades nutricionales del yogur se originan no solo a partir de los componentes presentes en la leche, sino también debido a la modificación de estos durante la fermentación ácido-láctica provocada por los microorganismos.

El yogur, aparte de ser una valiosa fuente de nutrientes fundamentales, desempeña una función vital en la prevención de enfermedades crónicas debido a su impacto beneficioso en la flora intestinal. Consumirlo con regularidad se relaciona con una reducción en la aparición de problemas digestivos y puede ayudar en la prevención de enfermedades cardiovasculares al mejorar los niveles de lípidos en la sangre. (Arriaga y Gonzalo, 2024). Estudios científicos han revelado que los productos lácteos fermentados con bacterias ácido-lácticas como el yogur, tienen propiedades funcionales, ya que contribuyen a la resistencia del organismo al ataque de patógenos y previenen trastornos del sistema genitourinario, protección y prevención de la diarrea, el tratamiento de enfermedades inflamatorias intestinales, alivio de los síntomas de intolerancia a la lactosa, reducción del colesterol y disminución de la presión arterial, prevenir alergias alimentarias, úlceras estomacales causadas por *Helicobacter pylori*, entre otros beneficios.

El yogur es un alimento con propiedades funcionales que fusiona el placer del sabor con aspectos nutricionales, aportando beneficios para la salud que van más allá de su agradable gusto. Sus microorganismos, proteínas, vitaminas y minerales hacen que el yogurt sea un aliado importante para la salud digestiva, ósea y general. Fomentar la inclusión del yogur en una dieta equilibrada y saludable podría generar un efecto relevante en la salud de la población en general. La industria alimentaria está desarrollando productos de yogurt enriquecidos con ingredientes funcionales, como fibras prebióticas, antioxidantes y proteínas específicas, para ofrecer aún más beneficios para la salud.

CONCLUSIONES

Se determinó la acidez expresada en ácido láctico en el yogurt elaborado en laboratorio (casero) y tres marcas de yogurt comercial. Los resultados del análisis de acidez están conformes ya que se encuentran dentro de los valores indicados en la NTP 202.092:2004 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arriaga Valderrama, J. & Gonzalo Palomino, J. (2024). Control de calidad fisicoquímica, microbiológica y probiótica de yogurt artesanal de mercados de los distritos de Santiago y Cusco, 2023 [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional - UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8521>
- Campos-Salas, C. M., Jiménez-Hernández, J. L., Gómez Leyva, J., & Cruz-Cansino, N. (2019). Evaluación de parámetros de calidad de diferentes marcas comerciales de leche y yogurt, y cambios durante el almacenamiento. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa*, 7(14), 32–38. <https://doi.org/10.29057/icsa.v7i14.4442>
- Chunga Trelles, W. & Montes Villanueva, N. (2020). Elaboración y evaluación sensorial de un yogurt probiótico tipo batido, edulcorado con panela granulada orgánica y aromatizado con concentrado de café orgánico [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional Digital UCSS <https://hdl.handle.net/20.500.14095/743>
- INDECOPI. (2003). *Leche y productos lácteos. Yogur o yogurt. Requisitos (NTP 202.001)*. INDECOPI.
- INDECOPI. (2004). *Leche y productos lácteos. Yogur o yogurt. Requisitos (NTP 202.092)*. INDECOPI.
- INDECOPI. (2014). *Leche y productos lácteos. Yogur o yogurt. Requisitos (NTP 202.092)*. INDECOPI.
- Ordinola Miranda, E. Y., & Osorio Paredes, L. (2015). Viabilidad de las bacterias lácticas *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* durante el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración de cuatro marcas de yogures comerciales”. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 68. <https://doi.org/10.26495/icti.v2i2.263>

- Huertas, R. A. P. (2015). Características fisicoquímicas y microbiológicas de yogur a partir de colorante de remolacha (*Beta vulgaris* L.) encapsulado. *limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1). <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2015.1463>
- Parra, R. (2014). Características fisicoquímicas, sensoriales, proximales y microbiológicas de un yogur con chocolate en refrigeración. *Temas agrarios*, 19(2), 146–158. <https://doi.org/10.21897/rta.v19i2.730>
- Ruiz, K., Ramírez, N. Z., Gómez, J. A., Cerón, A., y Sosa, M. E. (2019). Efecto de la cantidad y tipo de inóculo para la elaboración de yogurt sobre sus características fisicoquímicas y sensoriales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(72), 524-530

Capítulo V: Enseñanza de la asignatura de desarrollo de nuevos productos orientado a la producción de artículo científico

Chapter V: Teaching of the subject of new product development oriented to the production of scientific article

Nicodemo C. Jamanca-Gonzales¹, Pedro Samuel Huayanay Robles², Graciela Ruth Rodríguez Montalvo³

RESUMEN

La constante innovación en la industria alimentaria es esencial para satisfacer las necesidades y las nuevas demandas de los consumidores. Esta investigación se centró en evaluar la enseñanza de la asignatura "Desarrollo de Nuevos Productos" en la Universidad Nacional de Barranca y su impacto en la producción de artículos científicos por parte de los estudiantes de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Se empleó el método de estudio de casos, siguiendo una secuencia de pasos que incluyó: formulación y evaluación de ideas de investigación, diseño y desarrollo de experimentos en laboratorio, difusión y retroalimentación de propuestas, y presentación final en formato de artículo científico. Participaron 6 estudiantes matriculados en el semestre 2023-1. La metodología aplicada permitió que los estudiantes redactaran artículos científicos bajo el esquema de la revista QuantUNAB, concretándose tres propuestas: "Formulación y evaluación fisicoquímico y sensorial de galletas de avena fortificadas con harina de la macroalga yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) y endulzadas con aspartame", "Desarrollo y evaluación fisicoquímico y sensorial de nugget a base de hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y avena (*Avena sativa L.*)" y "Procesamiento de helado a partir de pulpa de pitahaya (*Selenicereus undatus*) con leche de soja (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietinum*)". Esta metodología demostró ser efectiva para guiar a los estudiantes en la redacción de artículos científicos orientados al campo de la industria alimentaria.

¹ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: njamanca@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: phuayanayr182@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: grodriguez181@unab.edu.pe

PALABRAS CLAVE: Innovación, estudio de casos, diseños experimentales, redacción científica.

ABSTRACT

Constant innovation in the food industry is essential to satisfy the needs and new demands of consumers. This research focused on evaluating the teaching of the subject "New Product Development" at the National University of Barranca and its impact on the production of scientific articles by Food Industry Engineering students. The case study method was used, following a sequence of steps that included: formulation and evaluation of research ideas, design and development of laboratory experiments, dissemination and feedback of proposals, and final presentation in scientific article format. 6 students enrolled in the 2023-1 semester participated. The applied methodology allowed the students to write scientific articles under the framework of the QuantUNAB magazine, specifying three proposals: "Formulation and physicochemical and sensory evaluation of oatmeal cookies fortified with flour from the macroalga yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) and sweetened with aspartame", "Development and physicochemical and sensory evaluation of nugget based on edible mushroom (*Pleurotus ostreatus*), cauliflower (*Brassica oleracea var. botrytis*) and oats (*Avena sativa L.*)" and "Processing of ice cream from pitahaya pulp (*Selenicereus undatus*) with soy milk (*Glycine max*) and chickpea (*Cicer arietinum*)" This methodology proved to be effective in guiding students in writing scientific articles oriented to the field of the food industry.

Keywords: Innovation, case studies, experimental designs, scientific writing.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos es un tema fundamental en la formación de los futuros ingenieros en Industrias Alimentarias. Por ello, la formación académica debe proporcionar directrices generales sobre cómo desarrollar productos innovadores en el campo alimentario. Este proceso implica no solo la creación o modificación de un producto, servicio o proceso, sino también su exitosa implementación en el mercado. Para lograr una innovación exitosa, es esencial contar con talento creativo y técnico desde el inicio (Valenzuela y Valenzuela, 2015).

Hay diversas metodologías de enseñanza y aprendizaje diseñadas para lograr un aprendizaje significativo. Una de estas técnicas es el enfoque basado en el estudio de casos, el cual presenta a los estudiantes situaciones y problemas reales, motivándolos a explorar soluciones alternativas o, en última instancia, a resolverlos. Este método puede describirse como un debate interactivo (Estrada Cuzcano y Alfaro Mendives, 2015), por lo que, puede ser empleada en la formación académica de estudiantes de Ingeniería en Industrias Alimentarias, que se enfoca a desarrollar alimentos, orientados a la satisfacción de necesidades nutricionales de las personas.

La investigación científica y la publicación de artículos científicos están profundamente interconectadas. En este contexto, la investigación científica culmina con la publicación del artículo, lo cual permite que los hallazgos se integren al cuerpo de conocimiento científico (Díaz y María, 2016). Es pertinente que los trabajos realizados por los estudiantes, bajo una buena guía del docente, puedan culminar en una propuesta de artículo científico. Este proceso no solo mejora la calidad del aprendizaje, sino que también proporciona a los estudiantes una experiencia valiosa en la investigación científica. Al elaborar sus propuestas de innovación, los estudiantes desarrollan varias habilidades esenciales, como la capacidad de planificar sus actividades de manera estructurada, anticipar y gestionar los recursos necesarios, aplicar metodologías de análisis de alimentos, y redactar artículos científicos. Además, este enfoque les permite familiarizarse con el rigor y las normas del proceso de publicación científica, fomenta el pensamiento crítico y analítico, y mejora sus competencias en comunicación escrita. La experiencia de publicar también puede aumentar su motivación y compromiso con sus estudios, ya que ven cómo su trabajo académico puede contribuir al conocimiento científico y tener un impacto real en su campo

de estudio. Por lo tanto, integrar la redacción de artículos científicos en la formación académica de los estudiantes no solo enriquece su educación, sino que también los prepara mejor para sus futuras carreras profesionales y académicas.

El artículo científico constituye un mecanismo de difusión de la ciencia y explicar los pasos para su publicación en una revista. El artículo científico presenta una estructura básica constituida por: introducción, métodos, resultados, discusión y conclusiones (López Leyva, 2013), asimismo hay una tendencia de incorporar a los estudiantes en la publicación de artículos científicos (Huamaní et al., 2008).

Considerando la importancia de la producción científica a través de artículos con la participación activa de los estudiantes, el objetivo de este trabajo fue analizar el proceso de enseñanza de la asignatura "Desarrollo de Nuevos Productos", enfocada en la producción de artículos científicos. Para ello, se empleó el método de Estudio de Casos con un enfoque cualitativo.

MÉTODOLOGÍA

La ruta de investigación corresponde a una cualitativa (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018), pues está orientado a comprender el proceso de cómo los estudiantes organizan sus acciones de un trabajo de innovación de la asignatura de Desarrollo de Nuevos Productos en la redacción de un artículo científico.

El método empleado fue el Estudio de Casos, adecuado para entender el proceso de redacción de un artículo científico. Este enfoque no solo mejora los resultados cuantitativos del aprendizaje, sino que también, desde una perspectiva cualitativa, fomenta una mayor comunicación con el estudiante, promueve una actitud más crítica, y facilita un mayor involucramiento e interiorización de los temas. Además, es una metodología dinámica que crea un ambiente óptimo para el aprendizaje (Estrada Cuzcano y Alfaro Mendives, 2015).

La secuencia de fases del estudio se organizó siguiendo el esquema presentado en la Figura 1. Esto se basa en el reconocimiento de que la investigación científica es un proceso compuesto por una serie de etapas secuenciales, todas ellas interconectadas entre sí, con el objetivo de obtener resultados confiables, además la investigación se basa en el método científico, que muchos autores describen como el método sistemático de estudio de la naturaleza. Este método abarca técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la

predicción, enfoques para la experimentación planificada, y diversas formas de comunicar y divulgar los resultados obtenidos tanto de experimentos como de teorías (García-González et al., 2020).



Figura 1. Fases del estudio

Los participantes del estudio fueron seis estudiantes, divididos equitativamente entre géneros, con tres varones y tres mujeres, todos matriculados en el ciclo 2023-1 en el curso de Desarrollo de Nuevos Productos. Esta asignatura se considera electiva dentro del Plan de Estudios de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Para llevar a cabo el trabajo, los estudiantes fueron organizados en grupos de dos integrantes cada uno. Durante el desarrollo del proyecto, se siguieron las actividades establecidas en el sílabo, las cuales se distribuyeron a lo largo de las 16 semanas del período lectivo. El enfoque principal de estas actividades estuvo dirigido a la generación de tres propuestas de artículos científicos, en línea con la temática establecida en el sílabo de la asignatura.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio están estrechamente relacionados con las distintas fases del proceso investigativo. A continuación, se detallan estas etapas para comprender mejor los hallazgos:

1. Formulación de ideas de investigación

En esta fase inicial, los estudiantes generaron y desarrollaron ideas para sus proyectos de investigación. Esto implicó identificar áreas de interés dentro del campo de Desarrollo de Nuevos Productos en Industrias Alimentarias y proponer preguntas de investigación pertinentes.

Durante las sesiones de clases presenciales, se hizo hincapié a los estudiantes sobre la relevancia del curso de Desarrollo de Nuevos Productos, destacando su enfoque en la innovación de productos. Se enfatizó la innovación como la "creación o modificación de un producto, servicio o proceso que tiene una aplicación exitosa en el mercado". Además, se subrayó que para que una innovación sea verdaderamente exitosa, no solo se requiere de talento creativo y/o técnico, sino también de habilidades empresariales para llevarla al siguiente nivel y lograr un impacto significativo en el mundo empresarial (Valenzuela y Valenzuela, 2015).

Las ideas generadas, mediante lluvia de ideas para el desarrollo de las propuestas fueron:

- a) Galletas elaboradas con harina de macroalga yuyo con incorporación de edulcorantes, para reducir el nivel de sacarosa.
- b) Uso de hongos comestibles (*Pleorotus Ostreatus*) para la elaboración de nuggets veganos con bajo contenido en grasas.
- c) Procesamiento de helado a partir de la pitahaya roja con leche de garbanzo y soja.

2. Evaluación de las ideas de investigación

Una vez formuladas las ideas, los estudiantes las sometieron a una evaluación crítica para determinar su viabilidad y relevancia. Se analizaron factores como la originalidad, la factibilidad y la relevancia, la experiencia, la literatura, la teoría y las sugerencias de

profesionales del campo alimentario. En ese sentido, las evaluaciones comprendieron el análisis de sus factibilidades de ejecución considerando los siguientes aspectos:

- a) Disponibilidad de materia prima y de insumos en el mercado modelo de Barranca.
- b) Factibilidad de procesamiento a condiciones de laboratorio.
- c) Disponibilidad de los envases y embalajes para la presentación final del producto.
- d) Disponibilidad de equipos y materiales en los laboratorios de Tecnología de Alimentos, Análisis de Alimentos y de Panificación de la Universidad Nacional de Barranca.

3. Planteamiento de diseños experimentales

En esta fase, se diseñaron los experimentos y metodologías necesarios para abordar las preguntas de investigación planteadas. Esto incluyó la planificación de procedimientos de recolección y análisis de datos adecuados para cada proyecto. El desarrollo de una investigación en el campo alimentario implica llevar a cabo experimentos basados en el método científico. En este proceso, el experimento se concibe como un procedimiento destinado a poner a prueba una hipótesis relacionada con un fenómeno específico, mediante el análisis y la manipulación de diversas variables (Puente Ramírez et al., 2015). El diseño experimental implica la planificación de un conjunto de pruebas experimentales de manera que los datos resultantes puedan ser sometidos a análisis estadístico con el fin de extraer conclusiones válidas sobre un proceso determinado (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, 2008). En el ámbito alimentario, se utilizan una variedad de diseños experimentales, y entre los más comúnmente empleados en el desarrollo y formulación de alimentos se encuentra el diseño de mezclas (Puente Ramírez et al., 2015), en ese sentido los estudiantes plantearon sus ensayos considerando el diseño de mezclas D-Optimal optimal de la Metodología de Superficie Respuesta (Montgomery, 2004).

4. Desarrollo de los procesos y ensayos experimentales a nivel de laboratorio

Los estudiantes llevaron a cabo los experimentos según el diseño establecido, recopilando datos y realizando análisis para responder a sus preguntas de investigación. El desarrollo de los procesos y ensayos en el campo de la ingeniería son necesarias para que

profesional adquiriera las habilidades prácticas necesarias que le permitan resolver problemas profesionales (García Argüelles et al., 2021), en ese sentido, con las estrategias metodológicas vertidas por el docente para el desarrollo de los ensayos experimentales, los estudiantes en grupos de 2 presentaron, planificaron y ejecutaron sus ensayos que son descritos a continuación:

Galletas elaboradas con harina de macroalga yuyo con incorporación de edulcorantes, para reducir el nivel de sacarosa

Materias primas. Se utilizaron como materia prima macroalgas, tal como el yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) adquiridas en el terminal pesquero, mientras que la avena, la harina de trigo y el aspartame fueron adquiridas en el mercado central de Barranca.

Obtención de harina de yuyo (*Chondracanthus chamissoi*). El proceso de obtención de harina de yuyo, según la propuesta de Cáceres Paredes (2021), comprendió las siguientes operaciones: primero se llevó a cabo la recepción de la materia prima, seguida por el pesado utilizando una balanza gramera (marca H.W. Kassel, modelo SA583, Korea). Posteriormente, se procedió al lavado con flujo de agua corriente para eliminar restos de pequeñas conchas y material extraño. Para esta tarea, se colocaron en bandejas de acero inoxidable y se sometieron a un proceso de deshidratado en una estufa (marca Binder-Bio, modelo 1108, Alemania) a una temperatura de 60°C durante 3 h. Una vez completado el deshidratado, se permitió que el material se enfriara antes de ser pulverizado en un procesador de alimentos (marca JRA Smartchef, modelo SP-1321, China). A continuación, se llevó a cabo la molienda utilizando una licuadora en lugar del molino de discos. El material se pulverizó y tamizó empleando un tamizador (marca Tyler, modelo RX-29-16, USA) con mallas de 12, 20, 30 y 60 micras.

Formulación y elaboración de galletas de avena enriquecidas con harina de yuyo (*Chondracanthus chamissoi*). Para la formulación base de las galletas enriquecidas, se consideró lo desarrollado por Defilippi Portal et al. (2019), teniéndose como ingrediente principal 30 de harina de yuyo, 34.5 g de avena, 15 g de harina de trigo, 18.9 g de huevo, 22.5 g de margarina, 1 g de esencia de vainilla y 5 g de polvo de hornear. El proceso de obtención de galletas comprendió las siguientes operaciones: primero se recibió la

materia prima e insumos, seguido del pesado en una balanza (marca H.W. Kessel, modelo SA583, Korea), luego se siguió con la operación de cremado, mezclando la manteca, el aceite de oliva, huevo, esencia de vainilla y aspartame en una batidora (marca Oster, modelo 2600, China). Posteriormente se añadió la harina de trigo, avena y yuyo de acuerdo a los tratamientos experimentales y se procedió a amasar hasta que esta fuera homogénea, una vez logrado se dejó reposar la masa en una refrigerado (marca LG, modelo GS65SDPN, Korea del Sur), por un período de 30 min, pasado este tiempo se procedió a laminar y dar forma usando moldes de acero inoxidable, finalmente se horneó en un horno rotatorio (marca Nova, Perú), a una temperatura de 120°C por 6 min. Posteriormente se dejó enfriar y empacado en envase de material bilaminado con cierre zipper.

Caracterización fisicoquímica de las materias primas y del producto final. Se realizaron los controles de humedad por pérdida de peso o gravimetría (Soler Martínez et al., 2017). El pH fue medida usando papel con escala de pH, tomando una muestra de cada tratamiento, siendo disuelta en agua destilada para su posterior lectura. La ceniza fue determinada mediante incineración de material orgánico en un horno mufla a una temperatura de 550°C. Mientras que el color fue medido mediante el método propuesto por Zegarra et al. (2019) registrada en la escala Cielab. La evaluación sensorial permitió evaluar la aceptación general del producto por cada tratamiento, empleado una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 = me disgusta muchísimo y 9 = me gusta muchísimo con un punto intermedio en 5 = ni me gusta ni me disgusta (Severiano-Pérez, 2019).

Diseño estadístico. Para encontrar las adecuadas proporciones de harina de yuyo, trigo y avena, se empleó un diseño de mezclas con 4 tratamientos, variando la harina de avena (A) entre 53-60%, harina de trigo (B) entre 33.25-40% y harina de yuyo (C) entre 0-7%.

Formulación y elaboración de nugget vegetal

Formulación. La formulación base para la elaboración de los nuggets, a partir de ensayos preliminares se obtuvo con 70% de setas comestibles, 15% de coliflor y 10 % de avena. Los insumos empleados en el proceso fueron: 0.01% de comino molido marca Sibarita, 0.01% de pimienta molido marca Sibarita, 0.20% de cloruro de sodio marca Emsal, 0.068% de ajo en polvo marca Lopesa, 0.10% de cebolla roja rayada y 0.01% de glutamato monosódico marca Ajinomoto y huevo batido para el rebosado. Para establecer la formulación se realizaron

pruebas previas tomando como referencia la propuesta de un nugget cárnico (Hleap Zapata et al., 2023) y realizando las modificaciones y adaptaciones para un producto vegetal.

Descripción del proceso. El proceso de elaboración se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Barranca. El procesamiento de los nuggets comprendió las siguientes operaciones: Recepción de las materias primas e insumos, seguido del respectivo pesado de cantidades mayores con una balanza plataforma (marca AND, modelo Q2005253, Korea del Sur), y los menores con una balanza gramera (marca IIAxis, modelo AKA3200G, Polonia), seguido del lavado de las setas del hongo y coliflor con flujo continuo de agua potable fría. Se prosiguió con el cortado de los púelos o sombreros del hongo y la coliflor en trozos, se continuó con la selección y retiro de micelios y vulvas, mientras que de la coliflor fueron eliminadas el tallo. Seguidamente se aplicó el blanqueamiento en agua caliente a 95°C x 5 min para setas y 95°C x 10 min para la coliflor, seguido de la molienda con un molino de carne (marca RYU Meat Grinder, modelo OJ14125, Perú) con un disco de 5 mm. Luego se realizó el mezclado de los insumos de acuerdo a la formulación establecida, seguidamente se laminó en una bandeja de acero inoxidable añadiéndole pan francés rayado, posteriormente se colocó en un congelador a una temperatura de -18°C (marca LG, modelo GS65SDPN, Korea del Sur) por 15 min, después se retiró y se realizó el cortado en forma redonda con un diámetro de 5 cm, y posteriormente se congeló por 1 h para mejorar su textura. El rebosado fue llevada a cabo con huevo batido, mientras que el freído se llevó a cabo a 140°C x 3 min en una cocina semiindustrial (marca Surge, modelo, Perú). El empaclado del producto final se realizó en bandejas de plástico envueltas con polifilm alimentario. Para su conservación se mantuvo en cadena de frío en un congelador a -18°C.

Caracterización fisicoquímica, cromática y perfil de textura. La acidez total se determinó por gravimetría, mediante una muestra homogénea de agua destilada-muestra (50:50), libre de gas carbónico, tomándose de ésta 10 ml y valorándola con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N, usando un equipo de titulación (marca Titronic modelo 500). Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico (coliflor), ácido cítrico (hongo comestible) y ácido sulfúrico (avena); siempre considerando el factor de dilución (Trujillo et al., 2011). El pH fue determinado mediante un potenciómetro (Marca Hanna HI320, USA) previamente

calibrado con soluciones buffers (Vázquez-Blanco et al., 2018). La humedad se determinó por el método de gravimetría o pérdida de peso por secado (INDECOPI, 2011). Se pesó en una cápsula limpia, totalmente seca y luego se procedió a tarar 5 g de muestra en la cápsula, se colocó en la estufa a $130 \pm 1^\circ\text{C}$ por 1.5 h. Luego se colocó en un desecador, se dejó enfriar y se pesó en una balanza analítica (marca Sartorius, Alemania), hasta que la muestra tenga un peso constante, fue realizada por triplicado.

El color instrumental se determinó utilizando un colorímetro (marca PCE Instruments, modelo CSM 3, España) con un ángulo de observación de 10° e Iluminante D65 a 420 nm. El color se registró usando un espacio de color CIE- $L^* a^* b^*$ donde L^* es la luminosidad, a^* indica el matiz en un eje verde (-) a rojo (+) y b^* es el matiz en un eje azul (-) a amarillo (+), así como CIE- $L^* C^* h^*$, donde L^* es la luminosidad, C^* es el croma y h^* denota el matiz o el ángulo de una medida polar. El valor de croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y el ángulo de matiz $h^* = \text{arctangente}(b^*/a^*)$ (Trujillo et al., 2011).

El peso de las muestras de las materias primas y del producto final, fueron medidas usando una balanza analítica (marca Sartorius, modelo Entris 224-1S), registradas por triplicado.

La actividad de agua (a_w) fue medido en un determinador de actividad de agua portátil (marca Rotronic Hygropalm 23, Suiza). Las dimensiones morfológicas del producto fueron medidas mediante un vernier tipo calibrador electrónico digital (Marca Control Company Traceable, modelo SR44, México).

Los parámetros del análisis del perfil de textura (TPA) se determinaron usando un Texturómetro Brookfield Metek modelo CTX, procedente de EE. UU, empleándose el software TexturePro V1.0 Build 19 de Brookfield Engineering Labs Inc. Las condiciones de la prueba fueron: sonda platos de compresión TA25/1000, doble compresión, velocidad 0.5 mm/s, con penetración de 4.0 mm, celda de carga 5 kg, evaluándose dureza, resiliencia, fracturabilidad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Las muestras fueron medidas de manera íntegra, realizándose las mediciones lo más rápido posible para evitar pérdida de humedad. Los parámetros de textura se midieron en replicas por duplicado (Bonato et al., 2006).

Registro y análisis de imágenes. Las imágenes de las setas comestibles fueron obtenidas con una Impresora-Scanner Multifuncional Lasser (modelo Jet Pro 400 MFP M425dn, marca HP, China) para su respectivo análisis, se colocó una regla milimetrada como referencia para calibrar las imágenes y lograr conversión de pixeles en centímetros, además las imágenes RGB en formato de archivo JPG fueron analizadas con el software ImageJ disponible en <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1.53t 24 de agosto de 2022 de acceso libre creado por National Institutes of Health (USA), de acuerdo a lo propuesto por Baima y Ribotta (2019). Las imágenes complementarias de las materias primas y de procesos fueron tomadas con cámara de celular (moto g(50) 5G, Motorola), con pantalla 1600x720, con cámara frontal de 13MP / Trasera de 48 MP, las tomas fueron sin flash y sin zoom.

Evaluación sensorial. Los panelistas para el análisis sensorial del producto estuvieron conformados por 42 panelistas de ambos sexos, consumidores frecuentes de productos cárnicos incluidas los nuggets, con edad promedio entre 18 – 64 años, quienes firmaron su consentimiento informado, evaluando la aceptabilidad general de los 10 tratamientos, utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 – “me disgusta extremadamente” y 9 – “me gusta extremadamente” de acuerdo a la metodología propuesta por Ramírez-Navas (2012) y Hernández-Monzón et al. (2021).

Aplicación de encuesta en línea sobre percepción de compra. La encuesta estructurada de 16 preguntas sobre aspectos comerciales y perspectiva de compra fue aplicada mediante cuestionario en línea utilizando la herramienta del formulario de Google Forms (Acevedo-Navas y Osorio-Romero, 2022), siendo estas encuestas online una herramienta óptima para la recogida de información (Alarco y Álvarez-Andrade, 2012), por ello se aplicó a un total de 110 consumidores, de ambos sexos con edades entre 19 a 56 años, en su mayoría estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias. El cuestionario estuvo estructurado en 6 apartados: i) Datos generales (2 ítems) ii) Consumo de productos saludables (3 ítems), iii) Frecuencia de compra y consumo de productos vegetales (2 ítems), iv) Consumo de nuggets (2 ítems), v) Presentación del nugget vegetal (3 ítems) y vi) Percepción de consumo y compra del nugget vegetal (4 ítems). El instrumento por tratarse de una percepción solo fue validado por un experto, sin embargo, en su construcción se tomó como

referencia el cuestionario para compras en línea propuestas por Martínez-Hernández et al. (2022).

Diseño estadístico. Para encontrar las adecuadas proporciones de setas comestibles (componente principal), coliflor y avena (componentes secundarios), que permita obtener un producto muy similar a los nuggets comerciales, se empleó el Diseño de Mezclas, del tipo D-optimal o de vértices extremos, que permitió distribuir adecuadamente las mezclas en la región experimental, la cual se representó con figuras geométricas de componentes (Ortega-Pérez et al., 2015), teniendo en cuenta las restricciones de límite inferior y superior de los 3 componentes, generándose 10 tratamientos con diferentes porcentajes (siempre sumados al 100).

Para el análisis estadístico de la aceptabilidad general se utilizó el software Design Expert 11 versión prueba y consistió en el análisis de varianza de los modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, especial cúbico y especial cuadrático, para seleccionar el modelo más significativo y de mejor ajuste para la optimización a través de superficie de respuesta. El análisis estadístico de las características fisicoquímicas fue realizado con el Minitab Versión 19 y Software R. versión 4.2.2. Con relación a los datos de la encuesta, se aplicó estadística general, expresándose los resultados en términos porcentuales.

Procesamiento de helado a partir de la pitahaya roja con leche de garbanzo y soja

Materias primas. Se emplearon granos de soya y garbanzos blancos como materia prima, adquiridos en el mercado de la parada de Barranca, Perú. Además, se utilizó crema de leche obtenida en la bodega de Agrosuo, también ubicada en Barranca, Perú.

Caracterización físico química de granos y la pitahaya. Se determinaron las medidas biométricas de los granos y de la pitahaya, evaluándose su diámetro con un vernier o pie de rey. Se pesó la fruta de pitahaya con balanza digital en unidades de gramos (marca Torrey, modelo L-EQ 5/10, México). Se midió las características fisicoquímicas del garbanzo y de la pitahaya. Se determinó la humedad por el método gravimétrico utilizando una estufa (marca Binder, modelo N° 15-04434, Alemania) a una temperatura de 105°C y el resultado se obtuvo por diferencia de pesos. La determinación de humedad se realizó mediante el método de analizador de humedad, realizándose por duplicado.

La ceniza se determinó por el método de calcinación en incineración de la muestra en un horno mufla (marca Thermconcept, modelo/Type KL 15/11, Alemania) a 550 °C. La densidad aparente se determinó considerando la relación peso / volumen, para ello se pesó la muestra en una balanza analítica (marca Sartorius, modelo ENTRIS224-1S, Alemania) y el volumen fue medida en una probeta de 250 ml.

El color fue determinado por un colorímetro digital (marca PCE Instruments, modelo CSM 3, España), que se determinó la luminosidad (L), coordenada a* y coordenada b*. El color se registró usando CIE-L* a* b* con un espacio de color uniforme (CIE-Lab), donde L* es la luminosidad, a* indica el matiz en un eje verde (-) a rojo (+) y b* es el matiz en un eje azul (-) a amarillo (+), así como CIE-L*C*h*, donde L* es la luminosidad, C* es el croma y h* denota el matiz o el ángulo de una medida polar. El valor de croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y el ángulo de matiz $h^* = \text{arctangente}(b^*/a^*)$ (Trujillo et al., 2011).

Se midió el pH utilizando un potenciómetro digital de acuerdo a lo propuesto por Ortiz de Bertorelli et al. (2009), que expresa la concentración de iones hidrógeno de manera simplificada. La acidez fue determinada por el método de titulación, expresándose el resultado en % de ácido predominante en el alimento, siendo de los granos en % ácido sulfúrico y de la pitahaya en % de ácido cítrico.

Procedimiento de elaboración de helado funcional. Para la elaboración del helado enriquecido de pitahaya se tuvo como referencia la metodología propuesta por Berestan et al. (2010), para ello en primera instancia se extrajo la leche de soya y garbanzo con una tela de filtrar. Para la leche de soya y garbanzo se realizó una recepción, pesado mediante una balanza digital (marca Torrey, modelo L-EQ 5/10, México), selección limpieza se realizó de manera manual sobre una mesa de acero inoxidable, eliminándose los materiales extraños. Posteriormente se remojó por 10 h la soya y 16 h el garbanzo, a temperatura ambiente (20-25°C). Seguidamente se pesó las materias primas para determinar el incremento de volumen, luego se sometió a escaldado en una olla de acero inoxidable a 95°C por 5 min. Posteriormente se licuó (marca JRA, modelo SP-1321, Perú) con agua en una proporción 1:1, para extraer la leche del grano de soya y garbanzo, y este finalizó con la pasteurización a 75°C por 8 min en una cocina semiindustrial.

Para extraer la pulpa de pitahaya, se pesó en la balanza digital (marca Torrey, modelo L-EQ 5/10, México), se cortó y extrajo la pulpa, luego se licuó en una licuadora (marca JRA, modelo SP-1321, Perú), y se sometió a pasteurización a temperatura de 75°C a 8 min, y se enfrió a 5°C.

La primera mezcla correspondió a la mezcla de leches: de soya y garbanzo, posteriormente se agregó leche evaporada y leche en polvo para realizar la mezcla y obtener el batido (marca Oster, modelo N° 2601-051, China) cremoso. En la segunda mezcla se realizó el batido de la crema de leche para incorporarle aire conocida como overum. La primera homogenización y congelación se realizó con la crema de leche, a la cual se agregó la primera mezcla junto con la merma de pitahaya. Esta mezcla se batió durante 10 min hasta obtener la consistencia adecuada y luego se congeló durante 2 horas en una refrigeradora (marca LG, modelo GS65SPPN, China) para lograr la maduración. Posteriormente, se llevó a cabo una segunda homogenización y congelación, batiendo de nuevo la mezcla durante 15 minutos hasta alcanzar el punto de nieve.

Formulación a base de helado. La formulación base para la elaboración de helado funcional con sabor a pitahaya, se obtuvo a partir de ensayos preliminares, lográndose con un 60% de materia prima, compuesto por crema de leche, leche de soya y leche de garbanzo, y un 40% de insumos, incluyendo la leche evaporada, leche en polvo, leche condensada, pulpa de pitahaya, azúcar blanca y CMC.

Diseño estadístico. Para obtener la mejor formulación de helado a base de leche de soya y garbanzo se trabajó con el diseño de mezcla tipo D-Optimal o de Vértices Extremo, teniendo en cuenta las restricciones de límite inferior y límite superior de los 3 componentes generándose un total de 4 tratamientos con diferentes porcentajes.

5. Difusión del esquema para la presentación del informe final en formato artículo científico de la UNAB

Una vez completados los experimentos, los estudiantes procesaron sus resultados y conclusiones en un esquema de artículo científico. Esto incluyó la redacción de secciones como introducción, metodología, resultados y discusión. El esquema usado fue la proporcionada por la revista Quantunab (Universidad Nacional de Barranca, 2023), revista de divulgación científica de la Universidad Nacional de Barranca, que presenta la siguiente

estructura: Datos generales: Título del artículo, Título en inglés, Autores y sus respectivas filiaciones, Resumen, Palabras clave, Abstract y Keywords; en tanto que el cuerpo del artículo, presentó los siguientes elementos: Introducción, Metodología, Resultados y Discusiones, Conclusiones, Agradecimientos y Referencia bibliográfica.

6. Exposición de sus propuestas y retroalimentación

Los estudiantes presentaron sus propuestas de artículo científico a sus compañeros y docentes, recibiendo retroalimentación y sugerencias para mejorar sus trabajos. La exposición oral constituye una estrategia pedagógica y representa un importante indicador de logro del aprendizaje de los estudiantes (Benoit Ríos et al., 2020). Los autores de los trabajos de investigación presentaron sus propuestas con los resultados preliminares de sus estudios mediante unas presentaciones en formato de power point con extensión ppt y canva, por un tiempo máximo de 20 min y 5 min para las preguntas. El jurado evaluador de las exposiciones estuvo conformado por 2 docentes de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, quienes, mediante una lista de cotejo, evaluaron los trabajos y formularon las propuestas de mejora.

7. Presentación de la propuesta de Artículo Científico

Después de la exposición, los estudiantes, con las sugerencias de los docentes evaluadores, elaboraron las propuestas de artículo científico en formato Word. Para la redacción de estos documentos, se aplicó el estilo APA séptima edición, siguiendo el formato de publicaciones establecido por la American Psychological Association.

La labor académica de los docentes universitarios debe facilitar la comprensión de la literatura científica por parte de los estudiantes, tanto en las ciencias sociales como en otros ámbitos académicos (Borda, 2016) y esencialmente en el campo de la ingeniería.

Las propuestas de los artículos presentados fueron:

- Formulación y evaluación fisicoquímico y sensorial de galletas de avena fortificadas con harina de la macroalga yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) y endulzadas con aspartame.

- Desarrollo y evaluación fisicoquímico y sensorial de nugget a base de hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y avena (*Avena sativa L.*).
- Procesamiento de helado a partir de pulpa de pitahaya (*Selenicereus undatus*) con leche de soja (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietinum*).

Los artículos presentados por los estudiantes siguieron el esquema establecido por la Revista Científica QuantUNAB. No obstante, se identificaron ciertas deficiencias en la redacción del documento al exponer los resultados y discutirlos. A pesar de ello, se observó una buena coherencia entre los distintos apartados que conforman el artículo científico.

Estas mejoras podrían corregirse con la práctica continua y un enfoque sistemático en la enseñanza. La implementación de la retroalimentación constante por parte de los docentes puede contribuir significativamente al desarrollo de habilidades de redacción y análisis en los estudiantes. Además, fomentar la participación en proyectos de investigación y publicaciones científicas desde etapas tempranas en su formación académica les permitirá adquirir experiencia y confianza en la elaboración de artículos científicos. Este enfoque integral no solo fortalecerá sus capacidades técnicas y académicas, sino que también les proporcionará herramientas esenciales para su futuro profesional en el campo de la industria alimentaria. Con el tiempo y la práctica, los estudiantes podrán alcanzar un nivel de competencia que les permitirá producir trabajos de alta calidad y contribuir de manera significativa a la literatura científica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La enseñanza de asignaturas a nivel de pregrado como el Desarrollo de Nuevos Productos en la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, es factible de ser orientado hacia la redacción de artículos científicos. Para lograr este objetivo es pertinente emplear métodos de enseñanza-aprendizaje como el estudio de casos, que mediante una secuencia lógica de pasos como: Formulación de ideas de investigación, evaluación de las ideas de investigación, planteamiento de diseño experimentales, desarrollo de los procesos y ensayos experimentales a nivel de laboratorio, difusión del esquema de artículo científico para la presentación del informe final, socialización de las propuestas y retroalimentación, y finalmente la presentación de la propuesta tipo artículo científico. La aplicación de esta metodología permite lograr que los estudiantes en formación del campo de la industria alimentaria puedan redactar un artículo científico, que, bajo la asesoría y orientación del docente, podría culminarse con su publicación en revistas indexadas. En campos como la medicina existen referentes de la activa participación de estudiantes en la redacción y publicación de artículos (Hernández Moreno, 2018) asimismo la experiencia de publicar por los estudiantes genera motivación y fortalece competencias y valores, consolidándose como una experiencia positiva (Fuentes-Olavarría et al., 2022).

La aplicación de esta metodología en los estudiantes matriculados en la asignatura de Desarrollo de Nuevos Productos del semestre 2023-1, permitió lograr la redacción de tres artículos científicos bajo el esquema de la revista QuantUNAB (revista de divulgación científica de la Universidad Nacional de Barranca), siendo estas: “Formulación y evaluación fisicoquímico y sensorial de galletas de avena fortificadas con harina de la macroalga yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) y endulzadas con aspartame”, “Desarrollo y evaluación fisicoquímico y sensorial de nugget a base de hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y avena (*Avena sativa L.*)” y “Procesamiento de helado a partir de pulpa de pitahaya (*Selenicereus undatus*) con leche de soja (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietinum*)”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo-Navas, C., y Osorio-Romero, M. A. (2022). Hábitos de compra y consumo de alimentos durante las cuarentenas por COVID-19 en Bogotá. *Innovar*, 32(86), Article 86. <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n86.104661>
- Alarco, J. J., y Álvarez-Andrade, E. V. (2012). Google Docs: Una alternativa de encuestas online. *Educación Médica*, 15(1), 9-10.
- Baima, J. S., y Ribotta, P. D. (2019). El análisis de imágenes como herramienta de monitoreo en la deshidratación de rodajas de banana. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2018231. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.23118>
- Benoit Ríos, C. G., Ortiz Navarrete, M. A. (2020). Preparación de una exposición oral: ¿cómo resolver problemas desde un enfoque colaborativo? *Conrado*, 16(77), 131-140.
- Berestan, D., Lagamma, M. P., Lavagetto, C., y Pinter, R. (2010). Helado de verduras a base de leche de soja. *Invenio*, 13(24), 137-146.
- Bonato, P., Perlo, F., Teira, G., Fabre, R., y Kueider, S. (2006). Características texturales de nuggets de pollo elaborados con carne de ave mecánicamente recuperada en reemplazo de carne manualmente deshuesada. *Ciencia, docencia y tecnología*, 32, 219-239.
- Borda, X. (2016). El desafío de redactar un artículo de investigación. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 11(11), 13-15.
- Cáceres Paredes, J. T. (2021). *La deshidratación de la macroalga yuyo (Chondracanthus chamissoi) y su efecto en las características nutricionales de la harina* [Informe Final de Proyecto de Investigación, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5495/CACERES%20PAREDES-INFORME%20FINAL-FIPA-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Defilippi Portal, P. F., Hurtado Salirrosas, V. A., Mendoza Vásquez, H. G., Morales Paico, N. R., y Negrini López, J. C. (2019). *Quri: Galletas de avena enriquecidas con*

Cushuro [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626268/defilippi_pp.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Díaz, L., y María, R. (2016). La redacción de un artículo científico. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 32(1), 57-69.

Douglas C. Montgomery. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*.
https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery

Estrada Cuzcano, A., y Alfaro Mendives, K. L. (2015). El método de casos como alternativa pedagógica para la enseñanza de la bibliotecología y las ciencias de la información. *Investigación bibliotecológica*, 29(65), 195-212.

Fuentes-Olavarría, Daniela, Lizana-Ovalle, Marcelo, Pérez-Acuña, Claudia, Rodríguez-Rivas, Matías, y Riquelme-Hernández, Giselle. (2022). Experiencia de estudiantes universitarios de salud al publicar en una revista académica de pregrado. *Index de Enfermería*, 31(3), 232-237. Epub 06 de febrero de 2023. Recuperado en 28 de mayo de 2024, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962022000300020&lng=es&tlng=es.

García Argüelles, L. Á., López Medina, F. y López Roque, F. (2021). Metodología para contribuir a la formación experimental en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2).
<https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2524>

García-González, J. R. y Sánchez-Sánchez, P. A. (2020). Diseño teórico de la investigación: Instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica. *Información tecnológica*, 31(6), 159-170.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600159>

Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda Edición). Mc Graw Hill.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

- Hernández-Monzón, A., Rodríguez-Villacis, D., Romagosa-Ibieta, S., Valdés-Marín, M. y Duarte-García, C. (2021). Evaluación de la calidad sensorial y la aceptabilidad de diferentes productos alimenticios elaborados con adición de jugo de sábila (Aloe vera) y su relación con la dosis empleada. *Tecnología Química*, 41(3), 480-498.
- Hernández Moreno, Vicente José. (2018). La participación de los estudiantes en las publicaciones científicas. *Medicentro Electrónica*, 22(2), 106-107. Recuperado en 28 de mayo de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432018000200001&lng=es&tlng=es.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Primera). Mc Graw Hill Education.
- Hleap Zapata, J. I., Solís Estacio, M. F. y Dussan Sarria, S. (2023). Análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial de nuggets elaborados a partir de bagre de faja (*Galeichthys peruvianus*). *Ingeniería y Desarrollo*, 41(1), 2145-9371.
- Huamaní, C., Chávez-Solís, P. y Mayta-Tristán, P. (2008). Aporte estudiantil en la publicación de artículos científicos en revistas médicas indizadas en Scielo-Perú, 1997—2005. *Anales de la Facultad de Medicina*, 69(1), 42-45.
- INDECOPI. (2011). *Norma Técnica NTP 205.002 peruana 1979: (Revisada El 2011)*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/547560710/205-002>
- López Leyva, S. (2013). El proceso de escritura y publicación de un artículo científico. *Revista Electrónica Educare*, 17(1), 05-27.
- Martínez-Hernández, C., Roque-Hernández, R. V. y Mendoza-Juárez, S. (2022). Validación por Expertos: Cuestionario para las Compras en Línea de Estudiantes Universitarios. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 15(2), 68-75. <https://doi.org/10.37843/rted.v15i2.342>
- Ortega-Pérez, D. C., Bustamante-Rua, M. O., Gutiérrez-Rôa, D. F., y Correa-Espinal, A. (2015). Diseño de mezclas en formulaciones industriales. *DYNA*, 82(189), 149-156. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42785>

- Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas, L., y Gervaise, R. L. (2009). Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Tropical*, 59(1), 73-79.
- Puente Ramírez, E. J., Romero López, R., Rodríguez Borbón, M. I., y Trejo Mandujano, H. A. (2015). Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria. *CULCyT/Ingeniería Industrial*, 1(56), 141-151.
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). *Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor* (Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle).
- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Soler Martínez, N., Castillo Ruiz, O., Rodríguez Castillejos, G., Perales-Torres, A., y Gonzales-Pérez, A. L. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3), 227-234.
- Trujillo, Y., Cáceres, L., y Silva, J. (2011). Conservación de la coliflor (*Brassica Oleraceae* L.) cv. Botrytis almacenada en refrigeración. @limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.24054/limentech.v9i1.1531>
- Universidad Nacional de Barranca (2023). Directrices para Autores. Revista QuantUNAB. *Para autores*. <https://revistas.unab.edu.pe/index.php/qunab/politicaautor>
- Valenzuela B, A. y Valenzuela B, R. (2015). La innovación en la industria de alimentos: Historia de algunas innovaciones y de sus innovadores. *Revista chilena de nutrición*, 42(4), 404-408. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000400013>
- Vázquez-Blanco, S., González-Freire, L., Dávila-Pousa, M. C. y Crespo-Díaz, C. (2018). Determinación del pH como criterio de calidad en la elaboración de fórmulas magistrales orales líquidas. *Farmacia Hospitalaria*, 42(6), 221-227. <https://doi.org/10.7399/fh.10932>

Zegarra, S., Muñoz, A. M., Ramos-Escudero, F., Zegarra, S., Muñoz, A. M. y Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboration of a gluten-free bread based on cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) flour and sensory acceptability evaluation. *Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>

Capítulo VI: Cuantificación de ácido ascórbico en jugos naturales comercializados en la provincia de Barranca – Lima – Perú

Chapter VI: Quantification of ascorbic acid in natural juices marketed in the province of Barranca – Lima – Peru

Sarela Alfaro-Cruz¹, Angi Dayana Bandin Ramírez², Rossy Yesica Andrés Caurino³

RESUMEN

La vitamina C se destaca como un importante indicador de calidad, su variabilidad y sensibilidad a la degradación complican la medición utilizando técnicas tradicionales. El contenido de vitamina C (Ácido ascórbico- AA) en néctares se determinó utilizando tiras reactivas MQuant (Merck). Este método se basa en la reacción reductora del ácido molibdofosfórico en presencia de AA, lo que provoca un cambio de color de amarillo a azul. Se cuantifico AA en muestras de jugos comercializados en la ciudad de Barranca, Lima-Perú, donde se determina mayor cantidad de AA en la marca DVD con una concentración de 787.72 ± 9.22 mg/L con un coeficiente de variación de 1.17% y los jugos de néctares de la marca KNM es de menor contenido de ácido ascórbico con valores de 112.80 ± 2.36 mg/L con un coeficiente de variación de 2.09 %. El contenido de AA en jugos de muestras DVM es 539.71 ± 6.98 con un coeficiente de variación de 1.525 %. El contenido de AA de jugo GNR de 654.80 ± 8.07 mg/L presenta un coeficiente de variación de 1.23 % y para muestras de GMY de 686.74 ± 5.96 mg/L con un coeficiente de variación de 0.87 %. El contenido de AA para muestras de jugos KP es de 132.06 ± 1.84 mg/L con un coeficiente de variación de 1.39 %. Los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos en las curvas de calibración superaron el 0.9 en todos los casos.

PALABRAS CLAVE: Vitamina C; ácido ascórbico; jugos, análisis de imagen, colorimetría.

¹ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: salfaro@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: abandinr182@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: randresc181@unab.edu.pe

ABSTRACT

Vitamin C stands out as an important quality indicator, but its variability and sensitivity to degradation complicate its measurement using traditional techniques. Ascorbic acid content in nectars was measured using a MQuant test strip (Merck), a method based on the reduction reaction of molybdophosphoric acid in the presence of ascorbic acid, which results in a color change from yellow to blue. Ascorbic acid was quantified in samples of juices marketed in the city of Barranca, Lima-Peru, where the highest amount of ascorbic acid was determined in the brand Del Valle de Durazno with a concentration of 787.72 ± 9.22 mg/L with a coefficient of variation of 1.17% and the nectar juices of the brand Kris orange-tangerine had the lowest ascorbic acid content with values of 112.80 ± 2.36 mg/L with a coefficient of variation of 2.09%. The ascorbic acid content in juices of Del Valle-Mango samples is 539.71 ± 6.98 with a coefficient of variation of 1.525 %. The ascorbic acid content of Gloria-Naranja juice of 654.80 ± 8.07 mg/L presents a coefficient of variation of 1.23 % and for Gloria-Maracuya samples of 686.74 ± 5.96 mg/L with a coefficient of variation of 0.87 %. The ascorbic acid content for kris Punch juice samples is 132.06 ± 1.84 mg/L with a coefficient of variation of 1.39 %. The coefficients of determination (R^2) of the calibration lines in all cases were greater than 0.9.

Keywords: Vitamin C; ascorbic acid; juices; Food image analysis; Food colorimetry.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos seguros y de alta calidad ha creado la necesidad de desarrollar métodos eficaces para evaluar los ingredientes alimentarios, de los cuales la vitamina C es uno de los principales indicadores de calidad. El presente trabajo de investigación está destinado a la cuantificación de ácido ascórbico o vitamina C en néctares de marcas comerciales expendidos en supermercados de la ciudad de Barranca, Provincia de Lima Norte, ubicada a 190 km al noroeste de la ciudad de Lima, Perú, con un sistema de coordenadas UTM, ubicado: 184 011 E, 8 790 524 N, 240 765 E, 8 857 995 N; con una superficie de 1355.87 km², con 133904 habitantes y con una densidad poblacional de 98.76 hab/km², (Lira-Camargo et al., 2020). Los nombres químicos de la vitamina C son Ácido Ascórbico (AA), ácido hexurónico, factor antiescorbútico, o antiescorbutina (Zago et al., 2010). Esta vitamina está implicada en la síntesis de colágeno y en varias funciones inmunológicas y antibacterianas. Es una lactona de seis carbonos la cual se sintetiza a partir de la glucosa en muchos animales. La Vitamina C es sintetizada en el hígado de algunos mamíferos y en el riñón de aves y reptiles. Sin embargo, varias especies, incluyendo los humanos, los primates no humanos, los murciélagos indios, entre otros, no son capaces de sintetizar la vitamina C. La presencia de esta vitamina es requerida para un cierto número de reacciones metabólicas en todos los animales y plantas y es creada internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una notable excepción, por la razón anterior es de importancia que la dieta diaria incluya vitamina C y que los alimentos, como los néctares de frutas, que son ampliamente ingeridos por grupos de distintas edades, estén adecuadamente fortificados y que contribuyan a la ingesta de ácido ascórbico. Cuando no hay suficiente vitamina C en la dieta, los humanos sufren una enfermedad potencialmente letal llamada escorbuto, sin embargo, el ácido ascórbico o vitamina C está presente en la mayoría de los zumos naturales y se utiliza mucho en la industria alimentaria. Existe una fuerte dependencia de la temperatura en relación con las antocianinas y la vitamina C durante el proceso de pasteurización de bebidas (Hernández-Prieto et al., 2024).

La industria elabora zumos y bebidas para distribuirlos a larga distancia y conservarlos en los estantes, ya que aportan nutrientes valiosos. El valor nutricional suele subestimarse debido a la insuficiencia de los métodos analíticos de cuantificación (Wang et

al., 2024). Esta degradación afecta a las características sensoriales de los alimentos procesados, como el sabor y el color, es importante evaluar otros nutrientes y compuestos bioactivos en frutas y verduras y su sinergia (Bodnar et al., 2023). Sin embargo, las reacciones de degradación de los AA son a menudo responsables de importantes cambios de calidad que se producen durante el almacenamiento de los alimentos, los cítricos son fuente de compuestos fenólicos con propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (Razola-Díaz et al., 2023). Asimismo, la cuantificación de vitamina C en néctares de marcas comerciales es esencial para garantizar la salud pública y calidad del producto, proporcionar información precisa a los consumidores, y cumplir con las regulaciones alimentarias. Además, esta investigación puede tener implicaciones importantes para la salud de la población y la calidad de los productos disponibles en el mercado. Sin embargo, dado que la vitamina C se caracteriza por su baja estabilidad térmica y la tendencia a oxidarse fácilmente, los procesos que utilizan temperatura elevada provocan pérdidas de la misma en comparación con el material de entrada. Estas pérdidas pueden ser del 20% al 90% en dependencia del nivel de temperatura, la duración del procesamiento y si hay contacto con el oxígeno. (Mieszczakowska-Fraç, Celejewska, & Płocharski, 2021). Por lo tanto, los tratamientos térmicos elevados es una de las causas principales de la degradación de AA, aunque otros factores como el pH o la radiación UV, también contribuyen (Aguilar et al., 2019; Wurlitzer et al., 2019; Cheng et al., 2020).

En los últimos años, la aplicación de plasma frío afecta el contenido de vitamina C y la actividad antioxidante en diferentes tipos de frutas y zumos de frutas (Zargarchi et al., 2024). El AA es el antioxidante más importante para el cuerpo ya que actúa como cofactor de muchas enzimas que participan en diversas funciones fisiológicas (Ali et al., 2024). Por este motivo, frecuentemente se añade AA durante el proceso industrial para enriquecer nutricionalmente el producto y compensar las pérdidas nutricionales (Nowicka, Teleszko, & Wojdyło, 2019). El objetivo de este estudio es la cuantificación de Vitamina C basado en análisis de imagen y colorimetría en néctares de seis marcas comerciales expendidos en supermercados de la ciudad de Barranca, Lima - Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de seis jugos de marcas comerciales marca: Marca A (DVM), Marca B (DVD), Marca C (GNR), Marca D (GMY), Marca E (KP), Marca F (KNM), expendidos en supermercados de la ciudad de Barranca, Provincia de Lima Norte, ubicada a 190 km al noroeste de la ciudad de Lima, Perú, con un sistema de coordenadas UTM, ubicado: 184 011 E, 8 790 524 N, 240 765 E, 8 857 995 N; con una superficie de 1355.87 km², con 133904 habitantes y con una densidad poblacional de 98.76 hab/km². (Lira-Camargo et-al 2020). Asimismo, se utilizó Tiras reactivas MQuant (Merck), smartphone Galaxy S23, soporte universal objetivo macro universal.

Determinación de ácido ascórbico por análisis de imagen

El contenido de ácido ascórbico en néctares se midió empleando una tira reactiva MQuant (Merck), El método está basado en la reacción de reducción del ácido molibdofosfórico en presencia de ácido ascórbico, la que se traduce en un cambio de color de amarillo a azul. El protocolo de determinación se realiza colocando la tira reactiva en la muestra (20 - 30 °C) durante 1 s, luego se elimina el exceso de líquido de la tira sacudiéndola y, después de 10 s, se compara el color de la zona de reacción con los estándares de ácido ascórbico para estimar visualmente la concentración de ácido ascórbico de la muestra (Figura 1A). A efectos de emplear la tira reactiva en el análisis cuantitativo de ácido ascórbico, se implementó un procedimiento de análisis de imagen. Donde la tira reactiva después de su reacción con la muestra y la de los estándares simultáneamente se adquirieron una imagen utilizando un smartphone Galaxy S23, Modelo SM-S916B. Donde se configuró de la siguiente manera: zoom=2x, calidad de imagen=99%, enfoque automático activado. El smartphone, acoplado a un soporte universal objetivo macro universal para teléfonos móviles, se conectó a un ordenador, y se analizó empleando una aplicación Color Grab para determinar los valores HSV de color. A partir de estos valores se construyó una curva de calibración basado en la distancia de Euclides (ecuación 1) (Figura 1B). (Abderrahim, Arribas & Condezo-Hoyos 2016, Alfaro-Cruz 2019)

$$ED = \sqrt{(H_m - H_b)^2 + (S_m - S_b)^2 + (V_m - V_b)^2} \quad (1)$$

Donde: H_m , S_m y V_m = Promedio de H, S y V de los estándares de ácido ascórbico o muestras y H_b , S_b y V_b = promedio de H, S, y V del blanco (0 mg/L de ácido ascórbico).

El ensayo de colorimetría se validó utilizando análisis de correlación y aplicando la Ecuación 1, y analizando con el Software GraphPad 6.1 (GraphPad Prism, San Diego, CA, EE.UU.)

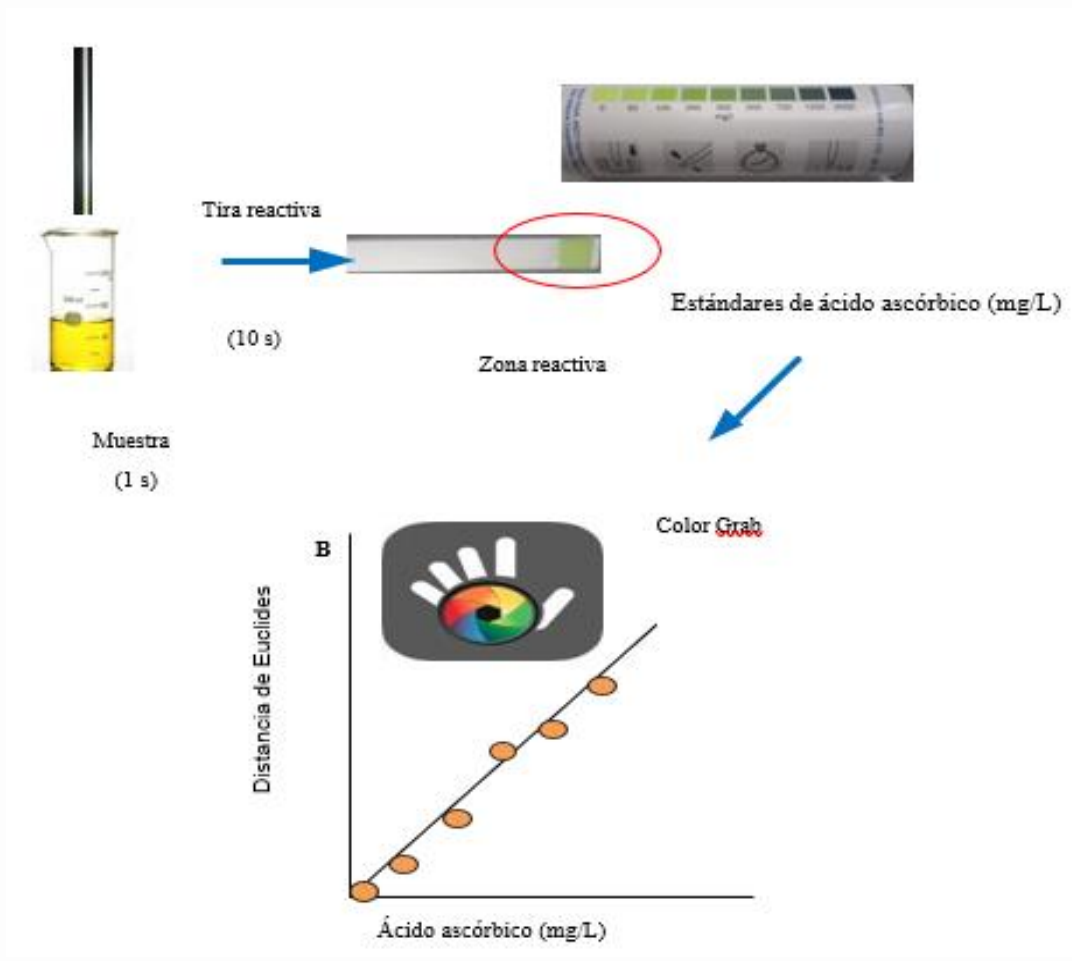
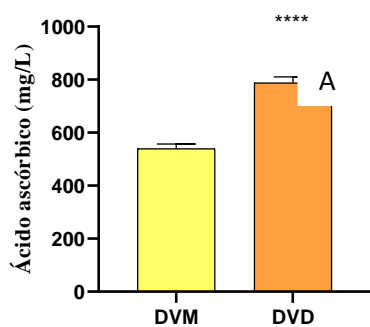


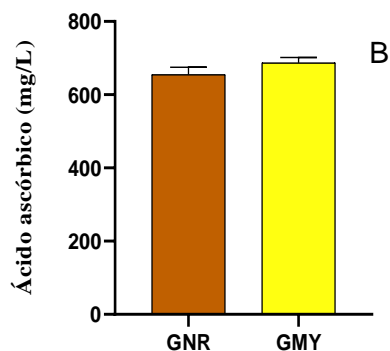
Figura 1. Protocolo esquemático para la cuantificación de ácido ascórbico empleando una tira reactiva MQuant (Merck) y análisis de imagen con Color Grab

RESULTADOS

El ensayo de determinación de Vitamina C para muestras de DVM fue lineal ($y = 0.2391X - 2.617$) con un $R^2 = 0.9976$ y para muestras de DVD también se tiene una linealidad ($Y = 0.2432x + 0.573$) con un $R^2 = 0.9967$. El contenido de ácido ascórbico en muestras DVM y muestras DVD es 539.71 ± 6.98 y 787.72 ± 9.22 mg/L con un coeficiente de variación de 1.525 % y 1.17 % respectivamente. (Fig. 2A). El ensayo de determinación de Vitamina C para muestras de GNR fue lineal ($Y = 0.247X - 1.0591$) con un $R^2 = 0.9985$ y para muestras de GMY también se tiene una linealidad ($Y = 0.198X + 1.3844$) con un $R^2 = 0.9955$. El contenido de ácido ascórbico de jugo GNR de 654.80 ± 8.07 mg/L con un coeficiente de variación de 1.23 % y para muestras de GMY de 686.74 ± 5.96 mg/L con un coeficiente de variación de 0.87 % (Fig. 2 B). Asimismo, se tiene los análisis de determinación de Vitamina C para muestras de KP con linealidad ($Y = 0.2548X + 0.7674$) con un $R^2 = 0.9923$ y para muestras de KNM también se tiene una linealidad ($Y = 0.2288X + 0.7812$) con un $R^2 = 0.9979$. El contenido de ácido ascórbico para muestras de jugos KP es de 132.06 ± 1.84 mg/L con un coeficiente de variación de 1.39 % y para muestras de KNM el contenido de ácido ascórbico es de 112.80 ± 2.36 mg/L con un coeficiente de variación de 2.09 % (Fig. 2 C). Los coeficientes de determinación (R^2) de las rectas de calibrado en todos los casos resultaron mayores que 0.9, que garantizaran la fiabilidad de las cuantificaciones. (Fig. 2 D).



C



D

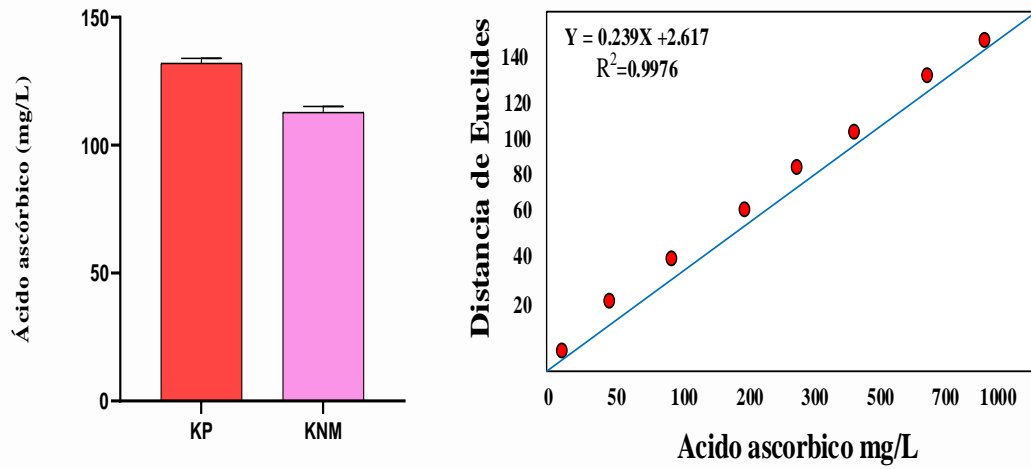


Figura 2. Contenido de ácido ascórbico de jugos comerciales DVM y DVD (A). GNR y GMY (B) y KP y KNM (C). Coeficiente de determinación (R^2) de las rectas de calibrado en todos los casos resultaron mayores que 0.9 (D). Los valores representan el promedio \pm desviación estándar ($n=3$).

Tabla 1. Prueba de Comparación de Tukey del contenido de ácido ascórbico en jugos comerciales

| Muestras | Diferencia de medias | Intervalo de confianza (95%) | Sig | Resumen |
|-------------|----------------------|------------------------------|-----|---------|
| DVM vs. DVD | -248 | -265.5 - 230.5 | Si | **** |
| DVM vs. GNR | -115.1 | -132.6 - 97.61 | Si | **** |
| DVM vs. GMY | -147 | -164.5 - 129.5 | Si | **** |
| DVM vs. KP | 407.6 | 390.2 - 425.1 | Si | **** |
| DVM vs. KNM | 426.9 | 409.4 - 444.4 | Si | **** |
| DVD vs. GNR | 132.9 | 115.4 - 150.4 | Si | **** |
| DVD vs. GMY | 101 | 83.49 - 118.5 | Si | **** |
| DVD vs. KP | 655.7 | 638.2 - 673.1 | Si | **** |
| DVD vs. KNM | 674.9 | 657.4 - 692.4 | Si | **** |
| GNR vs. GMY | -31.94 | -49.42 -14.45 | Si | *** |
| GNR vs. KP | 522.7 | 505.3 - 540.2 | Si | **** |
| GNR vs. KNM | 542 | 524.5 - 559.5 | Si | **** |
| GMY vs. KP | 554.7 | 537.2 - 572.2 | Si | **** |
| GMY vs. KNM | 573.9 | 556.5 - 591.4 | Si | **** |
| KP vs. KNM | 19.26 | 1.780 - 36.74 | Si | * |

La prueba de Tukey al 0,05% de significancia (Tabla 1) para la interacción se tiene diferencia significativa entre muestras de jugo de DVD vs KP con una media de 655.7 e intervalo de confianza al 95% con valores de 638.2 - 673.1, asimismo se reporta que no existe

diferencia significativa entre KP vs. KNM con una media de 19.26 e intervalo de confianza al 95% valores de 1.780 - 36.74. Se tiene valores de ácido ascórbico en las muestras de jugos comercializados en la ciudad de Barranca (Fig 3) siendo el DVD con mayor valor de contenido de ácido ascórbico 787.72 ± 9.22 mg/L con un coeficiente de variación de 1.525 %,asimismo se tiene que para muestras de jugos KNM el contenido de ácido ascórbico es de 112.80 ± 2.36 mg/L con un coeficiente de variación de 2.09 %

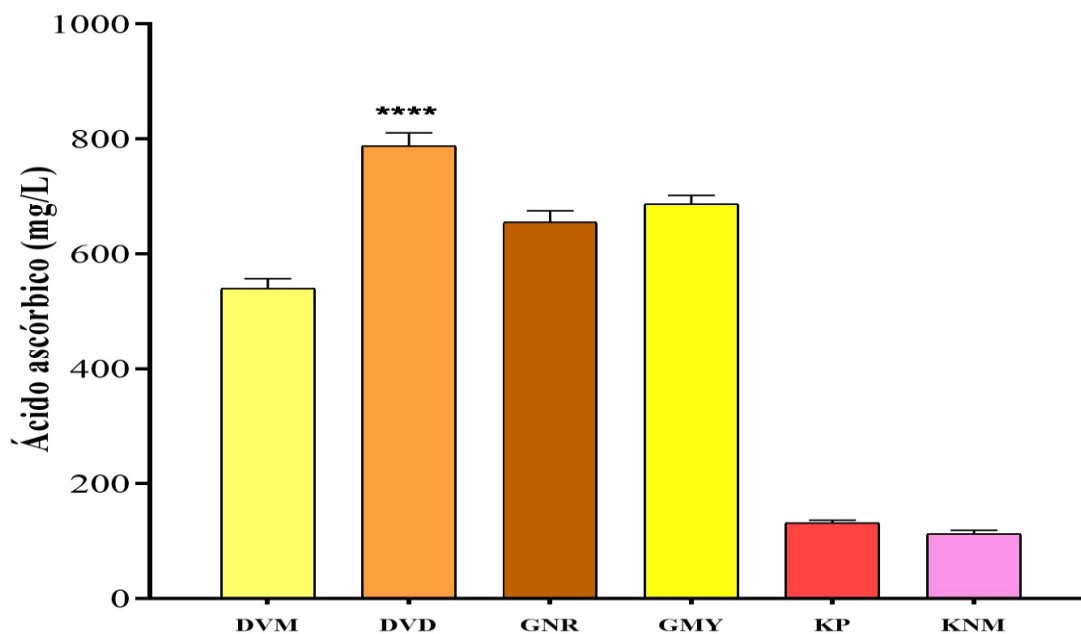


Figura 3. Contenido de ácido ascórbico de jugos comerciales. Los valores representan el promedio \pm desviación estándar (n=3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para este análisis se utilizó la tira reactiva MQuant (Merck), que se basa en la reacción de reducción del ácido molibdofosfórico bajo la influencia del ácido ascórbico. De manera similar, utilizaron en un estudio (Ibarra-Garza et al., 2015), la cuantificación de la concentración de ácido ascórbico utilizando un micrométodo basado en la reducción de reactivos de Folin previamente validado. Asimismo, se determinó el contenido de ácido ascórbico empleando la distancia de Euclides calculado a partir de los valores de color HSV. Es importante resaltar que el empaque es uno de los elementos más importantes en cuanto a la adecuada distribución y conservación de los jugos naturales, los envases HDPE (High Density Polyethylene) son polímero termoplástico formado por unidades repetidas de etileno, lo que contribuye a la degradación de la Vitamina C por ser empaques sensibles a los ácidos (Alvarez, 2017), Asimismo, (Sandoval, 2006) reporta que se tiene mayor uniformidad en la concentración ácido ascórbico de las muestras que no cumplen con las normativas en el país de Guatemala. Por último, es importante destacar que muchas de las técnicas de determinación de Vitamina C requieren de reactivos contaminantes del medio ambiente, y las tendencias futuras están relacionadas a utilizar técnicas menos invasivas y que no contaminen el medio ambiente. De seis marcas comerciales de jugos evaluados por método colorimétricos y análisis de imagen la que presenta mayor valor es la marca Del Valle de Durazno (DVD) con una concentración de 787.72 ± 9.22 mg/L con un coeficiente de variación de 1.17% y los jugos de néctares de la marca Kris naranja-mandarina (KNM) es de menor contenido de ácido ascórbico con valores de 112.80 ± 2.36 mg/L con un coeficiente de variación de 2.09 % . Por lo tanto, se concluye que la elección del empaque, como los envases HDPE, tiene un impacto significativo en la conservación de la vitamina C en jugos naturales debido a su sensibilidad a los ácidos, lo que puede afectar la degradación de esta vitamina esencial durante el procesamiento, almacenamiento y distribución. Asimismo, es importante cumplir con las normativas de calidad en la producción de jugos para garantizar la uniformidad y el contenido de nutrientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahim, M., M. Arribas, S., & Condezo-Hoyos, L. (2016). A novel high-throughput image based rapid Folin-Ciocalteau assay for assessment of reducing capacity in foods. *Talanta*, 152 (Supplement C), 82-89.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.01.051>
- Aguilar, K., Garvín, A., Lara-Sagahón, A., Ibarz, A., (2019) Ascorbic acid degradation in aqueous solution during UV-Vis irradiation, *Food Chemistry*.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem>
- Alfaro-Cruz, S.C.(2019) Diseño de una bebida funcional con capacidad antioxidante a base de pulpa de mango (mangifera indica l.), noni (morinda citrifolia) y aguaymanto (physalis peruviana l.) <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3099>
- Ali, A., Riaz, S., Khalid, W., Fatima, M., Mubeen, U., Babar, Q., Manzoor, M. F., Zubair Khalid, M., & Madilo, F. K. (2024). Potential of ascorbic acid in human health against different diseases: an updated narrative review. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 493–515.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2327335>
- Alvarez A., K. M. (2017). Cuantificación del ácido ascorbico (Vitamina C) en jugos de toronja comercializados en la ciudad capital. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Bodnar, L. M., Kirkpatrick, S., Roberts, J. M., Kennedy, E. H., & Naimi, A. (2023). Is the Association Between Fruits and Vegetables and Preeclampsia Due to Higher Dietary Vitamin C and Carotenoid Intakes? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 118(2), 459–467.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2023.06.007>
- Cheng, C.-X.; Jia, M.; Gui, Y. and Ma, Y (2020). Comparison of the effects of novel processing technologies and conventional thermal pasteurization on the nutritional quality and aroma of Mandarin (Citrus unshiu) juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 64: 102425.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102425>
- Hernández-Prieto, D., Salar, F. J., Garre, A., Fernández, P. S., García-Viguera, C., &

- Frías, J. (2024). Kinetic modelling of anthocyanins and vitamin C degradation in a maqui-citrus beverage during storage for different sweeteners and pasteurization treatments. *LWT*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116082>
- Ibarra-Garza, I. P., Ramos-Parra, P. A., Hernández-Brenes, C., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2015). Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biology and Technology*, 103(Supplement C), 45-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.014>
- Lira-Camargo, Z. R., Alfaro-Cruz, S. C., & Villanueva-Tiburcio, J. E. (2020). Contaminación sonora en la ciudad de Barranca-Lima-Perú. *Investigación Valdizana*, 14(4), 213–219. <https://doi.org/10.33554/riv.14.4.744>
- Mieszczakowska-Frać, M., Celejewska, K., & Płocharski, W. (2021). Impact of innovative technologies on the content of vitamin C and its bioavailability from processed fruit and vegetable products. *Antioxidants*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/antiox10010054>
- Nowicka, P., Teleszko, M. and Wojdyło, A. (2019). Changes of peach juices during the shelf- life and their in vitro effect on glycolipid digestion and neurotransmitter metabolism. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5): 1865-1873. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14091>
- Razola-Díaz, M. del C., Verardo, V., Gómez-Caravaca, A. M., García-Villanova, B., & Guerra-Hernández, E. J. (2023). Mathematical Modelling of Convective Drying of Orange By-Product and Its Influence on Phenolic Compounds and Ascorbic Acid Content, and Its Antioxidant Activity. *Foods*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/foods12030500>
- Rivera Lemon, E. N., Lowe, L. E., & Owens, J. E. (2024). SNaP-C: Validation of a novel, selective silver nanoparticle antioxidant capacity assay for Vitamin C content in beverages. *Food Chemistry*, 457. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140112>
- Sandoval Lutin, V. L. (2006). *Cuantificación de Ácido ascórbico (Vitamina C) en jugos de naranja naturales comercializados en supermercados de la Ciudad de Guatemala*

(Vol. 1, Issue Noviembre) [Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2478.pdf

Wang, R. Q., Geng, Y., Zhou, N. J., Song, J. N., Yu, H. D., Liu, Y. R., Yue, Z. G., Li, R. Q., Chang, Q., Xu, X. J., Yang, C. Q., Wang, J. K., & Tang, Z. S. (2024).

Quantifying chemical correlations between fruits and processed fruit products: A non-targeted analysis approach. *Journal of Chromatography A*, 1720(November 2023), 464808. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.464808>

Wurlitzer, N. J., Dionísio, A. P., Lima, J. R., Garruti, D. D. S., Silva Araújo, I. M. D., da Rocha, R. F. J., & Maia, J. L. (2019). Tropical fruit juice: Effect of thermal treatment and storage time on sensory and functional properties. *Journal of food science and technology*, 56(12), 5184-5193. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03987-0>

Zago, K., García F, M. Y., Di Bernardo, M. L., Vit, P., Luna, J. R., & Gualtieri, M. (2010).

Determinación del contenido de vitamina C en miel de abejas venezolanas por volumetría de óxido-reducción. *Revista Del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 41(1), 25–30.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772010000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Zargarchi, S., Hornbacher, J., Afifi, S. M., Saremnezhad, S., Günal-Köroğlu, D.,

Capanoglu, E., & Esatbeyoglu, T. (2024). Exploring the impact of cold plasma treatment on the antioxidant capacity, ascorbic acid, phenolic profile, and bioaccessibility of fruits and fruit juices. *Food Frontiers*, November 2023, 1108–1125. <https://doi.org/10.1002/fft2.372>

PARTE II: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

PART II: ADVANCES IN AGRONOMIC ENGINEERING RESEARCH

Capítulo VII: Efectos de la incorporación de rastrojos de maíz (*Zea mays L.*) en la fertilidad del suelo en Barranca-Lima

Chapter VII: Effects of incorporating corn stubble (*Zea mays L.*) on soil fertility in Barranca-Lima

Gregorio J. Arone Gaspar¹, Jainer Román Ramirez², Yadir O. Ortiz Bedon³

RESUMEN

En Barranca se cultiva cerca de 8 mil ha del maíz amarillo duro anualmente, cuyos rastrojos en su mayoría se incinera a campo abierto. Esta práctica además de generar consecuencias ambientales contribuye en la reducción del potencial productivo de los suelos. Asimismo, dada la pérdida de fertilidad de los suelos, los agricultores han incrementado las dosis de abonamiento en los diferentes cultivos a base de fertilizantes sintéticos, además del uso de pesticidas. Ante este escenario, algunos agricultores han iniciado con la incorporación de rastrojos de maíz como enmienda orgánica, por lo que se planteó evaluar los efectos de la incorporación de los rastrojos de maíz en las características edáficas del suelo. El estudio se realizó en el área agrícola de Viña 4, Centro poblado de Vinto Bajo, Barranca, Lima, localizada a 220 m s. n. m. Se evaluaron la fertilidad física y química mediante análisis de caracterización de suelos procedente de dos parcelas colindantes de una extensión de 3 ha cada una; (T1) Suelo con incorporación de rastrojo de maíz por 6 años y (T2) Suelo sin incorporación de rastrojos. Los resultados evidencian que la incorporación de rastrojos de maíz mejora el contenido de % M.O, K, CIC y C.E, en 51,41%, 86,70%, 46,43% y 121,09%,

¹ Docente Investigador, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: garone@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: jromanr182@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: ortizb161@unab.edu.pe

respectivamente. Se confirma que la incorporación de los rastrojos de maíz empleadas como enmienda orgánica contribuyen a restaurar la fertilidad natural del suelo.

PALABRAS CLAVE: Análisis del suelo, rastrojo de maíz, fertilidad del suelo, enmienda orgánica.

ABSTRACT

In Barranca, about 8 thousand ha of hard yellow corn are cultivated annually, whose stubble is mostly incinerated in the open field. This practice, in addition to generating environmental consequences, contributes to the reduction of the productive potential of soils. Also, given the loss of soil fertility, farmers have increased the doses of fertilizer in the different crops based on synthetic fertilizers, in addition to the use of pesticides. Faced with this scenario, some farmers have started with the incorporation of corn stubble as an organic amendment, so it was proposed to evaluate the effects of the incorporation of corn stubble on the soil soil characteristics. The study was carried out in the agricultural area of Viña 4, town of Vinto Bajo, Barranca, Lima, located at 220 m a.s.l. Physical and chemical fertility were evaluated by means of soil characterization analyses from two adjoining plots of an area of 3 ha each; (T1) Soil with incorporation of corn stubble for 6 years and (T2) Soil without incorporation of stubble. The results show that the incorporation of corn stubble improves the content of % M.O, K, CIC and C.E, by 51.41%, 86.70%, 46.43% and 121.09%, respectively. It is confirmed that the incorporation of corn stubble used as an organic amendment contributes to restoring the natural fertility of the soil.

Keywords: soil analysis, corn stover, soil fertility, organic amendment.

INTRODUCCIÓN

La siembra del maíz amarillo duro (MAD) en Barranca forma parte de una fuente importante de ingreso económico para las familias, quienes anualmente cultivan alrededor de 8.231 ha de MAD empleando tecnología de una agricultura intensiva (Bravo-Martínez et al., 2022).

La quema de los rastrojos agrícolas es una práctica ancestral en muchas regiones y ello no es ajena a los agricultores de Barranca, quienes, con la intención de retirar todo rastrojo del campo, y en el menor tiempo posible con la finalidad de instalar la próxima siembra, queman a menudo los rastrojos del maíz sin considerar las consecuencias ambientales y agronómicas (Abdurrahman et al., 2020; Huang et al., 2022; Raza et al., 2022). Al realizar la quema los agricultores reducen la reposición de las fuentes orgánicas, al mismo tiempo reducen también la capacidad productiva de los suelos (Agbeshie et al., 2022; Ngole-Jeme, 2019; Pellegrini et al., 2022). Frente a este deterioro y con el afán de compensar el agotamiento de los suelos, los agricultores realizan la sobre aplicación con fertilizantes químicos y pesticidas, los que en el tiempo vienen generando cambios en el contenido de nutrientes, pH, salinidad, humedad, carbono orgánico del suelo (COS), reducción de las poblaciones microbianas, compactación del suelo, etc. (Prashar & Shah, 2016; Meena et al., 2020).

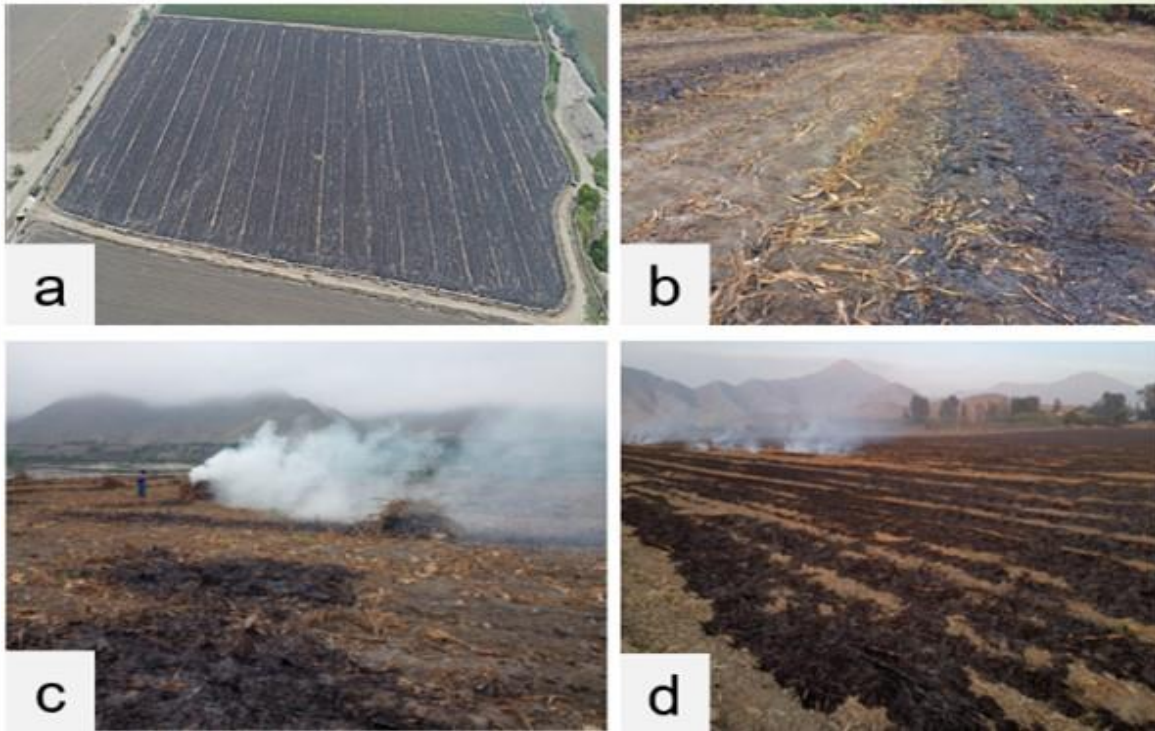


Figura 1. *Diferentes modos de quema de rastrojos de MAD a campo abierto en Barranca. (a) El rastrojo de maíz es trozado con una picadora y queda disperso en campo, lo que facilita su secado y la quema posterior. (b) Cuando se realiza la cosecha manualmente, el rastrojo queda en un tendal, luego de su secado se procede con la quema. (c) Los agricultores amontonan el rastrojo de MAD y luego lo queman. (d) La cosechadora de maíz deja fraccionada el rastrojo que una vez completada su secado lo queman.*

La incineración de rastrojos agrícolas perjudica los ecosistemas, porque se desperdicia una cantidad considerable de nutrientes, aproximadamente entre el 98% al 100% del nitrógeno, entre el 20% y el 40% del fósforo y potasio, y el 70% al 90% del azufre. Además de las pérdidas adicionales de arrastre de cenizas por el agua de riego y el viento. Por otro lado, la quema genera un impacto negativo en los ecosistemas al reducir los organismos en la zona quemada, como las lombrices. Este descenso poblacional ocurre por la muerte directa debido al fuego y también por la carencia de alimentos disponibles (Taladriz y Schwember, 2012; Abdurrahman et al., 2020; Arunrat et al., 2023).

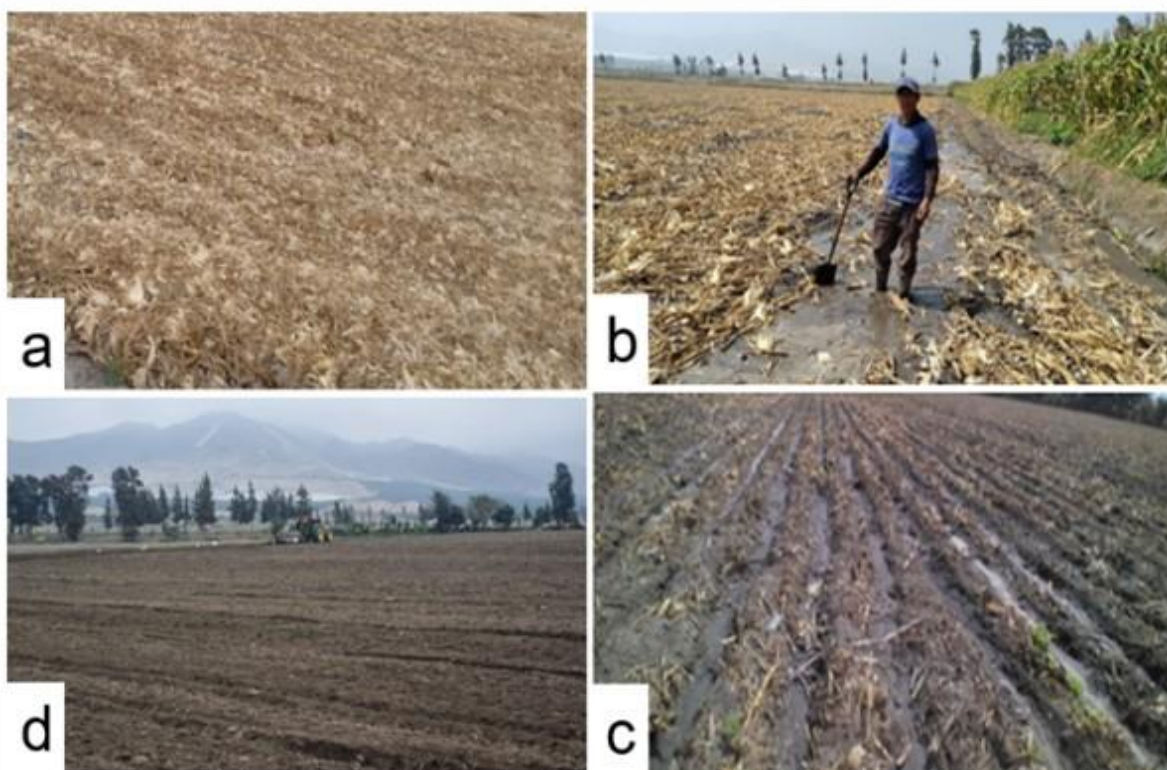


Figura 2. *Proceso de incorporación de rastrojos de MAD en Vinto Bajo, Barranca. (a) El rastrojo de MAD queda disperso en campo después de la cosecha. (b) Se aprovechan los surcos del cultivo anterior para regar el campo y humedecer el rastrojo para su incorporación. (c) Una vez incorporado con rastra pesada, se surcar y se riega nuevamente. (d) Cuando la humedad esté “a punto” nuevamente se pasa la rastra agrícola, para incorporarlo totalmente el rastrojo en el suelo.*

La quema de los rastrojos agrícolas a campo abierto es de preocupación creciente debido a su impacto directo sobre el ambiente (Li et al., 2007; Abdurrahman et al., 2020), así como sobre la sostenibilidad de la fertilidad del suelo (Alemineu & Alemayehu, 2020), como los suelos de la Costa peruana que desde su génesis son suelos pobres en materia orgánica, por ello algunos agricultores iniciaron con la incorporación de rastrojos de maíz como enmienda orgánica, puesto que contribuyen a mejorar la capacidad productiva del suelo mediante la liberación gradual del N, P, K y otros elementos imprescindibles para el desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos (Sarkar et al., 2020). Además, la materia orgánica procedente de los rastrojos de maíz es fuente de carbono para los organismos del suelo quienes promueve la actividad biológica y la generación de una bioestructura del suelo más estable (Xu et al., 2019; Álvaro-Fuentes et al., 2021).

La incorporación consecutiva de rastrojos de maíz como enmienda orgánica origina modificaciones en las características del suelo, por lo que es una práctica agronómica sostenible y beneficiosa orientada a recuperar la fertilidad natural de los suelos (Urrea et al., 2018) (Figura 2).

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área agrícola de Viña 4, propiedad del Señor Percy Aguirre Barrios, Centro poblado de Vinto Bajo, Barranca, Lima, localizada en las coordenadas 10°41'58.7" Latitud Sur y 77°42'39.3" Longitud Oeste a 220 m s.n.m., esta Zona de vida según Holdridge corresponde al Desierto Desecado Suptropical (dd-S) (INRENA, 1994).

Esta investigación descriptiva, emplea el método de análisis y se realizó entre julio a octubre de 2023. Se analizaron suelos procedentes de dos parcelas (1) Suelo con incorporación de rastrojo de maíz por 6 años (T1) y (2) Suelo sin incorporación de rastrojo por el mismo periodo (T2), ambas parcelas son colindantes, de 3 ha extensión y se hallan en una pendiente menor al 1%.

Durante la preparación del suelo se tomaron 20 submuestras simples a una profundidad de 0 a 20 cm para formar una muestra compuesta (Bazán, 2017). Obtenida las tres muestras compuestas por cada parcela se tamizaron independientemente para obtener la fracción de tierra fina (partículas < a 2 mm de diámetro) y debidamente rotuladas se enviaron para su análisis de caracterización al Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados se ordenaron y procesaron empleando R versión 4.3.0 y se compararon las medias empleando test de t de Student ($\alpha=0,05$).

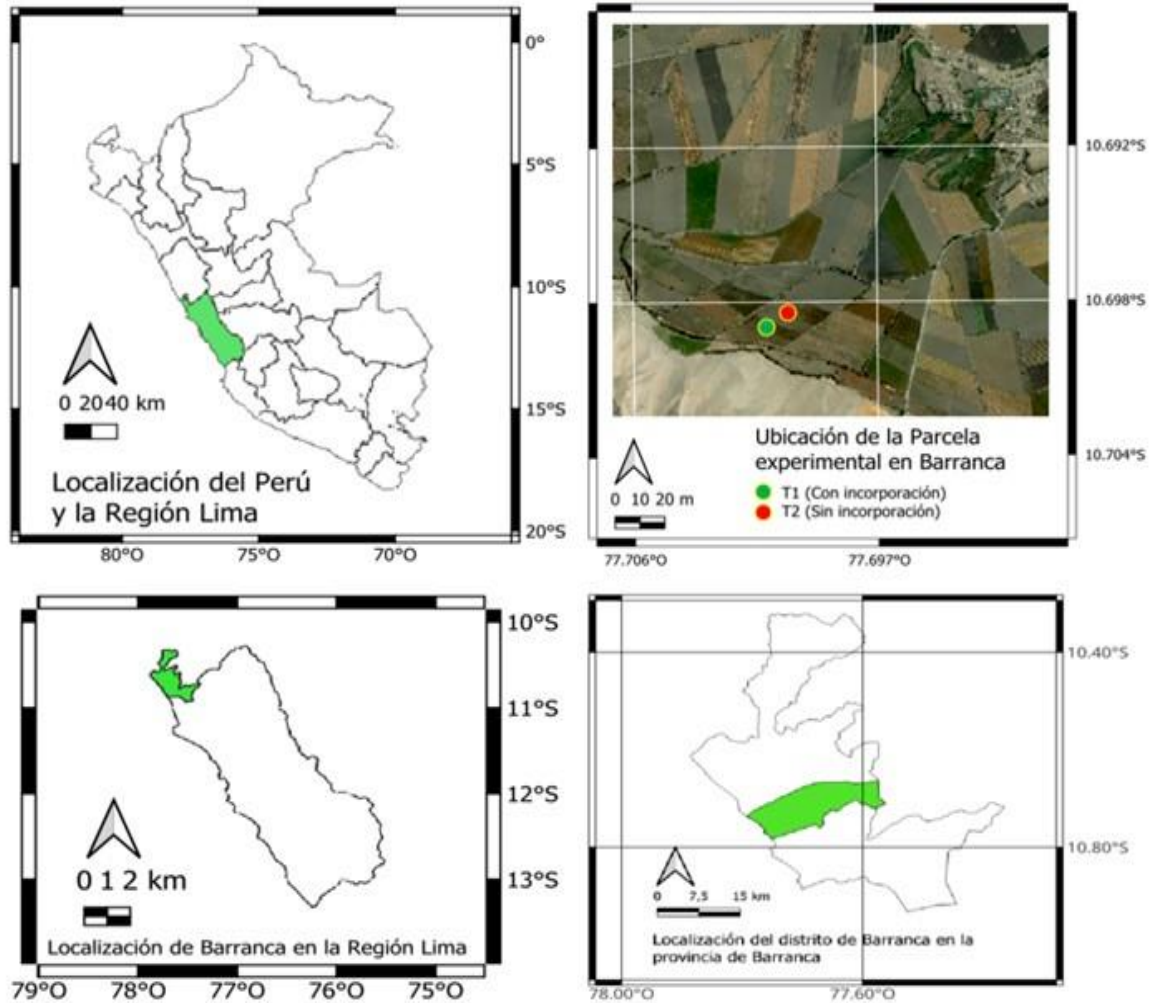


Figura 3. Localización de la parcela experimental en Vinto Bajo, Barranca

RESULTADOS

La fertilidad del suelo cuantificada en T1 y T2 mediante el análisis de caracterización revelan que la incorporación de rastrojos de maíz ha generado cambios en T1, principalmente en los aspectos químicos, físicos y biológicos del suelo, en relación con el suelo donde no se incorporó (T2) (Tabla 1). T1 pertenece a la clase textural Franco arenoso, en cambio a T2 le corresponde la textura Arena franca. Ambos suelos son de pH moderadamente alcalino, son suelos de baja CIC, poseen alto contenido de P y K, y son pobres en materia orgánica, Para las variables evaluadas presentaron diferencias estadísticas (Tabla 1).

Tabla 1. *Efectos de la incorporación de rastrojos de maíz amarillo duro en la fertilidad del suelo en Vinto Bajo, Barranca, Lima.*

| Parámetros | Valor <i>p</i> (0,05) | Suelo con incorporación de rastrojo de maíz (T1) | Suelo sin incorporación de rastrojo de maíz (T2) | Interpretación | % de Incremento |
|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------------------|--------------------|
| pH (1:1) | 0,035 | 8,19 ^a | 8,08 ^b | Moderadamente alcalino | 1,44 |
| CE (1:1) dS/m | 0,001 | 1,08 ^a | 0,49 ^b | Muy ligeramente salino | 121,09 |
| CaCO ₃ | 0,654 | 2,38 | 2,68 | Medio | -11,11 |
| % M.O. | 0,009 | 0,86 ^a | 0,57 ^b | Bajo | 51,41 |
| P (ppm) | 0,042 | 19,38 ^b | 30,82 ^a | Alto | -37,12 |
| K (ppm) | 0,001 | 234 ^a | 125,33 ^b | Medio | 86,70 |
| % Arena | 0,345 | 76,67 | 79,33 | Franco Arenoso | -3,36 |
| % Limo | 0,205 | 15 | 12,33 | (T1) | 21,62 |
| % Arcilla | 1 | 8,33 | 8,33 | Arena Franca (T2) | 0,00 |
| CIC (meq/100 g de suelo) | 0,025 | 4,37 ^a | 2,99 ^b | Bajo | 46,43 |
| Ca (meq/100 g de suelo) | 0,084 | 2,97 | 1,81 | | 63,81 |
| Mg (meq/100 g de suelo) | 0,565 | 0,65 | 0,78 | | -17,48 |
| K (meq/100 g de suelo) | 0,054 | 0,6 | 0,35 | | 71,08 |
| Na (meq/100 g de suelo) | 0,089 | 0,16 | 0,04 | | 292,86 |
| Suma de Cationes | 0,025 | 4,37 | 2,99 | | 46,43 |
| Suma de Bases | 0,025 | 4,37 | 2,99 | | 46,43 |

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El valor de la acidez o alcalinidad indica el pH del suelo, según nuestro resultado T1 y T2 pertenecen a suelos moderadamente alcalinos, característica propia de los suelos de la Costa peruana (Agro Rural, 2018). Sin embargo, T1 posee un valor superior a T2 y a su vez presentan diferencias estadísticas. Este incremento posiblemente se debe a la adición de los rastrojos de maíz (Tabla 1 y Figura 4.A). Al respecto McCauley et al. (2017) indican que existen diversos procesos y condiciones donde la materia orgánica influye en el incremento del pH del suelo, entre ellos la descomposición microbiana de carbohidratos, la

mineralización a amonio, el alto contenido de cationes formadores de bases de residuos vegetales, la cantidad de residuos, etc.

Experiencia similar indican Panda et al. (2017) y Mirzaei et al. (2021), que la incorporación al suelo de residuos de trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), soya (*Glycine max*) y arroz (*Oryza sativa*), aumentaron el pH del suelo en comparación con el valor inicial. Asimismo, Butterly et al. (2011), mencionan que la incorporación de residuos de canola, garbanzo y trigo al suelo incrementan el pH debido a la descarboxilación de iones orgánicos y de la unión de iones de hidrógeno (H⁺) con aniones orgánicos y otros grupos funcionales químicamente cargados de forma negativa y que este proceso varía según el tipo de residuo y el pH inicial del suelo. La conductividad eléctrica (C.E) se refiere a su capacidad para conducir electricidad y está relacionada al contenido de sales en el suelo (Cremona y Enríquez, 2020; Iturri et al., 2022).

La parcela con adición de rastrojo de maíz (T1) posee un incremento de 121,09 % respecto a T2 en contenido de sales. Experiencias similares fueron descritas por Kabirinejad et al. (2014), quienes al incorporar diversas fuentes orgánicas como *Helianthus annuus* L. cv. Allstar (5.8 dS/m), *Sorghum bicolor* L. cv. Speed Feed (6.9 dS/m), *Trifolium pretense* L. (5.3 dS/m) y *Carthamus tinctorius* L. cv. Koseh-e-Isfahan (5.6 dS/m), constataron que una vez incorporada las fuentes orgánicas al suelo incrementaron la C.E (dS/m) del suelo respecto al testigo (5.2 dS/m) (Tabla 1 y Figura 4.B).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la habilidad del suelo para adsorber y liberar cationes a la solución suelo según como las raíces de las plantas lo utilizan y está relacionada con la cantidad total de cargas negativas que posee el suelo. Esta capacidad de retención tiene mucha importancia porque permite que el suelo funcione como un reservorio para los cationes naturales presentes y los que son agregados artificialmente (Sonon et al., 2022).

Los minerales arcillosos del suelo y la materia orgánica tienden a tener carga negativa, lo que atrae cationes a sus superficies mediante fuerzas electrostáticas (Hazelton y Murphy, 2019); en nuestro trabajo los suelos poseen bajo porcentaje de arcilla y a su vez tienen bajo contenido orgánico, que se manifiesta en su baja CIC tanto en T1(4,37 meq/100 g de suelo) como en T2 (2,29 meq/100 g de suelo), propio de los suelos de textura arenosa, sin embargo

presentan diferencias estadísticas, donde T1 posee un incremento de 46,43% respecto a T2. Este aumento puede ser atribuido a la adición de rastrojo de maíz al suelo, dado que el incremento de las fuentes orgánicas al suelo incrementa la CIC (Ramos et al., 2018). Igualmente, Yost y Hartemink (2019) y Solly et al. (2020), indican que, en los suelos arenosos, la CIC está mayormente influenciada por la fuente orgánica presente en el suelo, razón por la cual los suelos arenosos necesitan de la materia orgánica para retener los nutrientes en la capa arable. Igualmente, los polisacáridos adicionados en el rastrojo del maíz estarían contribuyendo al incremento de CIC como indica la FAO (2009). Efecto adverso ocurre cuando se eliminan los rastrojos del maíz, porque contribuyen a la disminución de la CIC (Blanco-Canqui y Lal, 2009), como el caso del T2 (Tabla 1 y Figura 4.C).

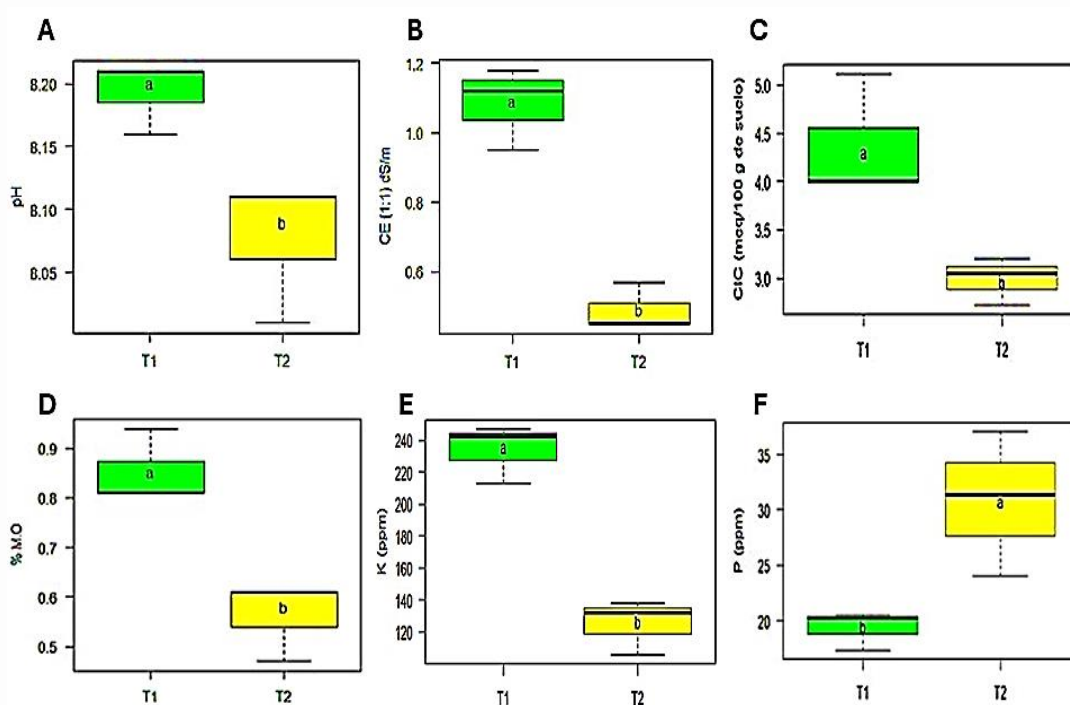


Figura 4. Cambios en la fertilidad química del suelo promovida por la incorporación de rastrojos de maíz amarillo duro por un periodo de 6 años. **A** (Impacto en el pH del suelo debido a la adición de rastrojo de maíz como enmienda orgánica), **B** (Comparación de la salinidad del suelo en parcelas con y sin adición de rastrojo de maíz), **C** (Cambios en CIC del suelo debido a la incorporación de rastrojo de maíz), **D** (Contenido de materia orgánica en dos parcelas con y sin adición de rastrojo de maíz), **E** (Contenido de potasio K del suelo debido a la incorporación de rastrojo de maíz) y **F** (Contenido de fósforo (P) del suelo debido a la incorporación de rastrojo de maíz).

Los componentes orgánicos del suelo (materia orgánica) son restos de plantas y animales descompuestos y transformados por los microorganismos (Gallardo et al.,1982; Corbella & Fernández de Ullivarri, 2011). De esta manera, agregar los residuos de trigo y maíz al suelo en rotación ayudan al incremento de la materia orgánica (Mirzaei et al., 2021). En cambio, la eliminación de los rastrojos de maíz reduce la fuente orgánica del suelo de 20,1 a 14,7 gramos por kilogramo en un lapso de seis años (Urrea et al., 2018). Igualmente, Xu et al. (2019) indican que la eliminación de rastrojos de maíz generalmente reduce el stock de carbono del suelo en 8% en los 0-15 o 0-30 cm de la capa arable del suelo. Del mismo modo, según Guo y Zhao (2021), la quema de rastrojos de maíz reduce las fuentes orgánicas del suelo y la composición de humus en los primeros cm (0 a 2 cm) de la superficie del suelo (Tabla 1 y Figura 4.D).

Efecto contrario a la quema se aprecia cuando se adiciona fuentes orgánicas al suelo, incluso el uso del pellet de paja permite significativamente incrementar la retención del agua, mejorar la estructura y el contenido de C y N, especialmente en suelos de macroagregados grandes (Zhang et al. 2023). Similarmente, Blanco-Canqui y Lal (2007) indican que el empleo de rastrojos de trigo como mulch por 10 años, promueve el aumento de la reserva de carbono orgánico en el suelo (COS) y además mejora las características de los agregados del suelo, por lo que sugieren realizar la gestión de residuos de cultivos porque es importante para el secuestro del COS, control de erosión y la mejora en las características del suelo.

Según Zhang et al. (2022) quienes emplearon el rastrojo de maíz fermentada con *Trichoderma reesei* (RMF-T) y la aplicación directa del rastrojo de maíz (RMD) y un testigo, concluyen que el método RMF-T resulta ser el más beneficioso para incrementar los niveles de carbono orgánico fácilmente oxidable y contenido de humus en el suelo. En RMD y RMF-T el incremento de carbono orgánico del suelo alcanzó de 12,71% y 18,81%, respectivamente, en comparación al testigo a los 360 días de su incorporación.

Las diversas formas de cómo utilizar los rastrojos de cosechas de maíz y de otros cultivos deberían ser incorporadas en la cultura de manejo de los rastrojos por nuestros agricultores, a fin de promover la biota en nuestros suelos y evitar su quema a campo abierto. En nuestro trabajo la incorporación del rastrojo de maíz por 06 años consecutivos promovió incrementos de materia orgánica en 51,41% con respecto al suelo donde no se incorpora. De

este modo, agregar el rastrojo de maíz y otras fuentes orgánicas al suelo resulta beneficiosa debido a su impacto positivo en el contenido de COS y en la fertilidad del suelo, al mismo tiempo, su interacción con otros componentes del suelo y la mejora de la fertilidad química, física y biológica del suelo (Tabla 1), porque los rastrojos del maíz de acuerdo con los niveles de producción pueden aportar aproximadamente 1,7 veces más C que los residuos de *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Helianthus annuus* L., *Sorghum bicolor* L., Moench, *Glycine max* L. Merr. y *Avena sativa* L.) (Wilhelm et al., 2004).

En las condiciones de Barranca una cosecha de maíz produce entre 9 a 12 t de rastrojo por ha, su incorporación aportaría en promedio por tonelada 17 lb N, 4 lb P₂O₅, 34 lb K₂O y 3 lb de S (Wortmann et al., 2012). Al respecto, Sindelar et al. (2013) indican que la recolección de 7,5 t/ha de rastrojo de maíz en promedio permiten retirar del campo 46, 3,5, 76 y 3,7 kg de N, P, K y S, respectivamente, de esta manera, la remoción de los rastrojos ayuda a disminuir la devolución de los nutrientes al suelo (Karlen et al., 2015), tal como se cuantifica para el contenido de K en T2 (125,33 ppm) y en T1(234 ppm).

Aunque ambos suelos tienen un contenido medio en K, al compararlos presentan diferencias significativas, y está claro que la devolución del rastrojo permite incrementar el contenido de K en el suelo (Tabla 1 y Figura 4.E). Los suelos presentan alto contenido en P y a su vez son estadísticamente diferentes. El mayor contenido de P en T2 (30,82 ppm) se puede atribuir al uso de los fertilizantes sintéticos que el agricultor emplea en cada campaña agrícola para la fertilización de sus cultivos. Por otro lado, la baja eficiencia del fertilizante fosfatado en el suelo que fluctúa entre 15 a 30% (Patle et al., 2019), conlleva que los agricultores, empleen excesivamente de este elemento, yendo más allá de las dosis que realmente necesitan las plantas (Sánchez, 2021), los que en el tiempo han logrado conseguir su acumulación, porque cerca del 60% del P añadido al suelo se insolubiliza después de 5 semanas de su aplicación, de esta manera la precipitación del fósforo es el mecanismo predominante que reduce su disponibilidad (Tunesi et al. 1999), además de otros factores, como el pH del suelo que tiene un rol trascendental en la precipitación del fósforo. Cuando el suelo tiene un pH por debajo de 5,5, el fósforo tiende a precipitar junto con iones de aluminio y hierro, pero cuando el pH supera los 7, se precipita con iones de calcio (Ca). Para los suelos minerales, la disponibilidad óptima de fósforo se logra a un pH de alrededor de

6,5, mientras que en suelos orgánicos este punto óptimo se sitúa alrededor de un pH de 5,5 (Penn & Camberato, 2019).

El menor contenido de P en el suelo en T1 (19,38 ppm) a pesar de la adición de P en la biomasa foliar del maíz y las dosis de P empleadas en la fertilización de los cultivos, no se aprecia su acumulación como en T2; esto posiblemente se deba a la presencia de microorganismos que promueve la descomposición de los rastrojos de maíz, cuyos microorganismos ponen al P más soluble y disponible para las plantas (Namlı et al., 2017; Masdariah et al., 2019). Al respecto, diversas experiencias indican que los microorganismos del suelo son capaces de solubilizar/mineralizar el fosfato insoluble del suelo para liberar el P y ponerlo a disposición de las plantas (Alori et al., 2017). La solubilización puede ser del fósforo inorgánico (mineral) insoluble y la mineralización del fósforo orgánico insoluble (Sharma et al., 2013) y a este consorcio de microorganismos que agrupa a las diversas especies de hongos y bacterias del suelo se les llama microorganismos solubilizadores de P (MSP). Los microorganismos presentes mejoran la accesibilidad del fósforo que está en el suelo en una forma disponible, haciéndolo accesible para las plantas (Zhu et al., 2011), mediante la generación y producción de una variedad de compuestos orgánicos derivados de su metabolismo (Sharma et al., 2013) (Tabla 1 y Figura 4.F).

Incorporar rastrojos de maíz al suelo como enmienda orgánica ofrece beneficios, porque contribuye al incremento del contenido del % M.O, K, CIC, C.E, en 51,41%, 86,70%, 46,43%, y 121,09%, respectivamente. En cambio, su retiro de los campos de cultivo favorece al empobrecimiento de la fertilidad de los suelos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Señor Percy Aguirre Barrios de Centro Poblado de Vinto, Barranca, por facilitar su parcela para el presente trabajo de investigación y aportar con el 50% de los gastos para los análisis de caracterización del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdurrahman, M. I., Chaki, S., & Saini, G. (2020). Stubble burning: Effects on health & environment, regulations and management practices. *Environmental Advances*, 2(October), 100011. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100011>
- Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T., & Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1419–1441. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4>
- Agrios, G. (1995). *Fitopatología*. S.A. de C. V. México, Mexico: Limusa.
- Agro Rural. (2018). Manual de Abonamiento con Guano de las Islas. *Agro Rural*, 3, 123. [https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/manual de abonamiento con G.I..pdf](https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/manual%20de%20abonamiento%20con%20G.I..pdf)
- Aleminew, A., & Alemayehu, M. (2020). Soil Fertility Depletion and Its Management Options under Crop Production Perspectives in Ethiopia: A Review. *Agricultural Reviews*, 41(OFF), 91–105. <https://doi.org/10.18805/ag.r-136>
- Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 8(JUN), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>
- Álvaro-Fuentes, J., Franco-Luesma, S., Lafuente, V., Sen, P., Usón, A., Cantero-Martínez, C., & Arrúe, J. L. (2021). Stover management modifies soil organic carbon dynamics in the short-term under semiarid continuous maize. *Soil and Tillage Research*, 213. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105143>
- Arunrat, N., Sreenonchai, S., Sansupa, C., Kongsurakan, P., & Hatano, R. (2023). Effect of Rice Straw and Stubble Burning on Soil Physicochemical Properties and Bacterial Communities in Central Thailand. *Biology*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/biology1204050>.
- Bazán, R. (2017). *Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego*, 89. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2007). Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research*,

- 95(1–2), 240–254. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.01.004>
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability. *Soil Science Society of America Journal*, 73(2), 418–426. <https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0141>
- Bravo-Martínez, F. C., Pinedo-Taco, R., & Zorogastua-Cruz, P. (2022). Sustentabilidad económica del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en el valle de Pativilca, Perú. *Idesia (Arica)*, 40(2), 95–101. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292022000200095>
- Butterly, C. R., Bhatta Kaudal, B. B., Baldock, J. A., & Tang, C. (2011). Contribution of soluble and insoluble fractions of agricultural residues to short-term pH changes. *European Journal of Soil Science*, 62(5), 718–727. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01387.x>
- Corbella, R., & Fernández de Ullivarri, J. (2011). Materia orgánica del suelo. *Universidad Nacional de Tucuman*. [http://www.edafologia.com.ar/descargas/cartillas/materiaorganica del suelo.pdf](http://www.edafologia.com.ar/descargas/cartillas/materiaorganica%20del%20suelo.pdf)
- Cremona, M. V., & Enríquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: el pH y la conductividad eléctrica. *Presencia*, 73, 5–8.
- Gallardo, J., González, M., & Pérez, C. (1982). *La materia orgánica del suelo: su importancia en suelos naturales y cultivados* (p. 239).
- Guo, L., & Zhao, J. (2021). Effect of burning straw in rural areas on ecological environment quality. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(14). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07797-7>
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2019). Interpreting Soil Test Results. *Interpreting Soil Test Results*. <https://doi.org/10.1071/9781486303977>
- Huang, T., Ma, J., Song, S., Ling, Z., Macdonald, R. W., Gao, H., Tao, S., Shen, H., Zhao, Y., Liu, X., Tian, C., Li, Y., Jia, H., Lian, L., & Mao, X. (2022). Health and environmental consequences of crop residue burning correlated with increasing crop yields midst India's Green Revolution. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00306-x>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA. (1994). Mapa ecológico del Perú- Guía Explicativa. In *Ministerio de Agricultura* (p. 271).

<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/INRENA-mapa-ecologico.pdf>

- Iturri, A., Kloster, N. S., Beroisa, carolina, Alvarez, C., Isasti, J., & Díaz-Zorita, M. (2022). ¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos? *Notas Agrícolas Pampeanas*, 6, 17–22.
<http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/13256>
- Kabirinejad, S., Kalbasi, M., Khoshgoftarmanesh, A. H., Hoodaji, M., & Afyuni, M. (2014). Effect of Incorporation of Crops Residue into Soil on Some Chemical Properties of Soil and Bioavailability of Copper in Soil. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(11), 2819–2824.
- Karlen, D. L., Kovar, J. L., & Birrell, S. J. (2015). Corn stover nutrient removal estimates for Central Iowa, USA. *Sustainability (Switzerland)*, 7(7), 8621–8634.
<https://doi.org/10.3390/su7078621>
- Li, X., Wang, S., Duan, L., Hao, J., Li, C., Chen, Y., & Yang, L. (2007). Particulate and trace gas emissions from open burning of wheat straw and corn stover in China. *Environmental Science and Technology*, 41(17), 6052–6058.
<https://doi.org/10.1021/es0705137>
- Masdariah, Sembiring, M., Mukhlis, & Rosneli. (2019). The increasing of phosphorus availability and corn growth (*Zea mays* L.) with the application of phosphate solubilizing microbes and some sources of organic materials on andisol. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 260(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012166>
- Meena, R. S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., Sharma, M. P., Yadav, G. S., Jhariya, M. K., Jangir, C. K., Pathan, S. I., Dokulilova, T., Pecina, V., & Marfo, T. D. (2020). Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. *Land*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/land9020034>
- Ministerio de Agricultura & Riego-MINAGRI. (2019). *Encuesta nacional de intenciones de siembra 2019*. Lima, Perú: Dirección general de seguimiento y evaluación de políticas dirección de estadística agraria.
- Mirzaei, M., Anari, M. G., Razavy-Toosi, E., Asadi, H., Moghiseh, E., Saronjic, N., & Rodrigo-Comino, J. (2021). Preliminary effects of crop residue management on soil

- quality and crop production under different soil management regimes in corn-wheat rotation systems. *Agronomy*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy11020302>
- Namli, A., Mahmood, A., Sevilir, B., & Özkır, E. (2017). Effect of phosphorus solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. *Eurasian Journal of Soil Science (Ejss)*, 6(3), 249–249. <https://doi.org/10.18393/ejss.293157>
- Ngole-Jeme, V. M. (2019). Fire-induced changes in soil and implications on soil sorption capacity and remediation methods. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(17). <https://doi.org/10.3390/app9173447>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). Guía para la descripción de suelos. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*, 100. file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00 (1).pdf
- Patle, T., Khaddar, V. K., Tiwari, R., & Para, P. (2019). Evaluation of phosphorus availability and phosphorus fixation in four different soils orders. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(2), 2087–2090.
- Pellegrini, A. F. A., Harden, J., Georgiou, K., Hemes, K. S., Malhotra, A., Nolan, C. J., & Jackson, R. B. (2022). Fire effects on the persistence of soil organic matter and long-term carbon storage. *Nature Geoscience*, 15(1), 5–13. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00867-1>
- Penn, C. J., & Camberato, J. J. (2019). A critical review on soil chemical processes that control how soil ph affects phosphorus availability to plants. *Agriculture (Switzerland)*, 9(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>
- Prashar, P., & Shah, S. (2016). *Impact of Fertilizers and Pesticides on Soil Microflora in Agriculture* (Issue December, pp. 331–361). https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7_8
- Ramos, F. T., Dores, E. F. de C., Weber, O. L. do. S., Beber, D. C., Campelo, J. H., & Maia, J. C. d. S. (2018). Soil organic matter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3595–3602. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8881>
- Raza, M. H., Abid, M., Faisal, M., Yan, T., Akhtar, S., & Mehedi Adnan, K. M. (2022). Environmental and Health Impacts of Crop Residue Burning: Scope of Sustainable

- Crop Residue Management Practices. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph19084753>
- Rojo-Báez, I., García-Estrada, R. S., León-Félix, J. Sañudo-Barajas, A., & Allende-Molar, R. (2016). Histopatología del proceso de infección de *Colletotrichum truncatum* en hojas de papaya y chicharo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(3), 316-325. doi: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1604-3>
- Sánchez, C., & Sqmc, A. D. (2021). *Fijación , solubilidad y movilidad de fósforo : su importancia en aplicaciones de cobertera.*
- Sarkar, S., Skalicky, M., Hossain, A., Brestic, M., Saha, S., Garai, S., Ray, K., & Brahmachari, K. (2020). Management of crop residues for improving input use efficiency and agricultural sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su12239808>
- Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., and Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springerplus* 2, 587–600. doi: 10.1186/2193-1801-2-587
- Sindelar, A. J., Lamb, J. A., Sheaffer, C. C., Rosen, C. J., & Jung, H. G. (2013). Fertilizer nitrogen rate effects on nutrient removal by corn stover and cobs. *Agronomy Journal*, 105(2), 437–445. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0240>
- Solly, E. F., Weber, V., Zimmermann, S., Walthert, L., Hagedorn, F., & Schmidt, M. W. I. (2020). A Critical Evaluation of the Relationship Between the Effective Cation Exchange Capacity and Soil Organic Carbon Content in Swiss Forest Soils. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3(September), 1–12. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00098>
- Sonon, L. S., Kissel, D. E., & Saha, U. (2017). *Exchange Capacity.* 5–8. https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C_1040_3.PDF
- Taladriz, A., Schwember, A. (2012). ¿Qué hacer con los rastrojos?. *Agronomía y forestal*, 46, 25-29.
- Tunesi, S., Poggi, V., & Gessa, C. (1999). Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: The role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 53(3), 219–227. <https://doi.org/10.1023/A:1009709005147>

- Urrea, J., Mijangos, I., Lanzén, A., Lloveras, J., & Garbisu, C. (2018). Effects of corn stover management on soil quality. *European Journal of Soil Biology*, 88(June), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.06.005>
- Wilhelm, W. W., Johnson, J. M. F., Hatfield, J. L., Voorhees, W. B., & Linden, D. R. (2004). Crop and Soil Productivity Response to Corn Residue Removal: A Literature Review. *Agronomy Journal*, 96(1), 1–17.
- Wortmann, C. S., Klein, R. N., & Shapiro, C. A. (2012). Harvesting Crop Residues, Nebraska Extension NebGuide G1846.
- Wu, Y., Liu, S., Young, C. J., Dahal, D., Sohl, T. L., & Davis, B. (2015). Projection of corn production and stover-harvesting impacts on soil organic carbon dynamics in the U.S. Temperate Prairies. *Scientific Reports*, 5. <https://doi.org/10.1038/srep10830>
- Xu, H., Sieverding, H., Kwon, H., Clay, D., Stewart, C., Johnson, J. M. F., Qin, Z., Karlen, D. L., & Wang, M. (2019). A global meta-analysis of soil organic carbon response to corn stover removal. *GCB Bioenergy*, 11(10), 1215–1233. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12631>
- Yost, J. L., & Hartemink, A. E. (2019). Soil organic carbon in sandy soils: A review. *Advances in Agronomy*, 158(October), 217–310. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.004>
- Zhang, Y., Dou, S., Ndzelu, B. S., Ma, R., Zhang, D., Zhang, X., Ye, S., & Wang, H. (2022). Effects of returning corn straw and fermented corn straw to fields on the soil organic carbon pools and humus composition. *Soil*, 8(2), 605–619. <https://doi.org/10.5194/soil-8-605-2022>
- Zhang, Y., Zhao, J., Wang, H., & Pang, H. (2023). Pelletized Straw Incorporation in Sandy Soil Increases Soil Aggregate Stability, Soil Carbon, and Nitrogen Stocks. *Sustainability (Switzerland)*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/su15097079>
- Zhu, F., Qu, L., Hong, X., and Sun, X. (2011). Isolation and characterization of a phosphate solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2011:615032. doi: 10.1155/2011/615032

Capítulo VIII: Calidad comercial de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) procedentes de tubérculos-semillas certificadas de sierra instaladas en Barranca, Lima.

Chapter VIII: Commercial quality of two potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) from certified mountain seed-tubers installed in Barranca, Lima.

Luis P. Vargas Luna¹, Bitner De la O Alarcón², Ramiro Ramírez Díaz³

RESUMEN

La papa tiene impacto global, considerado el cuarto alimento importante para seguridad alimentaria, de importancia económica, social y ambiental. El objetivo fue determinar la Calidad comercial de la papa (*Solanum tuberosum* L.) de dos cultivares a partir de tubérculos-semillas certificadas procedente de Sierra de Lima y “papa criolla” local. Metodología: La investigación se desarrolló en “Buena Vista”, Barranca- Lima a 66 m.s.n.m. La investigación es aplicada con diseño estadístico DBCA con 4 tratamientos: T1=Cultivar Única Certificada; T2=Única criolla; T3= INIA 303-Canchán Certificada y T4=INIA 303 Canchán Criolla con 3 bloques. Se evaluaron los componentes agronómicos de importancia comercial. Los son resultados basados en el análisis estadístico, RStudio 4.3.2 (RCoreTeam,2021), para validar el modelo AOV se utilizaron Shapiro.Test (prueba de normalidad) y Bartlett. Test (homogeneidad de varianzas); asimismo, se utilizó Tukey al 5% para comparar medias. Presentando el T1 un rendimiento de 26 t ha⁻¹ comparativamente superior al resto de los tratamientos. Con base de las observaciones, se concluye que el cultivo de papa en costa en la campaña 2023, responde con calidad sanitaria y genética a la “semilla criolla”, en un contexto del cambio climático con 8 °C, superior al promedio normal, que influyo en la tuberización.

PALABRAS CLAVE: Categoría certificada; tubérculos-semillas, calidad comercial.

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: lvargas@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: bdelaoa181@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: eramirez@unab.edu.pe

ABSTRACT

The potato has a global impact, considered the fourth important food for food security, of economic, social and environmental importance. The objective was determining the commercial quality of the potato (*Solanum tuberosum* L.) of two cultivars from certified seed tubers from Sierra de Lima and local “papa criolla”. The research was carried out in “Buena Vista”, Barranca-Lima at 66 meters above sea level. The research is applied with a DBCA statistical design with 4 treatments: T1 = Certified Sole Cultivar; T2=Only Creole; T3= INIA 303-Certified Canchán and T4=INIA 303 Canchán Criolla with 3 blocks. Agronomic components of commercial importance were evaluated. The results are based on statistical analysis, RStudio 4.3.2 (RCoreTeam,2021), Shapiro.Test (normality test) and Bartlett were used to validate the AOV model. Test (homogeneity of variances); Likewise, Tukey at 5% was used to compare means. T1 presenting a yield of 26 t.ha-1, comparatively higher than the rest of the treatments. Based on the observations, it is concluded that potato cultivation on the coast in the 2023 campaign responds with health and genetic quality to the “Creole seed”, in a context of climate change with 8 °C, higher than the normal average. , which influenced tuberization.

Keywords: Certified category; tubers-seeds, commercial quality.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum Tuberosum* L.) es el cuarto cultivo de importancia global de origen del Perú, parte de Bolivia entre las entrañas de las montañas andinas, cultivo estratégico para la humanidad (Buckseth et al., 2022). Particularmente la sub especies. *tuberosum* spp., que se adapta en Europa y bajo las condiciones de costa norte de la región Lima, se produce con alta productividad de la papa blanca enfocado al mercado industrial, de la papa frita para pollerías, comida rápidas, restaurantes y chips. En efecto, el mercado de Lima metropolitana se abastece, en la época estacionaria de agosto a enero de las regiones de Arequipa, Ica y muy particularmente de la región Lima (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2020; Contreras-Liza et al., 2017). En el mercado interno del Perú, muestra un índice de productividad promedio de 16 t. ha⁻¹ , con una superficie de 330,604 mil hectáreas y producción de 5.661,443 toneladas (Ministerio de Agricultura de Desarrollo Agrícola [MIDAGRI], 2019; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021; Vargas et al., 2020).

La producción de tubérculos de papa procedentes de la frontera agrícola de papa de los valles de la provincia de Barranca, que asciende una superficie de 5.267 has (Contreras, 2020). Superficie que son instaladas anualmente. En esta problemáticas dichas superficies, tiene un componente en estudio la tecnología de semilla, que procede de dos fuentes: La primera de la costa papa reciclada procedentes de la campaña anterior conocida como “semilla criolla” la segunda procede de la sierra como “semilla serrana” formal e informal; cabe mencionar las que proceden de la sierra, son tubérculos semillas informal de dudosa procedencia no certificada y la semilla formal procedente de la sierra certificada de origen conocido bajo la trazabilidad gestionada por el “Sistema Nacional de Sanidad Agraria”(SENASA) regentada bajo Ley de semillas 27262 y DL 1080 del sistema nacional de semillas y su respectivo reglamento específico de la papa. Ambas tecnologías de tubérculos-semillas procedentes de la sierra a mayor de 3000 m.s.n.m. (MIDAGRI, 2018) a cargo de la entidad certificadora del “Sistema Nacional de sanidad agraria” (SENASA); entidad rectora de la sanidad del “Ministerio de Desarrollo Agropecuaria” (MIDAGRI).

Papa criolla que procede de la campaña anterior en costa. Dicha semilla que se caracteriza por ser seleccionada por el tamaño o calibre segunda y tercera, que es almacenada

y brotada bajo condiciones de sierra en “Conococha” a 3937 msnm en la zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán, ubicado en el departamento de Ancash. Práctica que inicia el cuestionado reciclado de la papa seleccionada de Barranca en costa, para la siembra de la próxima campaña, como siembra temprana en los centros poblados de Huayto, Caraqueño en el distrito Pativilca en la provincia de Barranca en los meses de marzo y abril de la próxima campaña, bajo condiciones de costa en la región Lima, el cual se le atribuye a los tubérculos brotados de calibre segunda y tercera, de baja calidad sanitaria y genética de semilla, el cual es inducido forzado por la tecnología verde, seriamente comprometida con los residuos químicos y tóxicos, como efecto, del producto de la alta inversión.

Delgado et al. (2018) afirman el uso de los agroquímicos en la producción de alimentos para el mercado local, aún falta minimizar, por los altos índices de Máximos Límites de Residuos químicos. Responde el uso irracional de agroquímicos por usar “semilla criolla” tasa de no uso de tubérculos-semillas de calidad de papa “criollas” papa reutilizada de la campaña anterior de costa denominada papa reciclada, con graves consecuencias en la alimentación diaria, mediante el proceso de refrescamiento y de dudosa procedente de semilleros, consideras semilleros informales al margen de la Ley de semillas 27262.

Las regiones de la costa antes mencionada, se proveen de tubérculos-semillas de la zona alto andina de Junín, Apurímac y Ayacucho, de origen desconocido con el nombre local “Serrana” y reutilizado de la campaña anterior, luego de haber rotado entre 2 y 3ra campaña (Navarrete et al., 2022 y Schulte-Geldermann et al., 2013), refrescada en la sierra andina de la región de Ancash, conocido como la “semilla criolla” en este caso brotada, no obstante hay productores formales integrados al mercado, utilizan semilla de la categoría certificada de origen conocido que comprende dentro del 0.26% de la tasa de uso de semilla certificada, con altos rendimiento. Las áreas instaladas más de 2500 has en Barranca, el 99 % de la “Semilla criolla”, generando con tubérculos de papas seleccionados de la 2da campaña, ofertando tubérculos de baja calidad, efectos por factor biótico fungoso de incidencia de rizoctoniasis, carbón; bacteriano y virósicos. En efecto como consecuencia de ello, se tiene tubérculos de baja calidad comercial e industrial en el mercado (Barón et al., 2012). Por otro lado, adopción de tubérculos-semillas de papa, dichas tecnologías y adverso el bienestar de los agricultores de Barranca, aunque estos resultados dependen en gran

medida del tamaño de la parcela y de la proporción regada de la misma (Gamarra & Taípe, 2018).

En este contexto, el objetivo de investigación es determinar la calidad comercial de los tubérculos de calidad comercial, con dos variables: El primer genotipo, siendo semilla Criolla de dudosa procedencia brotada y semilla certificada de las variedades INIA 303 Cancha y Única bioestimulada, por la temporada bajo condiciones de Barranca, en respuesta a la baja tasa de uso de semilla certificada menor al 0.05% de semilla certificada (Taco, 2023 y Lapeña 2016). Muestra de ello se instala en la estación experimental de “Buena Vista” en la Universidad Nacional de Barranca. El uso de semillas de papa, los precios altos, baja disponibilidad, altos precios, probable por la falta de conocimiento de la calidad y las ventajas de la semilla certificada; como la inexistencia una oferta estable y la dependencia al precio de papa comercial, limitan la sostenibilidad de su producción (Insuasty et al., 2020).

La instalación de áreas de cultivo en la frontera agrícola de la costa central de Lima con tubérculos-semillas de papa, se adapta de acuerdo a los objetivos de producción, antes de la instalación, para un segmento específico de mercado (Vargas et al, 2020).

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo condiciones de la costa en la localidad de “Buena Vista”, en el distrito de Barranca (Lima) a una altitud de 66 m.s.n.m, a una longitud de 77° 44' 24.62” y a una latitud 10° 46' 17.92”. Durante los meses de mayo a octubre del 2023 en pleno fenómeno del niño. El clima de la región Lima, según la clasificación de Köppen es de tipo BWh, que se particulariza por su ambiente árido y seco con temperatura media anual de 18 °C y una precipitación anual de 19 mm. El suelo del área se caracterizó, mediante el análisis de suelo de franco arenoso.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 3 bloques. Con una superficie de 118.8m² a una densidad de 0.30 cm por planta, cada unidad experimental fue de 8.1m². La condición del trabajo experimental correspondía al manejo comercial, desde la instalación hasta la cosecha. Para el abonamiento se utilizó un modelamiento de fertilización 288-200-180 y un abonamiento de 30 t*ha de gallinaza. Los artrópodos plaga que afectó fue la *Prodiplosis* spp. Y la *Liriomiza* spp, por lo que realizamos aplicaciones de agroquímicos para su control de manera racional. Con referencia a las enfermedades se

aplicó, azufre en polvo, Tetraniliprole y Spinoteran. En efecto, dentro los parámetros agronómicos se evaluó Altura planta, número de tallos por planta, diámetro de tallos, número de tallos por planta. En la postcosecha se evaluaron la clasificación de papa comercial, según la “Norma Técnica Peruana” (NTP) 011.810:2021, como Rendimiento de papa comercial y rendimiento total por hectárea de los cultivares de papa INIA 303 Canchán y Única; tubérculos que proceden de la sierra de Lima certificada por el SENASA y la papa “Semilla Criolla” no certificadas y los dos tratamientos certificados por el SENASA-Barranca. Dichas variedades son las más demandadas, papa para las pollerías la papa a francesa, chips, y comida rápida y la variedad, INIA 303 Canchan para los restaurantes. La Var. Única, procedentes de la sierra de Lima y certificada y la No certificada o papa criolla, adquirida del mercado informal, que requieren una atención especial en la nutrición y por el consumidor final del mercado más grande del Perú, representativo del Valle de Barranca, en la costa norte de la región Lima.

RESULTADOS

En la Tabla 1 muestra los resultados del análisis de varianza para los variables estudiadas; de cual, ostenta entre los tratamientos estudiados las variables altura planta se tuvo diferencia entre tratamientos en 5%; no obstante, respecto al número de tallos, diámetro de tallos, número de tallos por planta mostraron iguales estadísticamente. Respecto al rendimiento de papa comercial muestra una diferencia significativa, altamente significativa del 1% y respecto al rendimiento por hectárea y ostenta 5% de significancia respecto a los tratamientos en estudio.

En la figura 1, muestra las diferencias significativas de rendimiento al 5% y 1% en rendimiento comercial por hectárea de papa comercial para el mercado de Lima, según los parámetros de la Norma técnica del Perú (NTP). Muestra la calidad comercial por efecto de la alta calidad sanitaria de una semilla certificada tanto en el tratamiento de la variedad única e INIA 303 Canchán, frente a la papa producida con semilla de origen no conocido, con el nombre vernácula en el distrito y provincia de Barranca de nominado “papa criolla”, el cual se demuestra y muestra su mejor performans en campo después de la emergencia, muestra mejor desarrollo del follaje en campo y permanencia en el crecimiento y desarrollo de la planta según corrobora (Almeida et al, 2016).

Tabla 1. Resumen de análisis de varianza para altura planta (ALP); número de tallos por planta (NTLLP); diámetro de tallos por planta (NTPP); número de tubérculos por planta (NTP); rendimiento comercial por ha (RPCM) y Rendimiento (R).

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Cuadrados medios | | | | | |
|------------------------|--------------------|------------------|-----------|-------------|----------|----------------------------|-------------------------|
| | | ALP (cm) | NTLLP (n) | DMTP (n) | NTP (n) | RPCM (t.ha ⁻¹) | R (t.ha ⁻¹) |
| Bloques | 2 | 21.45 ns | 1.2133 * | 0.0021 ns | 0.969 ns | 4.79 ns | 61.11 ns |
| Tratamientos | 3 | 111.35 * | 0.4389 ns | 0.003956 ns | 3.146 ns | 48.57 ** | 144 * |
| Error | 6 | 16.23 | 0.1689 | 0.010056 | 1.836 | 12.11 | 27.85 |
| Total | 11 | | | | | | |
| CV (%) | | 11.42 | 17.24 | 9.37 | 25.88 | 33.07 | 32.87 |
| Promedio | | 35.23 | 2.38 | 1.09 | 5.234 | 4.39 | 16.05 |

Nota: ns: no significativo; *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%; CV: Coeficiente de variabilidad (%). Tanto como los: 4 tratamientos siguientes: T1=Cultivar Única Certificada; T2=Única criolla; T3= INIA 303-Canchán Certificada y T4=INIA 303 Canchán Criolla.

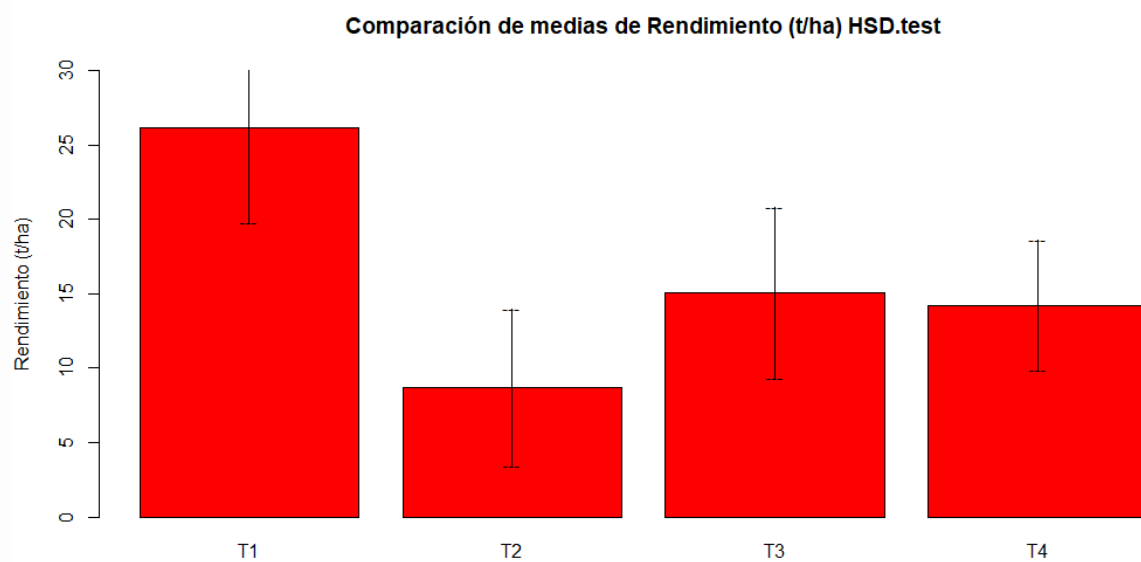


Figura 1. Comparativa de los tratamientos en estudio

En la figura 1 muestra un rendimiento de 26 t.ha-1; es decir, el tratamiento T1, comparativamente es superior con resto de los tratamientos T3,T2 y T4.

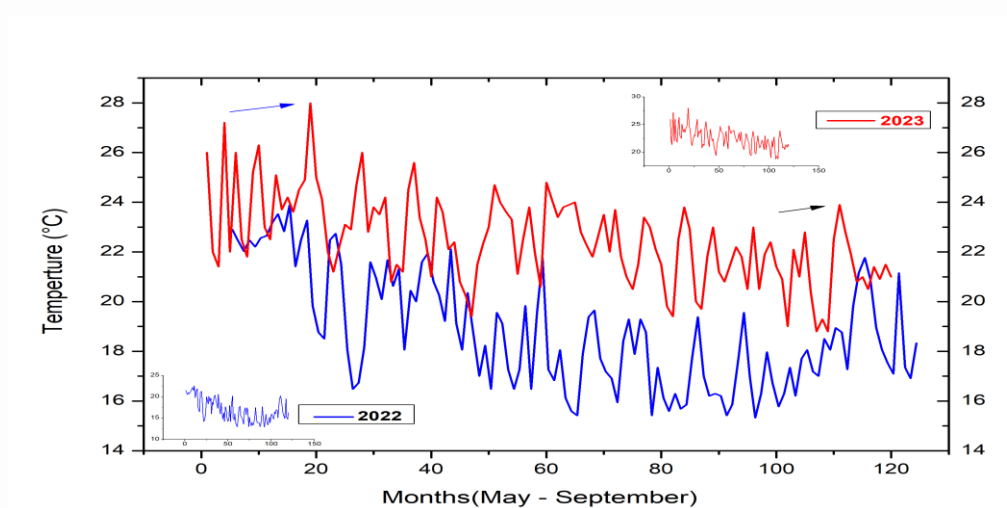


Figura 2. Temperatura en el mes de agosto en inicio de tuberización

En la figura 2 muestra cómo se comportó las condiciones climáticas adversas, durante el mes de julio y agosto en plena tuberización, mostrando 8 °C al promedio normal, afectando los rendimientos en 40% menor, respecto al producción promedio provincial. En efecto, para formar estolones y la tuberización de los cultivares en estudio requieren entre 10 a 20 °C para tuberizar un año normal (Eguzquiza, 2014); hecho que no se suscitó en la campaña 2023, bajo condiciones en la costa central de Barranca.

Tabla 2. Calibre de tubérculos comerciales

| Tratamientos | Extra | Primera | Segundo | Descarte |
|--------------|--------|---------|---------|----------|
| T1 | 10.93% | 28.42% | 54.60% | 6.01% |
| T2 | 2.21% | 21.17% | 56.47% | 17.65% |
| T3 | 5.02% | 19.77% | 46.90% | 28.24% |
| T4 | 1.16% | 9.28% | 63.77% | 24.35% |

En la tabla 2 muestra el tratamiento de T1, con un amplio margen de productividad de tubérculo comercial del calibre extra, primera 93.95 % comparativamente con los otros tratamientos en estudio de papa comercial, siendo los dos tratamientos aceptables comercialmente, mostrando menor del 6% de descarte que está conformado por papa deformes y por rizoctoniasis y deformes. La alta temperatura en promedio del 8°C factor climático atípico a comparación de la campaña anterior del 2022, como muestra en la figura 2 y la tabla 2.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se concluye que bajo las condiciones de Barranca en la región Lima. Los rendimientos son superiores con semilla certificada, bajo condiciones adversas como se presentó en la presente campaña 2023 en la costa central, con un fenómeno del niño, atípico; frente a los tubérculos cosechados de tipo comercial producidos con “semilla criolla”, denominada en forma vernacular en el distrito y provincia de Barranca. Dichos tubérculos seleccionados se caracterizan por presentar el lote de papa calibre tercera, reutilizada con su propia semilla del agricultor local de la cosecha bajo condiciones de costa central denominada “reciclada o reutilizada” de la campaña 2022. Presentada característica fisiológica con brote apical prolongado procedente de Conococha en distrito de Olleros en la provincia de Ocros en la región de Ancash a 3937 msnm, a 2 horas con una carretera asfaltada, del distrito y provincia de Barranca en la región Lima. Práctica usual que es penalizado por la Ley de semillas 27262 y DL 1080 y su reglamento de semilla de papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almeida, F., Sánchez, J. A., Torres, W., & Cabrera, J. A. (2016). Efectos de diferentes distancias de plantación y calibres de tubérculos-semilla sobre algunas características morfo-productivas de la papa en Huambo, Angola. *Cultivos tropicales*, 37(2), 88-95.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000200010
- Barón, C., Fernández Lozano, J., Szczesny, A., Bedogni, M. C., & Huarte, M. (2012). Evaluación de la calidad comercial de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Mercado Central de Buenos Aires. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 17(1), 53-73.
- Buckseth, T., Tiwari, J. K., Singh, R. K., Kumar, V., Sharma, A. K., Dalamu, D., Bhardwaj, V., Sood, S., Kumar, M., Sadawarti, M., Challam, C., Naik, S., & Pandey, N. K. (2022). Advances in innovative seed potato production systems in India. *Frontiers in Agronomy*, 4.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2022.956667>
- Contreras-Liza, S. E., Sanchez, L. L., & Davila, D. E. Z. (2017). Agronomical performance of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Unica' under inoculation with native rhizobacteria and application of acetyl salicylic acid. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.5965/223811711642017456>
- Contreras-Liza, SE, Noriega-Córdova, H., Valenzuela-Muñoz, A., García-Bendezú, S., & Zúñiga-Dávila, D. (2019). Sostenibilidad de Fincas de Papa y Uso de Inoculantes Microbianos en la Costa Central del Perú. *Probióticos microbianos para sistemas agrícolas: avances en el uso agronómico*, 213-226.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-17597-9_15
- Delgado-Zegarra J, Álvarez-Risco A, Yáñez JA (2018). Uso Indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú. *Rev Panam Salud Pública*. 2018;42: e3. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.3>
- Egusquiza, B. R. (2014). La papa: producción, transformación y comercialización. International Potato Center (CIP) y Universidad Nacional Agraria de La Molina (UNALM) ISBN: N° 978-612-4147-39-5 en Perú, 200 pág.

- FAOSTAT. (s. f.). Recuperado 5 de octubre de 2023, de
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Insuasty-Córdoba, S. C., Ramos-Zambrano, H. S., Marcillo-Paguay, C. A., López-Peñañiel, H. V., Mateus-Rodríguez, J. F., & Martínez-Pachón, E. (2020). Financial and biophysical analysis for the potato seed production. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 628-640.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2019). Uso de semillas de calidad de papa. Sistema de producción certificada bajo la norma 26726 y DL 1080, en la Estación Experimental Santa Ana del INIA en de Hualaoyo en el Distrito El Tambo en la provincia de Huancayo región Junín. Recuperado. 15 de octubre del 2023.
<https://www.youtube.com/watch?v=u4roKKz5-rs&t=110s>.
- Gamarra, V., & Taipe, C. (2018). ¿Semillas mejoradas como escape de la pobreza? Evidencia cualitativa y cuantitativa para la sierra sur del Perú.
- Mendoza, A.R. (2023). Entrevista al obtentor del cultivar de papa INIA-303 Canchan en el Canal de Youtube AgroNegociosPerú. Recuperado 19 de octubre del 2023.
<https://www.youtube.com/watch?v=12qw7-R8cSE&t=189s>
- MINAGRI (21 de julio del 2018) Reglamento específico de la papa DS. N°010-2018 MINAGRI. Diario el Peruano. Recuperada de
<https://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2018/21843-decreto-supremo-n-010-2018-minagri>.
- Navarrete, I., López, V., Andrade-Piedra, J. L., Almekinders, C. J. M., Kromann, P., & Struik, P. C. (2022). Agroecological settings and seed recycling account only partially for potato seed degeneration in Ecuador. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(6), 109. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00840-1>
- Lapeña, L. (2012). La nueva legislación de semillas 2000 ley 27262. serie de política y derecho ambiental (SPDA). Recuperada de
<http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/documentos%20agroeco/DOCUMENTOS/La%20Nueva%20Legislaci+%C2%A6n%20de%20Semillas%20y%20sus%20Implicancias%20para%20la%20Agricultura%20Familiar%20en%20el%20Per+%C2%A6.pdf>

- Schulte-Geldermann, E., Wachira, G., Ochieng, B., & Barker, I. (2013). Effect of field multiplication generation on seed potato quality in Kenya.
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/57050>
- Taco, R. P. (2023). Dinámica de los sistemas de semillas en el Perú.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292023000100071&script=sci_abstract. 10.4067/S0718-34292023000100071.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292023000100071>
- VARGAS, L. P.; ALARCÓN, D. A.; ESPINOZA, A. A. Evaluación del comportamiento agronómico de dos cultivares de papa en dos densidades de siembra en Barranca, Lima. Peruvian Agricultural Research, 2021, vol. 3, no 2. VARGAS, L. P.; ALARCÓN, D. A.; ESPINOZA, A. A. Evaluación del comportamiento agronómico de dos cultivares de papa en dos densidades de siembra en Barranca, Lima. Peruvian Agricultural Research, 2021, vol. 3, no 2. <https://doi.org/10.51431/par.v3i2.701>
- R Core Team. (2021). R: A Language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria, URL <https://www.R-Project.org/>.

Capítulo IX: Determinación de la conversión alimenticia en cuyes mejorados con alimentación mixta

Chapter IX: Determination of feed conversion in guinea pigs improved with mixed feeding

Gladys L. Garay Livia¹, Brandon Antony Hizo Gonzales², Yehiro Adan Vega Vega³

RESUMEN

La investigación se realizó en el módulo de cuyes del campus Buenavista propiedad de la Universidad Nacional de Barranca, distrito Barranca, Provincia Barranca, cuya ubicación geográfica es Latitud: -10. 764490°. Longitud -77. 741254°, altitud: 65msnm. La Investigación tuvo una duración de 50 días. El objetivo fue determinar la conversión alimenticia en cuyes mejorados bajo un régimen de alimentación mixta. Se utilizaron 8 cuyes machos destetados a 21 días de edad, Se evaluó el consumo de forraje (g), consumo de alimento (g), peso vivo (g), ganancia de peso (g) y conversión alimenticia. Para la determinación de la conversión alimenticia se utilizó la fórmula que mide la relación entre consumo de alimento y ganancia de peso. Los pesos vivos promedio obtenidos durante las 5 semanas de evaluación fueron: $329.42 \pm 23.33g$, $380.79 \pm 25.38g$, $451.63 \pm 23.10g$, $530.16 \pm 19.78g$, $616.54 \pm 19.79g$ respectivamente, pesos que alcanzaron niveles mayores en la quinta y sexta semana, asimismo la conversión alimenticia obtenida fue alcanzando niveles menores significativamente, en las últimas semanas 3.15, 3.37, 2.72, 2.65, 2.60 respectivamente.

PALABRAS CLAVE: cuy mejorado, peso vivo, ganancia de peso, conversión alimenticia, alimentación mixta.

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: ggaray@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: bhizog142@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: yvega2021@unab.edu.pe

ABSTRACT

The Research was carried out in the Guinea Pig module of the Buenavista campus owned by the National University of Barranca, Barranca district, Barranca Province, whose geographical location is Latitude: -10.764490° . Longitude -77.741254° , altitude: 65 meters above sea level. The Investigation lasted 50 days. The objective was to determine the feed conversion in improved guinea pigs under a mixed feeding regime. 8 male guinea pigs weaned at 21 days of age were used. Forage consumption (g), feed consumption (g), live weight (g), weight gain (g) and feed conversion were evaluated. To determine the feed conversion, the formula that measures the relationship between feed consumption and weight gain was used. The average live weights obtained during the 5 weeks of evaluation were: $329.42 \pm 23.33\text{g}$, $380.79 \pm 25.38\text{g}$, $451.63 \pm 23.10\text{g}$, $530.16 \pm 19.78\text{g}$, $616.54 \pm 19.79\text{g}$ respectively, weights that reached higher levels in the fifth and sixth weeks Likewise, the feed conversion obtained was reaching significantly lower levels, in the last weeks 3.15, 3.37, 2.72, 2.65, 2.60 respectively.

Keywords: improved guinea pig, live weight, weight gain, feed conversion, mixed feeding.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de cuyes se basa principalmente en el uso de forraje + concentrado (alimentación mixta), el primero como fuente de agua y vitaminas, mientras que el balanceado aporta proteína y energía, la combinación de alimentos dependiendo de la restricción del forraje o del concentrado hacen del cuy una especie versátil en su alimentación en función a la disponibilidad del recurso (Chauca 1997).

Quintana *et al.* (2013) obtuvieron parámetros productivos con una alimentación integral comprado con una alimentación en base a forraje verde (alfalfa). Morales *et al.* (2011), en cuyes de 9 semanas de edad, determinaron menores consumo con alimentación integral, pero ganancias de peso y conversión alimenticia estadísticamente similares respecto a la alimentación mixta. Por otra parte, Huamani *et al* (2016), al comparar tres sistemas de alimentación obtuvo en la alimentación mixta valores superiores en consumo y ganancia de peso con respecto a la alimentación integral, pero similar en conversión alimenticia y rendimiento de carcasa, mientras que la alimentación en base a alfalfa obtuvo los menores valores. El cuy es utilizado como alimento en una extensa región comprendida por Perú, Bolivia, Argentina, Chile, Ecuador y Colombia, con una crianza generalizada en el ámbito rural con el fin de obtener carne para autoconsumo, constituyéndose en una buena alternativa de fuente proteica para el hombre Meza *et al* (2014).

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), la cebada (*Hordeum vulgare* L), la avena (*Avena sativa* L.) constituyen fuente forrajera de importancia en la alimentación de este mamífero, ya que aportan niveles de proteína y energía que logran cubrir los requerimientos nutricionales de acuerdo con las etapas de su ciclo de vida (lactancia, crecimiento y reproducción). Por esto la producción y rentabilidad de la crianza de cuyes dependerá de las fuentes de alimentación. El objetivo del presente estudio fue determinar la conversión alimenticia en cuyes bajo un régimen de alimentación mixta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Módulo de cuyes del campus de Buenavista perteneciente a la Universidad Nacional de Barranca, durante los meses de setiembre y octubre de 2023. Se utilizó para las dietas alimento balanceado peletizado, para crecimiento elaborado por la Planta de Alimentos Balanceados de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y como forraje alfalfa, la duración del proceso de investigación fue de 50 días. El experimento se desarrolló en una poza de 0.80 x 0.50 x 0.40. El alimento balanceado de crecimiento fue formulado utilizando un programa lineal con el objetivo de cubrir los requerimientos nutricionales del cuy (Cuadro 1), la administración fue de 50 gramos de concentrado y el 30% de forraje en base al peso vivo (150 g), la administración de agua fue de 120 ml/día/cuy.

Se utilizaron 8 cuyes machos mejorados de la línea La Molina, destetados a los (21±3 días de edad). Los animales y el alimento fueron pesados semanalmente utilizando una balanza electrónica, para determinar el consumo de alimento y la ganancia de peso. La conversión alimenticia se obtuvo de la relación entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso logrado durante el período experimental.

Tabla 1. Contenido nutricional de alimento para cuyes

| Nutriente | Crecimiento |
|-----------------------|-------------|
| ED(MCAL/KG) | 2.8 |
| Proteína % | 18 |
| Fibra % | 8 |
| Calcio % | 0.8 |
| Fósforo total % | 0.8 |
| Sodio % | 0.2 |
| Lisina % | 0.84 |
| Metionina + Cistina % | 0.60 |
| Arginina % | 1.2 |
| Treonina % | 0.6 |

Triptofano 0.18

Fuente: Planta de Alimentos Balanceados UNALM

Para determinar la conversión alimenticia se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{C.A} = \text{Consumo de alimento (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

El promedio de peso vivo al destete de los cuyes fue de $276.51 \pm 41.57\text{g}$, los promedios de los pesos vivos de las 5 semanas fueron: $329.42 \pm 23.33\text{g}$, $380.79 \pm 25.38\text{g}$, $451.63 \pm 23.10\text{g}$, $530.16 \pm 19.78\text{g}$, $616.54 \pm 19.79\text{g}$ respectivamente. El sistema de alimentación que se utilizó fue mixto, alimento balanceado y forraje (alfalfa) suministrados en función al peso vivo promedio, el consumo de alimento reportado se muestra en la Tabla 2 y Tabla 3.

RESULTADOS

Se obtuvieron los siguientes pesos semanales después del destete, mostrados en la Tabla 2:

Tabla 2. Pesos vivos de cuyes al destete y semanales

| Cuy | Pesos destete (g) | Peso semanal (g) | | | | |
|-----|-------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 284,30 | 345,26 | 389,10 | 459,30 | 536,50 | 610,43 |
| 2 | 193,80 | 295,32 | 340,25 | 436,14 | 524,25 | 598,25 |
| 3 | 235,20 | 297,34 | 347,40 | 406,34 | 488,47 | 582,34 |
| 4 | 297,34 | 337,20 | 386,12 | 445,13 | 525,32 | 617,42 |
| 5 | 278,43 | 317,19 | 378,14 | 458,25 | 538,34 | 626,37 |
| 6 | 310,24 | 352,30 | 402,32 | 465,13 | 545,53 | 634,24 |
| 7 | 314,35 | 353,23 | 414,25 | 484,35 | 554,54 | 644,54 |
| 8 | 298,43 | 337,54 | 388,75 | 458,43 | 528,34 | 618,74 |

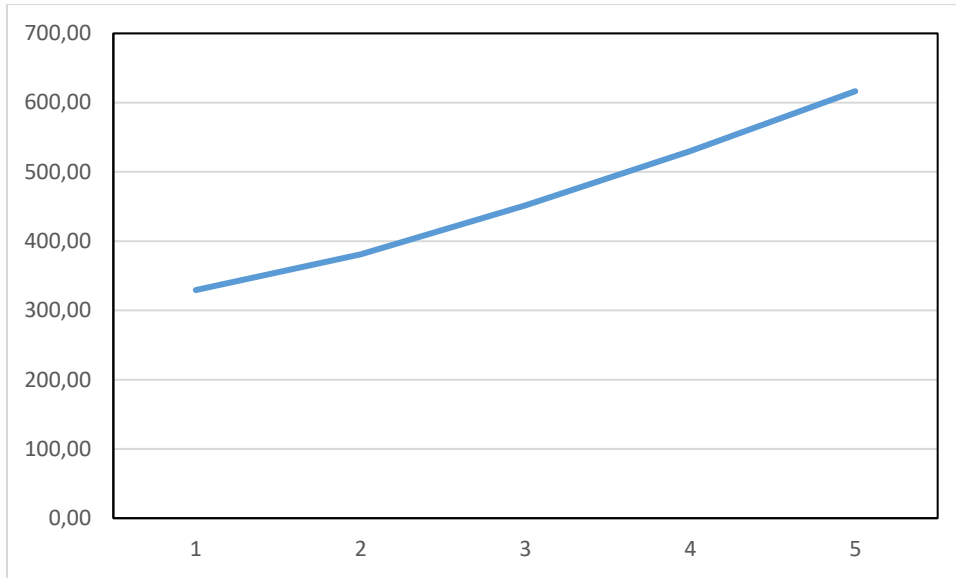


Figura 1. *Peso vivo promedio durante las 5 semanas*

Podemos observar el comportamiento de los cuyes expresado en la ganancia de peso en gramos.

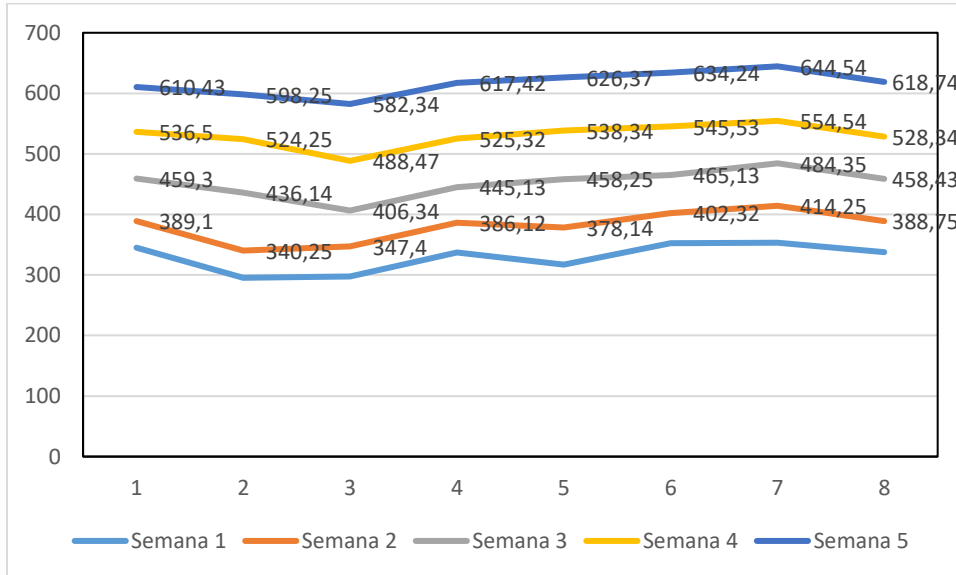


Figura 2. *Consumo promedio en gramos de alimento balanceado y forraje*

Tabla 3. *Consumo semanal de forraje por cuy*

| Semanas | Consumo promedio en gramos |
|---------|----------------------------|
|---------|----------------------------|

| | |
|---|-----|
| 1 | 155 |
| 2 | 160 |
| 3 | 179 |
| 4 | 192 |
| 5 | 207 |

Tabla 4 Consumo semanal de balanceado por cuy

| Semanas | Consumo promedio en gramos |
|---------|----------------------------|
| 1 | 12,10 |
| 2 | 13,45 |
| 3 | 14,36 |
| 4 | 16,24 |
| 5 | 18,27 |

En la figura 3 podemos observar el consumo del balanceado que es mayor significativamente a partir de la 4ta semana, así como también el consumo del forraje.

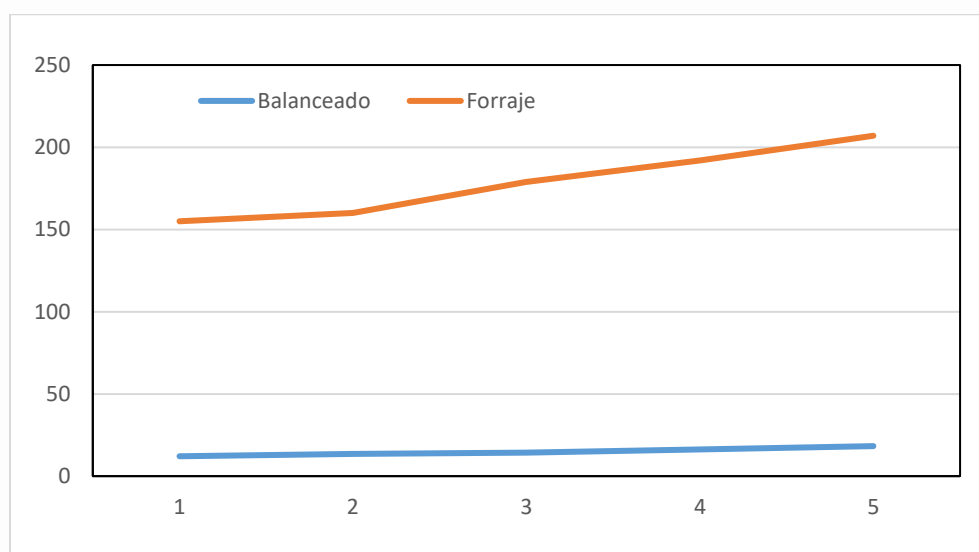


Figura 3. Consumo promedio en gramos de alimento balanceado y forraje

Los resultados obtenidos de los pesos iniciales y finales, así como las ganancias de peso total se reportan en la Tabla 5.

Tabla 5. *Control de pesos*

| Parametro | Peso (g) |
|------------------------|-----------------|
| Pesos vivo inicial | 392.42 |
| Pesos vivo final | 616.54 |
| Ganancia total de peso | 224.12 |

Podemos inferir que a la 5ta semana el cuy casi ha duplicado su peso, comportamiento propio de los cuyes mejorados.

La conversión alimenticia semanal obtenida se puede apreciar en la Tabla 6:

Tabla 6. *Conversión alimenticia (CA)*

| Parámetro | 1° semana | 2° semana | 3° semana | 4° semana | 5° semana |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Consumo de alimento | 167.1 | 173.45 | 193.36 | 208.24 | 225.27 |
| Ganancia de peso | 52.91 | 51.37 | 70.84 | 78.53 | 86.38 |
| CA | 3.15 | 3.37 | 2.72 | 2.65 | 2.6 |

Como podemos observar en la figura 4, la conversión alimenticia ha tenido un comportamiento positivo ya que a partir de la tercera semana empezó a reducir hasta la quinta semana, respondiendo al indicador de desempeño y manejo, como la unidad de alimento consumido por unidad de ganancia de peso vivo.

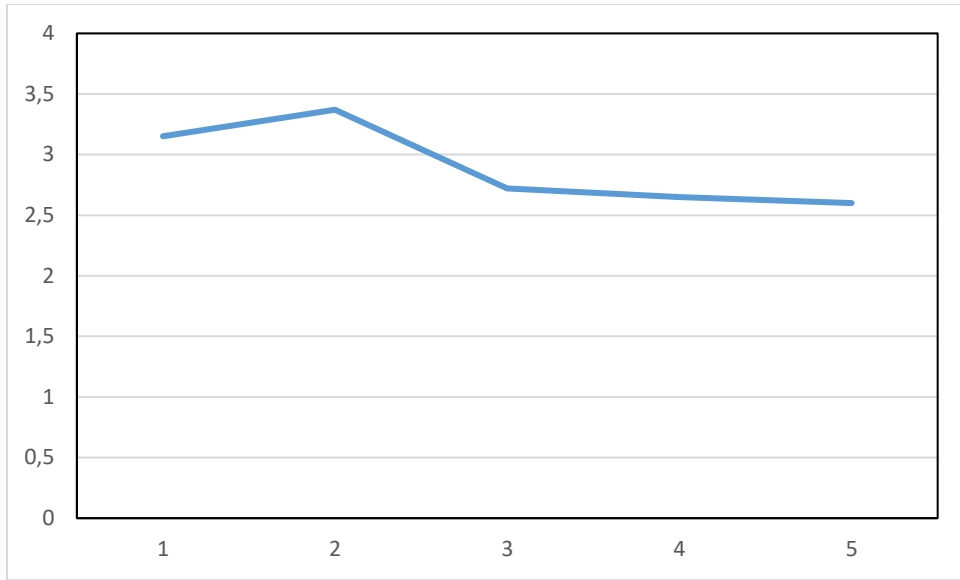


Figura 4. *Conversión alimenticia durante 5 semanas*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El peso al destete de los cuyes mejorados fue de 276.51 ± 41.57 , menor al obtenido por Chauca (1997) 310 ± 6.53 pero mayor al obtenido por Apráez Guerrero *et al* (2008) 259.69 ± 14.46 . Los Pesos alcanzados a la 5ta semana son superiores a los alcanzados por Torres *et al* (2007) 422.85 y 496.40 usando dos niveles de energía y proteína en el alimento balanceado de cuyes mejorados.

La conversión alimenticia fue de 2.89 siendo menor a la conseguida por Inga (2008) que reportó una conversión promedio de 2.93, asimismo la conseguida por Altamirano (2012) de 3.4 y Benito (2008) que reportó 3,2. Los pesos vivos alcanzados por los cuyes durante el período experimental se muestran en la figura 1, observamos que estos se inician con un peso promedio bajo para luego en la 4 y 5ta semana alcanzar pesos adecuados que reflejan el manejo alimenticio junto a la carga genética de los cuyes.

El peso promedio alcanzado a la quinta semana 616.54 es mayor a la que obtuvo Collado (2016) 423.8 con alimentación mixta. Cabe indicar que los cuyes en la costa central son manejados en su mayoría por la alimentación mixta, utilizando alfalfa y maíz chala, pudiendo alcanzar pesos óptimos de carcaza y poder ser comercializados en el menor tiempo de cría.

En conclusión, el sistema de alimentación mixta permitió alcanzar mayores pesos a la quinta semana de cría de cuyes machos mejorados. La determinación de la conversión alimenticia fue mejor a partir de la tercera semana de cría permitiendo una mejor relación consumo de peso y ganancia de peso. Es importante señalar que a partir de esta prueba experimental se evalúe el comportamiento de los cuyes mejorados hasta lograr un rendimiento de carcasa comercializable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano W. (2012). Efecto del aceite semirrefinado de soya en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 71 p.
- Apráez Guerrero J.E., Fernández Parmo L., Hernández Gonzales A. Efecto del empleo de forrajes y alimentos no convencionales sobre el comportamiento productivo, rendimiento en la canal y calidad de la carne en cuyes (*Cavia porcellus*). *Vet Zootec.* 2008; 2(2): 29 – 34.
- Benito D, 2008. Evaluación de la suplementación de la vitamina C estabilizada en dietas peletizadas de inicio y crecimiento en cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). Tesis de Maestría Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 106p.
- Chauca L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 42 p. Disponible en <https://www.fao.org/3/W6562S/w6562s00.htm>
- Collado Benites K. 2016. Ganancia de peso en cuyes machos (*Cavia porcellus*), posdestete de la raza Perú, con tres tipos de alimentos balanceado, mixta, testigo (alfalfa) en Abancay. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Lima: Universidad Tecnológica de Los Andes. 92p.
- Huamaní G, Zea O, Gutiérrez G, Vílchez C. 2016. Efecto de tres sistemas de alimentación sobre el comportamiento productivo y perfil de ácidos grasos de carcasa de cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 27: 486 – 494. Doi: 10.15381/rivep.v27i3.12004
- Inga RA. 2008. Evaluación de dos niveles de energía digestible y dos niveles de fibra cruda en dietas de crecimiento con exclusión de forraje para cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 71p
- Meza G, Cabrera R, Morán J. Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo Ecuador. Idesia.

(Arica), 32(3): 75-80, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000300010>.

Morales M, Carcelén F, Ara M, Arbaiza T, Chauca L. 2011. Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. Rev Inv Perú: 24(4):425-432. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i4.2744>

Torres T., C., Carcelén C., F., Ara G, M., San Martín H, F., Jiménez A, R., Quevedo G, W., & Rodríguez B., J. (2013). Efecto de la suplementación de una cepa probiótica sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). Rev Inv Perú, 24(4), 433–440. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i4.2729>

Capítulo X: Efecto del cyantraniliprole + thiamethoxam para controlar mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis blanchard*), en papa (*Solanum tuberosum L.*), en Supe

Chapter X: Effect of cyantraniliprole + thiamethoxam to control leafminer fly (*Liriomyza huidobrensis blanchard*), in potato (*Solanum tuberosum L.*), in Supe

Miguel Angel Inga Sotelo¹, David Huamán Montenegro², Jenner Oswaldo Padilla Camones³

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el C.P. de Santo Domingo Bajo, distrito de Supe, provincia de Barranca-Lima, el cual estuvo situada a 80 m.s.n.m., se tuvo por objetivo determinar el efecto del Cyantraniliprole + Thiamethoxam para controlar mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard), en papa (*Solanum tuberosum L.*), en Supe, para este estudio se ensayaron 3 dosis de Cyantraniliprole + Thiamethoxam (100, 120 y 140 g/200 L) y un testigo absoluto. Las variables evaluadas fueron: Número larvas y pupas/fofolios y se determinó el porcentaje de efectividad del ingrediente activo en estudio. Se empleó el DBCA, con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en un área total de 450 m². Se empleó el análisis de varianza (ANVA), a 95% de confiabilidad y la prueba de Tukey a p<0.05 de significancia. Los resultados demostraron que el uso del Cyantraniliprole + Thiamethoxam a dosis de 140 g/200 L, presentó mejor respuesta para reducir N° de larvas de mosca minadora con un promedio de 1.60 larvas/fofolio hasta los 15 dda y para N° de pupas de mosca minadora con 1.33 pupas/fofolio hasta los 15 dda con 90% y 89% de eficacia para larvas y pupas/fofolio de mosca minadora hasta los 15 dda, en el cultivo de papa var. Única, bajo las condiciones del Centro Poblado de Santo Domingo Bajo, Distrito de Supe, Provincia de Barranca - Lima.

PALABRAS CLAVE: *S. tuberosum*, *L. huidobrensis*, eficacia, control, pupa y larva.

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: minga@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: dhuaman2021@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: jpadilla2021@unab.edu.pe

ABSTRACT

The study was carried out at the C.P. of Santo Domingo Bajo, district of Supe, province of Barranca-Lima, which was located at 80 meters above sea level, the objective was to determine the effect of Cyantraniliprole + Thiamethoxam to control leafminer fly (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard), on potato (*Solanum tuberosum* L.), in Supe, for this study 3 doses of Cyantraniliprole + Thiamethoxam (100, 120 and 140 g/200 L) and an absolute control were tested. The variables evaluated were: Number of larvae and pupae/leaflets and the percentage of effectiveness of the active ingredient under study was determined. The DBCA was used, with 4 treatments and 3 repetitions, in a total area of 450 m². Analysis of variance (ANVA) was used at 95% reliability and the Tukey test at $p < 0.05$ significance. The results showed that the use of Cyantraniliprole + Thiamethoxam at a dose of 140 g/200 L, presented a better response to reduce the number of leafminer fly larvae with an average of 1.60 larvae/leaf up to 15 daa and for the number of pupae of leafminer fly with 1.33 pupae/leaflet up to 15 daa with 90% and 89% efficiency for larvae and pupae/leaflet of leafminer fly up to 15 daa, in the potato crop var. Unique, under the conditions of the Populated Center of Santo Domingo Bajo, District of Supe, Province of Barranca - Lima.

Keywords: *S. tuberosum*, *L. huidobrensis*, efficacy, control, pupa and larva

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es una hortaliza de importancia económica que presenta alta demanda por sus altos índices de rentabilidad, el cual permite generar recursos económicos para que el productor pueda llevar un estilo de vida adecuado. Sin embargo, esta hortaliza presenta diversos ataques a causa de plagas y enfermedades, dentro de ello se tiene la mosca minadora como plaga clave, los cuales inciden negativamente en el rendimiento, por ende, pérdidas económicas y reducción del rendimiento y calidad comercial de los tubérculos para una óptima comercialización a nivel local y nacional (Rojas et al., 2023).

Debido a la severidad de daño que sufre el cultivo de papa, a causa de la mosca minadora, se planteó como estudio evaluar el efecto del insecticida compuesto a base de Cyantraniliprole + Thiamethoxam el cual tiene como modo de acción que actúa por contacto, estomacal y de acción sistémica. El mecanismo de acción del Cyantraniliprole provoca la inhibición de todas las funciones vitales de los insectos, interviniendo en el proceso de contracción muscular, debido a que actúa como activador de los receptores de rianodina, mientras que, el Thiamethoxam actúa en la post-sinapsis e interfiere los receptores de acetilcolina (Syngenta Crop Protection S.A., 2022).

Debido a los problemas de aspectos fitosanitarios que sufre el cultivo de papa variedad Única, con el presente estudio se podrá brindar una alternativa de control mucho más eficiente empleando el insecticida compuesto Cyantraniliprole + Thiamethoxam, para que el agricultor pueda obtener una alternativa de control eficiente para las larvas y pupas de mosca minadora y de esta manera considerarlo dentro de su plan de Manejo Integrado de Plagas (MIP), en condiciones del C.P. de Santo Domingo Bajo - Supe

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro poblado de Santo Domingo, distrito de Supe, provincia de Barranca-región Lima, situada a una altura de 80 m s.n.m. Para el estudio se empleó el DBCA, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. A continuación, se muestra los tratamientos y su disposición. En el presente estudió se ensayaron 3 dosis diferentes del ingrediente activo compuesto (Cyantraniliprole + Thiamethoxam) y un testigo absoluto. Se

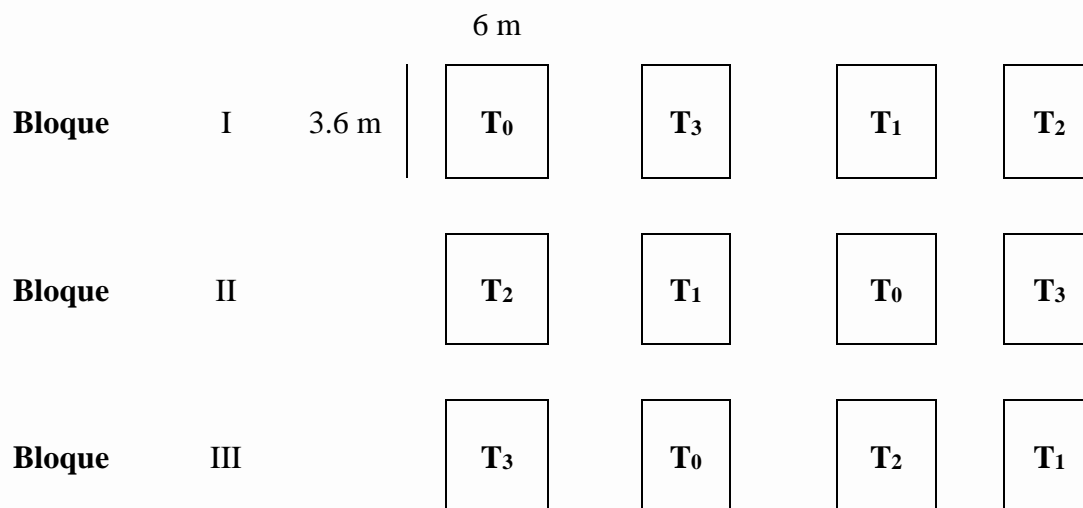
experimentó el control fitosanitario del número de larvas y pupas de mosca minadora por foliolo, en el cultivo de papa variedad Única.

Tabla 1. *Tratamientos con diferentes dosis.*

| Tratamientos | Dosis (g/200 L) |
|--|------------------------|
| T ₀ = Testigo absoluto | Sin aplicación |
| T ₁ = Cyantraniliprole + Thiamethoxam | 100 g/200 L |
| T ₂ = Cyantraniliprole + Thiamethoxam | 120 g/200 L |
| T ₃ = Cyantraniliprole + Thiamethoxam | 140 g/200 L |

El campo experimental tuvo un área total de 450 m², haciendo un total de 12 unidades experimentales. El distanciamiento de siembra del cultivo de papa fue de 0.90 m entre surco y 0.25 entre planta.

Tabla 2. *Disposición de tratamientos.*



La población estuvo representada por todas las plantas de papa dentro del área experimental de 450 m², el cual tuvo un total de 1152 plantas Única y como muestra representativa se tuvo un total de 5 plantas muestreadas por cada unidad experimental, donde se evaluó 3 foliolos del raquis central.

A continuación, se presenta los materiales y equipos que se emplearon en el presente estudio: Para realizar los análisis, se requieren varios equipos y materiales. Entre los equipos, se incluyen una computadora de escritorio, una impresora, una cámara fotográfica y una mochila a motor para fumigación. Los insumos necesarios son el compuesto químico Cyantraniliprole + Thiamethoxam y un regulador de pH. En cuanto al material de campo, se necesitan un tablero, una lupa entomológica de 30x, lapiceros, papel bond A4, un vaso medidor de mililitros, plumones indelebles, una jarra de litro, tijeras, una cinta métrica de 100 metros y baldes. La metodología que se empleó fue de acuerdo a Tamayo (2023), quien evaluó el control fitosanitario de poblaciones de mosca minadora, donde se consideró como parámetros de evaluación los siguientes: **a) Número larvas y pupas/fofolios:** Se consideró 5 plantas al azar por cada unidad experimental, del cual se tomó 3 foliolos del raquis central por cada planta para contabilizar el total de larvas y pupas por foliolo en el cultivo de papa variedad Única. La evaluación se realizó con la ayuda de una lupa entomológica de 30x. **b) Porcentaje de eficacia:** El cálculo se realizó mediante la fórmula propuesta por Henderson y Tilton (1955), para poblaciones de plagas con infestación heterogénea, bajo condiciones de campo experimental.

La técnica que se empleó fue bajo condiciones de campo experimental, donde se contabilizó el total de larvas y pupas de mosca minadora en el cultivo de papa variedad Única antes y después de la aplicación, la aplicación se realizó mediante el uso de una mochila de fumigación a motor para una mejor cobertura del ingrediente activo. Las evaluaciones se realizaron antes de realizar la aplicación cuyo objetivo fue conocer la población inicial de larvas y pupas de mosca minadora, asimismo, se realizó a los 5, 10 y 15 días después de la aplicación del Cyantraniliprole + Thiamethoxam. Técnica tomada de acuerdo a Tamayo (2023).

Las evaluaciones se realizaron empleando una cartilla de evaluación donde estuvo el número total de larvas y pupas de mosca minadora en el cultivo de papa variedad Única, bajo condiciones de campo experimental y para el cálculo del porcentaje de eficacia se empleó la siguiente fórmula propuesta por Henderson y Tilton (1955):

$$\% \text{ de eficacia} = \left(1 - \frac{Td}{Cd} \times \frac{Ca}{Ta} \right) \times 100$$

Dónde:

Ca = Infestación en parcela testigo antes del tratamiento; **Cd** = Infestación en parcela testigo después del tratamiento, **Ta** = Infestación en parcela tratada antes del tratamiento; **Td** = Infestación en parcela tratada después del tratamiento.

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente, donde se comprobó los supuestos de normalidad y varianzas constantes. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA) a 95% de confiabilidad y la comparación de medias (Prueba de Tukey), a un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS**N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única.**

En la Tabla 3 y Figura 1, se muestra la prueba de Tukey al 5%, para la variable N° de larvas/foliolo de mosca minadora, donde el tratamiento con mejor respuesta significativa lo obtuvo el T3 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (140 g/200 L)), el cual obtuvo un promedio de 1.60 larvas/foliolo hasta los 15 dda, siendo el menor frente a los demás tratamientos, seguido del T2 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (120 g/200 L)), quien presentó su máximo control hasta los 10 dda con un promedio de 3.00 larvas/foliolo, mientras que, el tratamiento que obtuvo menor control fue para el T1 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (100 g/200 L)), con 3.33 larvas/foliolo hasta los 10 dda, del cual se evidenció reinfestación de larvas a partir de los 15 dda.

Tabla 3. Tukey al 5% para N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única, hasta los 15 dda del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam.

| Tratamientos (g/200 L) | daa | 5 dda | 10 dda | 15 dda |
|---|--------|--------|---------|--------|
| T₀: Testigo absoluto (sin aplicación) | 8.10a | 9.67a | 11.00a | 12.64a |
| T₁: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (100) | 9.33a | 5.33ab | 3.33b | 5.67b |
| T₂: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (120) | 10.00a | 5.00b | 3.00bc | 4.54bc |
| T₃: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (140) | 10.67a | 3.67b | 1.99c | 1.60c |
| p-valor | 0.8109 | 0.0054 | <0.0001 | 0.0013 |
| | n.s. | ** | ** | ** |

*n.s.: no significativo ($p > 0.05$). **: altamente significativo ($p < 0.01$). daa: días antes de la aplicación. Dda: días después de la aplicación.

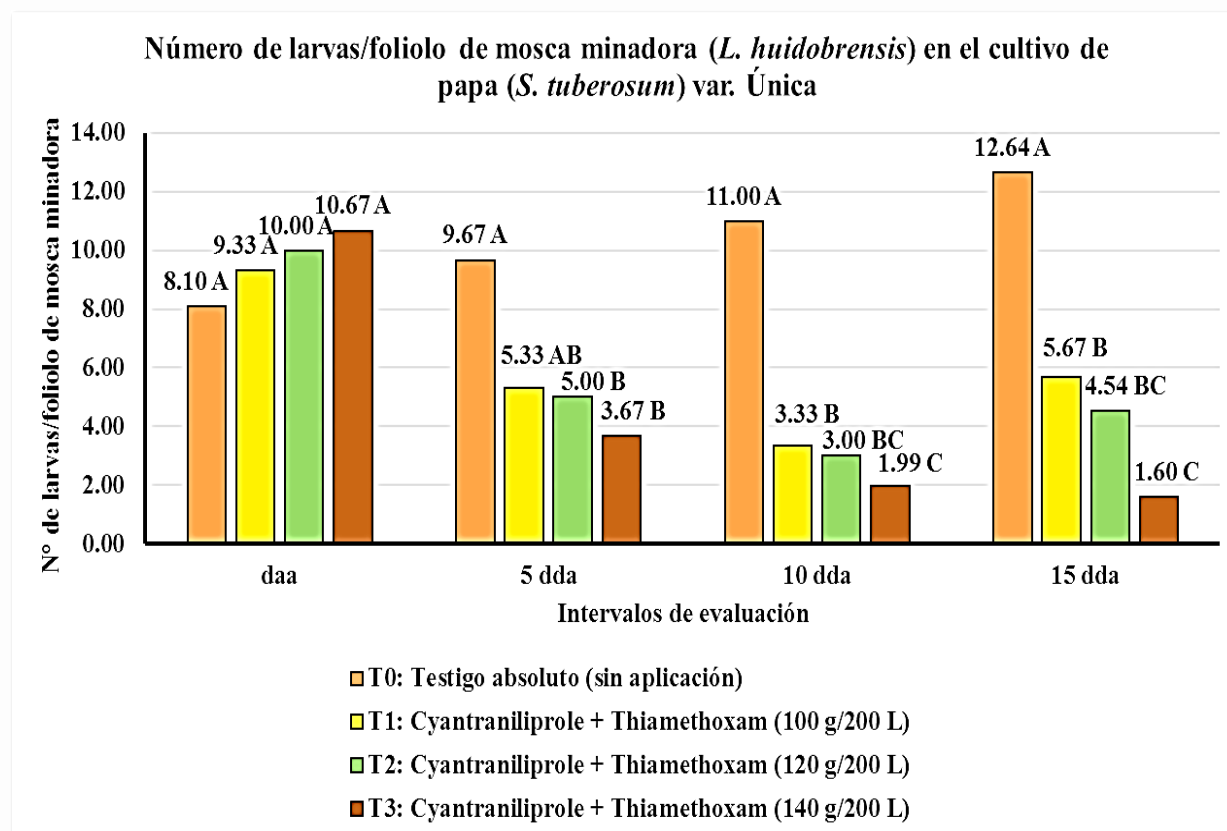


Figura 1. Efecto del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam sobre N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única, hasta los 15 dda.

N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única.

En la Tabla 4 y Figura 2, se muestra la prueba de Tukey al 5%, para la variable N° de pupas/foliolo de mosca minadora, donde el tratamiento con mejor respuesta significativa lo obtuvo el T3 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (140 g/200 L)), el cual registró un promedio de 1.33 pupas/foliolo hasta los 15 dda, seguido del T2 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (120 g/200 L)), quien presentó su máximo control hasta los 10 dda con de 3.67 pupas/foliolo, mientras que, el tratamiento que obtuvo el menor control fue para el T1 (Cyantraniliprole + Thiamethoxam (100 g/200 L)), con 5.00 pupas/foliolo hasta los 10 dda.

Tabla 4. Tukey al 5% para N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única, hasta los 15 dda del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam.

| Tratamientos (g/200 L) | daa | 5 dda | 10 dda | 15 dda |
|---|----------------|--------------|---------------|---------------|
| T₀: Testigo absoluto (sin aplicación) | 10.33a | 12.40a | 13.67a | 15.33a |
| T₁: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (100) | 11.00a | 9.00b | 5.00b | 6.33b |
| T₂: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (120) | 10.67a | 7.67bc | 3.67b | 4.67b |
| T₃: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (140) | 10.10a | 8.00b | 3.00bc | 1.33c |
| p-valor | 0.9353 n.s. | 0.0032 ** | <0.0001 ** | <0.0001 ** |

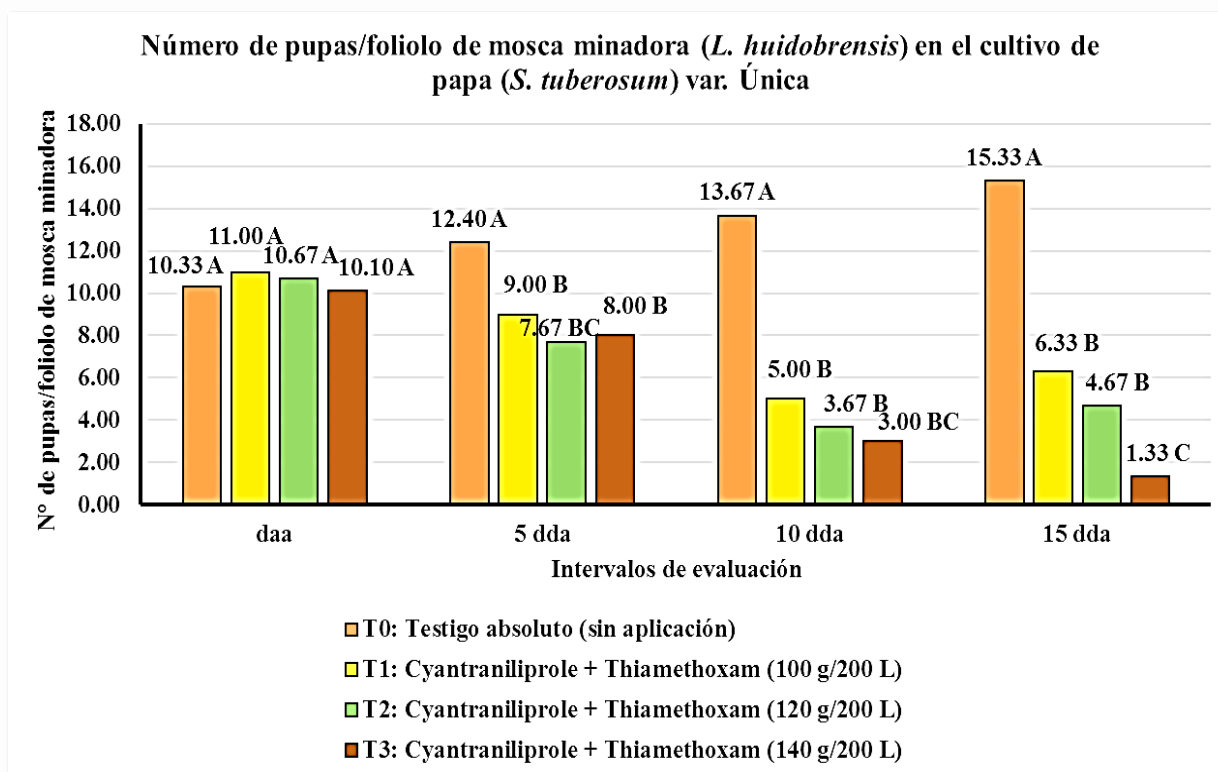


Figura 2. Efecto del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam sobre N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Hasta los 15 dda.

Porcentaje de eficacia para N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única.

En la Tabla 5 y Figura 3, se muestra el porcentaje de eficacia del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam hasta los 15 dda para N° de larvas/foliolo en el cultivo de papa var. Única, donde registró que el tratamiento con mejor respuesta lo obtuvo el T3 a dosis de 140 g/200 L, obteniendo los mayores valores con 71%, 86% y 90% de eficacia hasta los 15 dda, seguido del tratamiento T2 quien obtuvo 58%, 78% y 71% de eficacia hasta los 15 dda, del cual se evidenció que hasta los 10 dda mostró su máximo control sobre larvas de mosca minadora y finalmente, el tratamiento T1 obtuvo 52%, 74% y 61% de eficacia hasta los 15 dda, del cual se evidenció su máximo control hasta los 10 dda. En ese sentido se pudo comprobar que la aplicación foliar del Cyantraniliprole + Thiamethoxam, mostró efectos significativos para controlar poblaciones de larvas de mosca minadora hasta los 15 dda.

Tabla 5. Porcentaje de efectividad para N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única., a 15 dda del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam.

| Tratamientos (g/200 L) | 5 dda | 10 dda | 15 dda |
|--|-------|--------|--------|
| T1: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (100) | 52% | 74% | 61% |
| T2: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (120) | 58% | 78% | 71% |
| T3: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (140) | 71% | 86% | 90% |

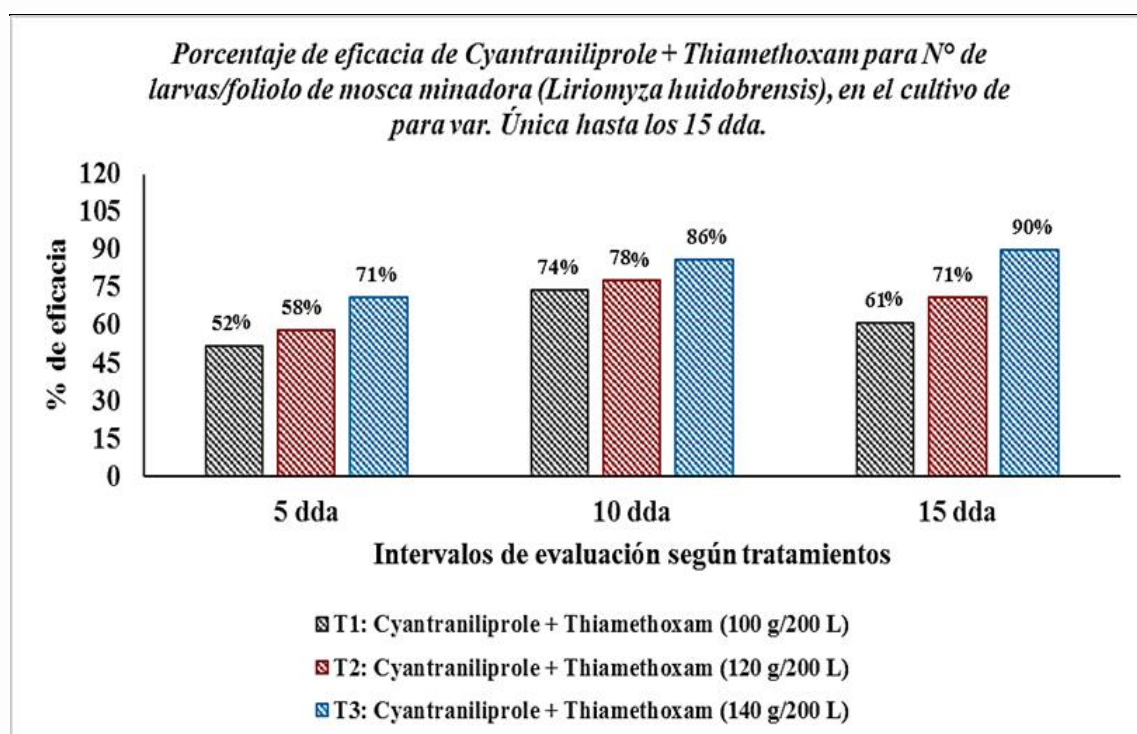


Figura 3. Efectividad biológica del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam sobre N° de larvas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única., hasta los 15 dda.

Porcentaje de eficacia para N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única.

En la Tabla 6 y Figura 4, se muestra el porcentaje de eficacia del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam hasta los 15 dda para N° de pupas/foliolo en el cultivo de papa var. Única, donde mostró que el tratamiento con mejor respuesta lo obtuvo el T3 a dosis

de 140 g/200 L, obteniendo los mayores valores con 34%, 78% y 89% de eficacia hasta los 15 dda, seguido del tratamiento T2 quien obtuvo 40%, 74% y 72% de eficacia hasta los 15 dda, del cual se evidenció que hasta los 10 dda mostró su máximo control sobre las pupas de mosca minadora y finalmente, el tratamiento T1 obtuvo 32%, 66% y 60% de eficacia hasta los 15 dda, donde se evidenció su máximo control hasta los 10 dda.

Tabla 6. Porcentaje de efectividad para N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única., a 15 dda del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam.

| Tratamientos (g/200 L) | 5 dda | 10 dda | 15 dda |
|--|-------|--------|--------|
| T1: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (100) | 32% | 66% | 60% |
| T2: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (120) | 40% | 74% | 72% |
| T3: Cyantraniliprole+Thiamethoxam (140) | 34% | 78% | 89% |

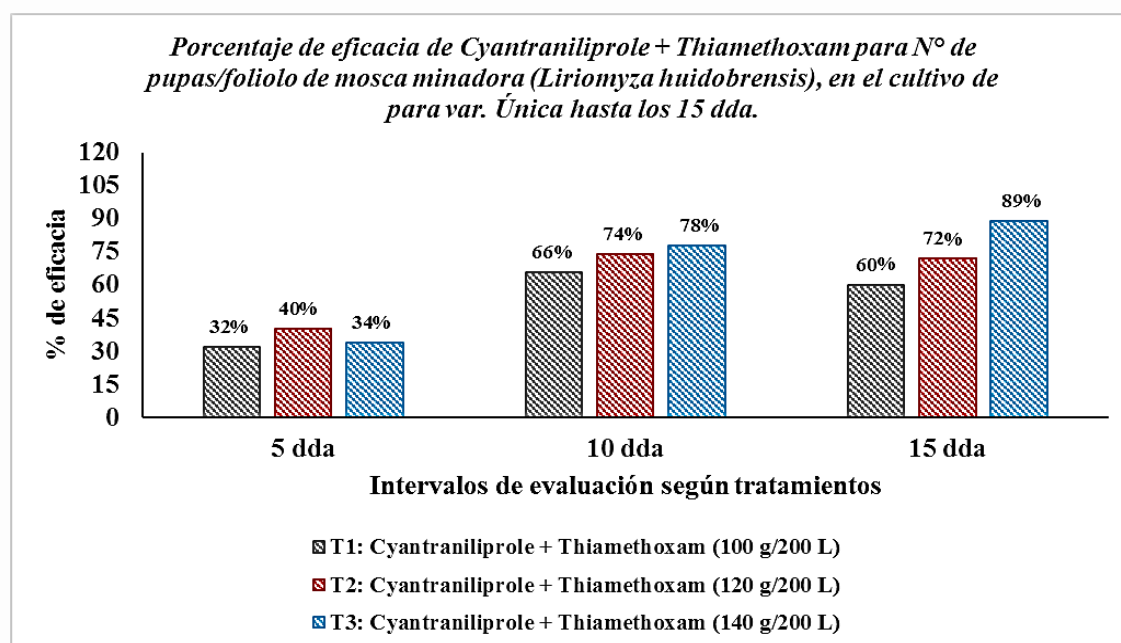


Figura 4. Efectividad biológica del insecticida Cyantraniliprole + Thiamethoxam sobre N° de pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única., hasta los 15 dda.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Según los objetivos planteados para la variable N° de larvas/fofolo, obtuvo que empleando Cyantraniliprole + Thiamethoxam a dosis de 140 g/200 L, registró mejor control significativo con un promedio de 1.60 larvas/fofolo hasta los 15 dda, seguido lo obtuvo el tratamiento T2 a dosis de 120 g/200 L con valores de 3.00 y 4.54 larvas/fofolo hasta los 10 y 15 dda finalmente, lo obtuvo el tratamiento T1 a dosis de 100 g/200 L, el cual obtuvo valores de 3.33 y 5.67 larvas/fofolo hasta los 10 y 15 dda. Asimismo, Matsuda (2022), en su estudio determinó la susceptibilidad de diferentes materias activas sobre larvas de *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Díptera: *Agromyzidae*), donde obtuvo que el Cyantraniliprole mostró alta susceptibilidad sobre esta plaga de interés económico, resultados que permiten brindar conocimiento útil sobre las moléculas de nueva generación para ser usado de manera responsable para conservar su vida útil. Por otro lado, Mónica y Vinothkumar (2023), demostró que empleando adecuadamente el Manejo Integrado de Plagas (MIP), se tiene óptimo control de *L. huidobrensis* en papa, asimismo, empleando Cyantraniliprole a dosis de 75ml/ha demostró ser mejor tratamiento mostrando mayor efectividad y reducción del daño foliar. Para la variable N° de pupas/fofolo, obtuvo que empleando Cyantraniliprole + Thiamethoxam a dosis de 140 g/200 L, presentó mejor control con un promedio de 1.33 pupas/fofolo hasta los 15 dda, seguido lo obtuvo el tratamiento T2 a dosis de 120 g/200 L con valores de 3.67 y 4.67 pupas/fofolo hasta los 10 y 15 dda finalmente, lo obtuvo el tratamiento T1 a dosis de 100 g/200 L, el cual obtuvo valores de 5.00 y 6.33 pupas/fofolo hasta los 10 y 15 dda, respectivamente. Asimismo, Herrick y Cloyd (2017), demostraron que el Thiamethoxam por ser un ingrediente activo de acción sistémica de amplio espectro controla eficientemente las poblaciones de larvas y pupas de insectos de interés económico, dentro de ello se tiene dípteros, cochinillas, queresas entre otras plagas.

Mejía (2013), demostró que el empleo de diamidas antranílica presentan amplio control sobre insectos chupadores que son complicados de ser controlados con otras materias activas, el cual las diamidas antranílica presentan un modo de acción novedoso que afecta

los receptores de la ryanodina en el sistema muscular del insecto ocasionando su muerte lentamente, incluso en estado de pupa.

El porcentaje de eficacia del Cyantraniliprole + Thiamethoxam para N° de larvas/foliolo registro que el tratamiento T3 a dosis de 140 g/200 L, presentó los mayores valores con 90% hasta los 15 dda, siendo superior a todos los tratamientos en estudio, seguido lo obtuvo el tratamiento T2 a dosis de 120 g/200 L con 78% y 71% hasta los 10 y 15 dda, finalmente, el tratamiento T1 a dosis de 100 g/200 L con 74% y 61% de eficacia hasta los 10 y 15 dda y para N° de pupas/foliolo presentó 89% de eficacia hasta los 15 dda a dosis de 140 g/200L, seguido del tratamiento T2 con 74% y 72% hasta los 10 y 15 dda y en tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de eficacia fue para el T1 con 66% y 60% hasta los 10 y 15 dda. En ese sentido en los estudios realizados por Tamayo (2023), obtuvo que empleando Abamectina a dosis de 300 ml/200 L obtuvo 96% y 89% de eficacia hasta los 9 y 14 dda para N° de larvas de mosca minadora, resultados que se asemejan a la presente investigación.

Conclusiones

Se concluye que la aplicación foliar del Cyantraniliprole + Thiamethoxam reduce significativamente las poblaciones de larvas y pupas/foliolo de mosca minadora, en el cultivo de papa var. Única, bajo las condiciones climatológicas del C. P. de Santo Domingo Bajo, Distrito de Supe, Barranca-Lima. La mejor dosis Cyantraniliprole + Thiamethoxam fue de 140 g/200 L, el cual presentó mejor respuesta para reducir N° de larvas de mosca minadora con un promedio de 1.60 larvas/foliolo hasta los 15 dda y para N° de pupas de mosca minadora con 1.33 pupas/foliolo hasta los 15 dda, resultados que son favorables para el control de mosca minadora en el cultivo de papa var. Única, bajo las condiciones del C. P. de Santo Domingo Bajo, Distrito de Supe, Barranca-Lima. El porcentaje de eficacia de la aplicación foliar del Cyantraniliprole + Thiamethoxam registró que la dosis de 140 g/200 L, presentó mejor resultado con 90% y 89% de eficacia para N° de larvas y pupas/foliolo de mosca minadora hasta los 15 dda, en el cultivo de papa var. Única, bajo las condiciones del C. P. de Santo Domingo Bajo, Distrito de Supe, Barranca-Lima.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Henderson, C. y Tilton, E. (1955). *Tests with acaricides against the brow wheat mite*. *J. Econ. Entomol.*, 48: 157-161.
- Herrick, N. y Cloyd, R. (2017). *Effect of systemic insecticides on the citrus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) feeding on coleus*. *Journal of Entomological Science*, 52(2), 104-118. Doi: <https://doi.org/10.18474/JES16-39.1>
- INTAGRI (2017). *Estrategia de control de minadores de tomate. Serie Fitosanidad Núm. 97*. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4 p. recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/estrategias-de-control-de-minadores-en-tomate>
- Mejía, J., Álvarez, J. y Andrade, F. (2013). *Cyazypyr®, la primera diamida antranílica para el control de insectos chupadores y la optimizacion de cosechas*. Sociedad Colombiana de Entomología-SOCOLEN, 176. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13603/81750_67224.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=187
- Monica, S. y Vinothkumar, B. (2023). *Evaluation and Validation of IPM Modules in Potato Against Invasive Leaf Miner, Liriomyza huidobrensis*. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09630-y>
- Matsuda, K. (2022). *Changes in the insecticide susceptibility of the American serpentine leafminer, Liriomyza trifolii (Diptera: Agromyzidae), in indoor successively reared and crop field populations over 25 years*. *Applied entomology and zoology*, 57(1), 71-80. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13355-021-00764-4>
- Rojas, N. Carrión, C., Silva, J. y Pohl, G. (2023). *Aptitud del territorio de apurímac para el cultivo de papa*. *Hatun Yachay Wasi*, 2(1), 54-65. Doi: <https://doi.org/10.57107/hyw.v2i1.35>
- Syngenta Crop Protection S.A. (2022). *MINECTO DUO 40 WG. Cyantraniliprole + Thiamethoxam*. Ficha técnica. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.farmagro.com.pe/p/minecto-duo-40-wg/>
- Tamayo, P. (2023). *Efecto de Abamectina para el control de mosca minadora (Liriomyza huidobrensis Blanchard), en arveja holantao (Pisum sativum L.), en Huari* (tesis de

pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho-Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7901>



PARTE III: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN INGENIERÍA CIVIL

PART III: ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING RESEARCH

Capítulo XI: Caracterización de los agregados de la cantera julquillas y su grado de cumplimiento con las normas técnicas peruanas

Chapter XI: Characterization of aggregates from the julquillas quarry and their degree of compliance with peruvian technical standards

Yanett Landívar¹, Miriam Carassas², Ivan Haro³

RESUMEN

Los agregados son componentes fundamentales en la construcción de infraestructuras y edificaciones. La calidad de los agregados utilizados en la construcción es esencial para garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras, sin embargo, muchos obvian la caracterización de este componente al momento de la elaboración de las mezclas de concreto que influirá en las propiedades del concreto fresco y concreto endurecido. Esta investigación se enfoca en la caracterización de los agregados provenientes de la cantera de Julquillas que abastece en su gran mayoría a las diferentes construcciones de la provincia de Barranca y su grado de cumplimiento con las normas técnicas peruanas. Razón por la cual se realizó el acopio de los agregados de la cantera y se desarrolló los ensayos de laboratorio normados, a fin de evaluar las propiedades físicas de los agregados de dicha cantera como son el contenido de humedad, la granulometría, el peso unitario, el peso específico, el porcentaje de absorción, etc., tanto del agregado grueso como del agregado fino para ser comparados con los parámetros establecidos en las regulaciones peruanas aplicables. Los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelo y materiales de la universidad nacional de Barranca

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: ylandivar@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: mcararsas222@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: iharo221@unab.edu.pe

indican que los agregados de la cantera estudiada cumplen en su mayoría con las normas técnicas peruanas, lo que sugiere su idoneidad para su uso en proyectos de construcción.

PALABRAS CLAVE: Agregados, módulo de fineza, absorción, Concreto, trabajabilidad.

ABSTRACT

Aggregates are fundamental components in the construction of infrastructure and buildings. The quality of the aggregates used in construction is essential to guarantee the durability and safety of the structures, however, many ignore the characterization of this component when preparing concrete mixtures, which will influence the properties of fresh concrete and hardened concrete. This research focuses on the characterization of the aggregates from the Julquillas quarry that mostly supplies the different constructions in the province of Barranca and their degree of compliance with Peruvian technical standards. Reason why the collection of the aggregates from the quarry was carried out and the standardized laboratory tests were developed, in order to evaluate the physical properties of the aggregates from said quarry such as moisture content, granulometry, unit weight, the specific weight, the absorption percentage, etc., of both the coarse aggregate and the fine aggregate to be compared with the parameters established in the applicable Peruvian regulations. The results obtained in the soil mechanics and materials laboratory of the National University of Barranca indicate that the aggregates from the studied quarry mostly comply with Peruvian technical standards, which suggests their suitability for use in construction projects.

Keywords: Aggregates, fineness modulus, absorption, concrete, workability.

INTRODUCCIÓN

Los agregados son materiales pétreos utilizados en la construcción de carreteras, edificios, puentes y otras estructuras civiles. La calidad de los agregados es un factor crítico en la construcción, ya que afecta la durabilidad y la resistencia de las estructuras. En Perú, como en muchos otros países, existen normas técnicas que regulan las especificaciones de los agregados que se usan en proyectos de construcción.

Los áridos se clasifican en dos clases en función de su tamaño: Los agregados finos y gruesos son las dos categorías. Los finos están formados por arenas naturales, artificiales o mixtas con tamaños de partícula entre 5 mm y más de 60 μm ; los gruesos están formados por partículas de tamaño superior a 5 mm y hasta 125 mm. (Neville 1999).

Tres son las categorías en los que se clasifican los agregados en función de su peso específico: ligeros, normales y pesados. Estas divisiones permiten producir concreto con una gama específica de peso unitario, que es una propiedad fundamental del material (Alatorre y Uribe 1998).

Dado que las partículas absorben directamente el agua, pueden tener la mayor influencia en la consistencia del concreto debido a su tendencia a reducir la trabajabilidad. Otras características secundarias, como la forma, el tamaño y la gradación, serán cruciales para la consistencia de la mezcla si dos tipos de áridos absorben de forma similar. Esto se debe a que se conseguirá una menor fluidez cuanto mayor sea la superficie del árido que haya que cubrir con pasta. Una combinación de bajos índices de absorción y un buen coeficiente de forma produce una fuerte consistencia y trabajabilidad de la mezcla (Alejos y Fernández 1996).

El concreto es un material heterogéneo que es producto de la mezcla, de pasta y agregados. La pasta se compone de agua y cemento, y cuando se seca, la interacción química entre estos dos ingredientes une los agregados para formar un conglomerado parecido a la roca cuyas cualidades dependen de diversas circunstancias, como la calidad de cada materia prima empleada en su elaboración, las proporciones utilizadas para combinar esos componentes en bruto, los procesos de mezcla, transporte, colocación y curado.

La trabajabilidad, el acabado, la exudación y la segregación del concreto se ven influidos por la forma, la textura y la gradación de los áridos, así como por la resistencia, la

rigidez, la retracción, la densidad, la permeabilidad y la durabilidad del concreto en estado sólido. (Quiroga, 2003). El objetivo de la investigación es caracterizar los agregados de la cantera de Julquillas utilizados para elaborar concreto y su grado de cumplimiento con las normas técnicas peruanas; dado que se requiere un concreto de alta calidad y el conocimiento detallado de cada uno de los componentes es crucial, en particular las propiedades de los áridos, que determinan su resistencia y durabilidad. Uno de los problemas de los constructores al utilizar concreto es la ausencia de verificación de las propiedades de los áridos pétreos que emplean, lo que frecuentemente produce resultados que no son los esperados situación que en la provincia de Barranca al igual que en todo el territorio nacional se presenta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El criterio para la selección de la cantera de Julquillas para proveer de la muestra de los agregados en la investigación ha sido considerando que, son los agregados habitualmente utilizados en las construcciones de la provincia de Barranca, las coordenadas geográficas de ubicación de la cantera es 18 L 8834705.94 m S y 202174.56 m E y se muestra a continuación:

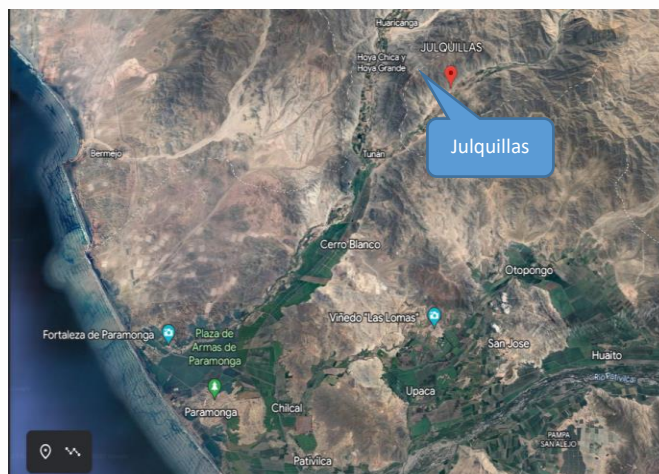


Figura 1. Localización de la Cantera Julquillas

Fuente: Google Earth, consultado abril de 2012

Los ensayos de laboratorio a la muestra fueron realizados según las normas técnicas peruanas (tabla mm) que contemplan el contenido de humedad, la granulometría, el peso específico, porcentaje de absorción y peso unitario, que de manera concisa se describe a continuación.

Para la obtención del contenido de humedad se procedió a pesar la muestra en estado natural y luego fue colocado en la estufa marca Ecocell a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas para luego ser pesado y determinar por diferencia el contenido de humedad.

En cuanto a al ensayo de granulometría, se procedió a cuartear la muestra a fin de obtener una muestra representativa para la caracterizar el agregado determinando la distribución de las partículas en agregado grueso y agregado fino en la muestra seleccionada, mediante el método de tamizado de agregados, utilizando el agitador mecánico y una serie de tamices normalizados fabricado según los estándares de ASTM de abertura cuadrada y acomodados de mayor a menor tamaño, la determinación cuantitativa de las partículas nos permitió determinación del módulo de fineza, el tamaño máximo, el tamaño máximo nominal (ASTM C-136/NTP 400.037).

La estimación de la cantidad de material que debe utilizarse en la preparación de las mezclas de concreto es posible gracias a los resultados de los ensayos de peso específico y absorción de los agregados, por lo que, se procedió a sumergir las muestras de material representativo de cada agregado durante 24 horas, para determinar la absorción del agregado grueso y agregado fino. Luego cada material fue retirado y secado superficialmente para darle la condición de saturado superficialmente seco (SSS) y se pesaron, prosiguiendo colocamos 500 gramos de agregado grueso en la balanza de flotabilidad para determinar su peso sumergido y 500 gramos de agregado fino fue colocado con agua en la fiola y habiendo retirado las burbujas fue pesado.

Por último, se realizó el ensayo de peso unitario suelto pesando el molde volumétrico ELE con cada agregado. Para el peso unitario compactado, se colocó en el molde muestra de agregado fino compactando por capas para luego pesarlo, procedimiento que fue repetido para el agregado grueso.

RESULTADOS

Lo primero que se obtuvo de la muestra de los agregados fue el contenido de humedad, tal como se muestra en la Tabla 1 y 2. La distribución granulométrica del agregado fino obtenida como se observa en la Figura 2., se encuentra casi dentro de los límites establecidos por las normas peruanas, el módulo de finura (MF) que resulto igual a 3.1, es aceptable toda vez que el rango establecido en norma indica que este varía entre 2.2 y 3.1. (Uribe 1991).

Tabla 01. Contenido de humedad agregado fino

| Descripción | M1 | M2 | M3 |
|--------------------------------------|--------|-------------|--------|
| Peso del Agregado húmedo (gr) | 133.62 | 131.27 | 135.08 |
| Peso del agregado seco (gr) | 132.67 | 130.36 | 134.14 |
| Contenido de Humedad (%) | 0.71 | 0.69 | 0.70 |
| Contenido de Humedad Promedio (%) | | 0.70 | |

Tabla 02. Contenido de humedad agregado grueso

| Descripción | M1 | M2 | M3 |
|--------------------------------------|--------|-------------|--------|
| Peso del Agregado húmedo (gr) | 135.09 | 143.08 | 146.88 |
| Peso del agregado seco (gr) | 134.37 | 142.33 | 146.16 |
| Contenido de Humedad (%) | 0.53 | 0.52 | 0.49 |
| Contenido de Humedad Promedio (%) | | 0.51 | |

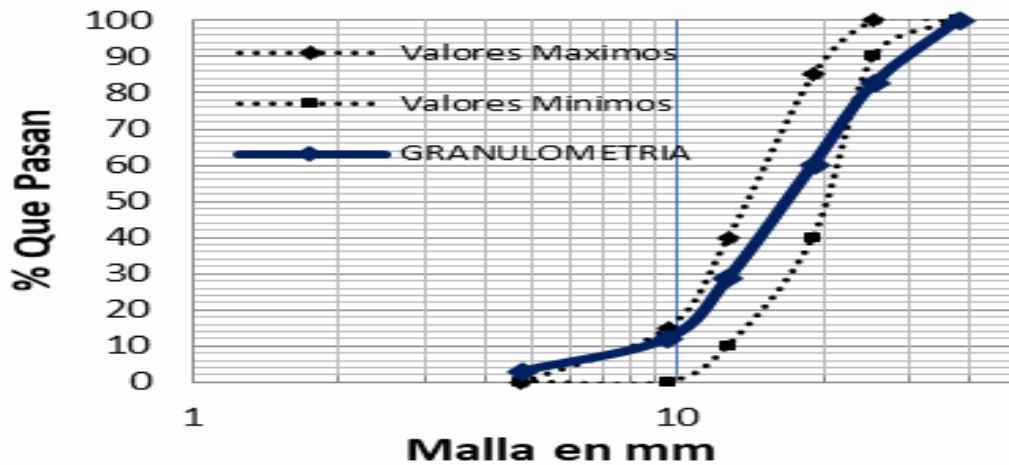


Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino

Respecto a la granulometría del agregado grueso se puede observar en la Figura 3, que se encuentra de acuerdo al tamaño máximo nominal (TMN) igual a 1 ½”, dentro de los límites establecidos en la norma, con un el tamaño máximo (TM) igual a 2”, considerando que los agregados con una curva granulométrica suave y sin excesos o deficiencias significativas de ningún tamaño darán lugar en las propiedades del concreto a mejores resultados. (Kosmatka y Panarese 1992).

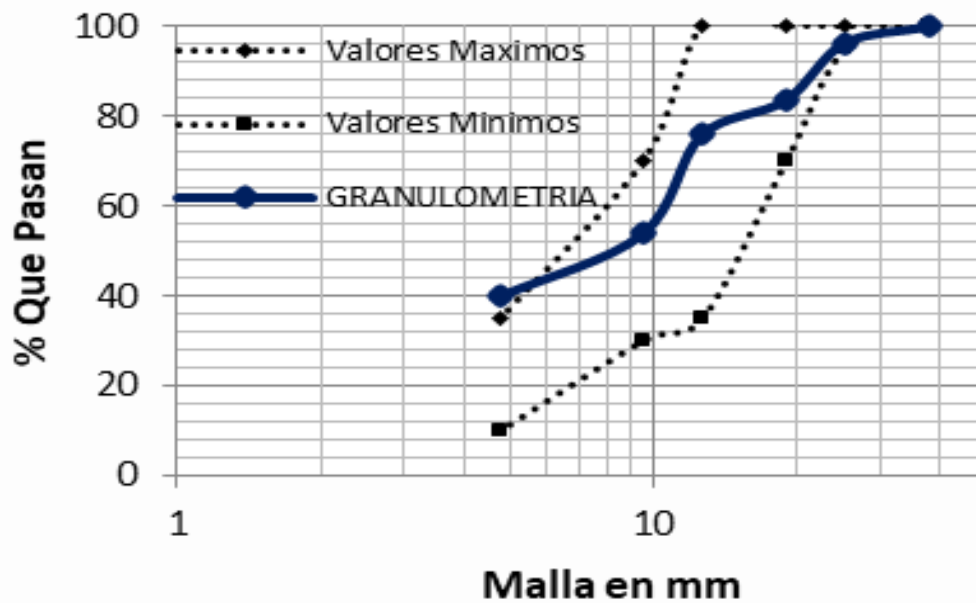


Figura 3. Curva granulométrica del agregado grueso.

Considerando que la propensión del agregado a absorber agua directamente en la mezcla reduce la trabajabilidad del concreto, la absorción es posiblemente la característica del agregado que más influye en la uniformidad del concreto. (Alaejos y Fernández 1996), en ese sentido los resultados se muestran.

Tabla 03. Porcentaje de absorción del agregado fino

| DESCRIPCIÓN | M1 | M2 | M3 |
|--|-----------|-------------|-----------|
| Peso del material saturado superficialmente seco | 500 | 478 | 492 |
| Peso de la fiola +agua | 681.71 | 678.93 | 692.47 |
| Peso de la fiola+ muestra SSS +agua | 992.44 | 977.56 | 993.49 |
| volumen de masa + volumen de vacíos | 189.27 | 179.37 | 190.98 |
| Peso de material seco en el horno | 494.98 | 472.94 | 486.89 |
| Volumen de masa | 184.25 | 174.31 | 185.89 |
| Porcentaje de Absorción % | 1.01 | 1.07 | 1.05 |
| Porcentaje de Absorción promedio % | | 1.04 | |

Tabla 04. Porcentaje de absorción del agregado grueso

| DESCRIPCIÓN | M1 | M2 | M3 |
|--|--------|-------------|--------|
| Peso del material seco | 3028.5 | 3015.18 | 3022.5 |
| Peso del material saturado superficialmente seca | 3050 | 3039 | 3045 |
| Peso sumergido en agua del material saturado | 1903.5 | 1938.2 | 1903.5 |
| Peso específico aparente | 2.642 | 2.739 | 2.648 |
| Peso específico aparente SSS | 2.660 | 2.761 | 2.668 |
| Peso específico nominal | 2.692 | 2.800 | 2.701 |
| Porcentaje de Absorción % | 0.710 | 0.790 | 0.744 |
| Porcentaje de Absorción promedio % | | 0.75 | |

Por último, realizamos el cálculo del peso unitario de la muestra de agregados, obteniendo el peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco.

Tabla 05. Peso Unitario Suelto Seco del agregado

| DESCRIPCIÓN | PESO UNITARIO SUELTO SECO PROMEDIO (Kg/m ³) |
|-----------------|---|
| Agregado fino | 1.63 |
| Agregado grueso | 1.64 |
| Agregado global | 1.85 |

Tabla 06. Peso Unitario Compactado Seco del agregado

| DESCRIPCIÓN | PESO UNITARIO COMPACTADO SECO PROMEDIO (Kg/m³) |
|--------------------|--|
| Agregado fino | 1.87 |
| Agregado grueso | 1.82 |
| Agregado global | 1.98 |

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación sugieren que los agregados provenientes de la cantera de Julquillas pueden ser utilizada para proyectos de construcción en la provincia de Barranca. Aunque se observaron algunas desviaciones en las propiedades de los agregados, estas desviaciones no son significativas y no comprometen la calidad ni la seguridad de las estructuras construidas con estos agregados.

Es importante destacar que la mayoría de las propiedades de los agregados cumplen con las normas técnicas peruanas, lo que respalda su idoneidad. Es importante recordar que la caracterización de los agregados es un proceso continuo, y se recomienda llevar a cabo evaluaciones periódicas para garantizar la consistencia en la calidad de los materiales de construcción. Además, es fundamental que los constructores y los organismos reguladores trabajen en conjunto para asegurar el cumplimiento de las normas técnicas y, en última instancia, la seguridad de las construcciones en el país.

Este estudio ha demostrado la importancia de caracterizar y evaluar los agregados utilizados en la construcción en Perú. Los agregados de la cantera estudiada cumplen en su mayoría con las NTP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alaejos P., Fernández M. (1996). High-performance concrete: requirements for constituent materials and mix proportioning. "ACI Materials journal," (U.S.A.), 93 (3), p. 236.
- Gaurav Saini. (2021). Recycled Aggregates: Materials and Uses. Nova.
- Kosmatka S., Panarese W. (1992). "Diseño y control de mezclas de concreto," IMCYC, México, 1992, pp. 32-34.
- Neville A. (1999). "Tecnología del concreto," IMCYC, México, p. 163
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2017
(https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/327564/NTP_400.012.pdf)
- Norma Técnica Peruana NTP 400.013:2015
(https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/328524/NTP_400.013.pdf)
- Norma Técnica Peruana NTP 400.014:2015 (https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/327564/NTP_400.014.pdf)
- Quiroga P. (2003), "The Effect of the Aggregates Characteristics on the Performance of Port-land Cement", Austin: Universidad de Texas.Documento de defensa de tesis doctoral.
- Uribe R. (1991). El control de calidad en los agregados para concreto 3a parte. "Construcción y tecnología," (México), (40), p. 34.
- Yam, J. L. C., Carcaño, R. S., & Moreno, É. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería, 7(2), 39-46.
- Zdunczyk, M. J. (2023). Construction Aggregates. Mining Engineering, 75(7), 37–39.
www.google.earth, consultado 12 de setiembre de 2023

Capítulo XII: Análisis de las propiedades índices del suelo en la avenida ancash de la urbanización la Florida - Barranca.

Chapter XII: Analysis of the index properties of the land in ancash avenue of the la florida Urbanization - Barranca.

Leo La Borda¹, Rafael Romero², Jhonathan Mena³

RESUMEN

El presente artículo aborda la obtención de las propiedades índices de los suelos y el análisis de la granulometría del suelo, herramienta esencial para caracterizar y clasificar al suelo que se ubica a inmediaciones del local de la universidad en la urbanización La Florida específicamente en la Avenida Ancash del distrito y provincia de Barranca. En base de la curva granulométrica se calculó los diámetros representativos que permitieron determinar el coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad para conocer la gradación del suelo en estudio. La granulometría del suelo provee información valiosa sobre las dimensiones de partículas y de sus cualidades mecánicas en el suelo, lo que permite la evaluación del suelo para la ejecución de las diferentes obras en el sector construcción, dentro de las cuales están el diseño y conformación de los pavimentos. Se determinó mediante los procedimientos de laboratorio normados para los límites de consistencia y luego se clasificó los suelos mediante los sistemas SUCS (“Sistema Unificado de Clasificación de Suelos”) y AASHTO (“Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte”). De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos trabajos en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la universidad se concluyó que el suelo corresponde a una arena mal graduada con un porcentaje de limo que varía entre 5 y 12 %.

PALABRAS CLAVE: Propiedades índices, curva granulométrica, límites de consistencia, clasificación de suelos.

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: llaborda@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: rromeroa201@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: jmenab201@unab.edu.pe

ABSTRACT

This article addresses the determination of the index properties of soils and the analysis of soil granulometry, an essential tool to characterize and classify the soil that is located near the university premises in the La Florida urbanization, specifically on Ancash Avenue. of the district and province of Barranca. From the granulometric curve, the representative diameters were calculated that allowed determining the curvature coefficient and uniformity coefficient to know the gradation of the soil under study. The granulometry of the soil provides valuable information on the sizes of particles and their mechanical properties in the soil, which allows the evaluation of the soil for the execution of different works in the construction sector, among which are the design and construction of the pavements. Consistency limits were determined using standardized laboratory procedures and the soils were then classified using the SUCS (Unified Soil Classification System) and AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) systems. According to the results obtained in the tests carried out in the soil mechanics and materials laboratory of the university, it was concluded that the soil corresponds to a poorly graded sand with a percentage of silt that varies between 5 and 12%.

Keywords: Index properties, granulometric curve, consistency limits, soil classification.



INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente artículo es determinar las propiedades índices de suelo. Luego evaluar los límites de consistencia y clasificar al suelo de la avenida Ancash en la urbanización La Florida de la ciudad de Barranca, según los sistemas internacionales SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) utilizados para todo tipo de obra y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) utilizado en la ingeniería de caminos.

“El suelo es un sistema físico complejo, compuesto de agregados o de un acomodo de partículas de diferentes minerales, humus o materia orgánica e inorgánica”. (Martínez, 2016).

“Las propiedades índices son aquellas que indican el estado y naturaleza del suelo, con metas posteriores, como elaboración de perfiles estratigráficos, clasificación de suelos, propiedades y parámetros complementarios de capacidad portante.” (Serquén, 2019).

El estudio de las características de los suelos a lo largo de una secuencia ayuda a comprender su comportamiento bajo condiciones determinadas. En cuanto a las propiedades físicas ellas tienen una marcada influencia en la estabilidad del suelo, según (Pizarro et al., 2010).

En la ciudad de Barranca, se desarrollan nuevas urbanizaciones por consiguiente se desarrollan nuevas vías de acceso, las cuales no han sido pavimentadas sino más bien son trochas carrozables y cuyo estado actual es deficiente, observándose que dichas vías están descuidadas, principalmente las que se encuentran alrededor de la ciudad. Es el caso de la avenida Ancash en la urbanización La Florida, la cual presenta características a nivel de subrasante no afirmada en mal estado.

Lo expuesto en el párrafo anterior hace imprescindible el análisis de las características de sus suelos para conocer su naturaleza con fines posteriores de una adecuada pavimentación y que a los gobiernos locales les permita dejar decisiones de mantenimiento basadas en política para pasar a un sistema objetivo, y programado.

La utilidad teórica de la investigación es que permite ampliar los conocimientos sobre los diferentes tipos de suelos que hay en la ciudad de Barranca. Actualmente la avenida Ancash es una vía sin pavimentar, donde se observa que la subrasante está en mal estado, por

lo que los resultados del análisis de las propiedades índices tendrán una enorme utilidad práctica si se quiere posteriormente consolidar el suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

1.1. Tipo de investigación

Según su propósito el tipo de investigación es básica ya que busca ampliar la información y la comprensión del objeto de estudio. Por el enfoque es cuantitativo ya que se analizarán cantidades, es decir será un estudio numérico con fundamentos estadísticos.

1.2. Nivel de investigación

Presenta un nivel de investigación descriptiva ya que solo describe el objeto de investigación.

1.3. Diseño de Investigación

El diseño fue no experimental ya que no se manipularon las características del suelo, se recolectó la información tal cual se presentaron en laboratorio. Es de corte transversal, porque la recolección de datos es en un periodo corto.

1.4. Población y muestra

La población es la avenida Ancash de 1 km de largo por 9 m de ancho. La muestra es la misma y se tomaron 3 puntos de muestreo para establecer 3 calicatas según la Norma Técnica CE. 010.

1.5. Objeto de estudio

El estudio se realizó con el suelo de la avenida Ancash en la urbanización La Florida en Barranca, región Lima. La ciudad de está ubicada a 175 kilómetros del norte de la región Lima. Altitud: 48.7 m.s.n.m. Coordenadas: 10° 45' 08" S / 77° 45' 40" O.

1.6. Proceso metodológico

El procedimiento seguido en la investigación inició con el muestreo de suelos, sectorizando del área de estudio, luego se realizó la excavación de las tres calicatas y transporte de muestra a laboratorio.



Figura 1. Ubicación de calicatas

En el laboratorio se realizaron los ensayos de: ensayo de relaciones gravimétricas y volumétricas, así como los ensayos de consistencia.

1.6.1. Propiedades índices de suelo

Se refieren a las características que señalan a un suelo de una misma categoría, como son: granulometría, consistencia, cohesión y estructura. (Salinas, Campos y Guardia, 2015). Relacionan peso y volumen entre las fases que componen el suelo: sólido, líquido y gas.

1.6.2. Contenido de humedad

Relación que existe entre el peso del agua contenida en el suelo y el peso sólido del mismo. Se expresa en porcentaje (Serquén, 2019). La importancia del contenido de humedad de un suelo es una de las características que explican su comportamiento, como son, cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica (Chipakna y Valdez, 2016). Se utiliza la siguiente relación:

$$w\% = \frac{\text{Peso del agua contenida en el suelo}}{\text{Peso del suelo seco}}$$

1.6.3. Curva granulométrica

Se destina para identificar la disposición de las dimensiones de las partículas en el espécimen del suelo, que permite clasificarlos, (AASHTO, 2021). Las cribas utilizadas deben

ser coincidente con las dimensiones de las partículas del espécimen y estar en buenas condiciones para no cometer inexactitudes en la disgregación de las proporciones granulométricas (Barahona et al., 2021). En la curva granulométrica, se pueden obtener los diámetros representativos que deja pasar el 10%, 30% y 60% de material, denominamos como: D10, D30 y D60, los cuales permiten calcular los coeficientes de curvatura (Cc) y uniformidad (Cu), que nos indicarán la gradación de los suelos (Braja, 2013). El análisis de dichos coeficientes del suelo es esencial para valorar el nivel de gradación y las cualidades geotécnicas de la muestra (Duque, 2016). Una puntuación de 1 a 3 en el coeficiente de curvatura señala una gradación apropiada para terrenos granulares (Barahona et al., 2021)

Se utilizan las siguientes relaciones:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

1.6.4. Límites de consistencia

Se fundamentan en la idea de que los terrenos finos pueden encontrarse en distintas condiciones, en función de su naturaleza y la cantidad de agua que posean. (Gutiérrez, 2022).

El índice de plasticidad señala el valor húmedo donde el suelo tiene consistencia plástica, y el índice de liquidez, que indica la cercanía del suelo natural al límite líquido, son atributos beneficiosos del suelo (Braja, 2013). El índice de plasticidad está en función de los límites mencionados.

1.6.5. Clasificación de suelos.

La ingeniería utiliza medios de clasificaciones adicionales para ver la conveniencia de un suelo con propósitos específicos de ingeniería y para transmitir esta información a otros comprensivamente. (Duque y Escobar, 2012). El uso de un sistema de clasificación no implica dejar de estudiar ensayos adicionales de los suelos para determinar sus propiedades ingenieriles por ejemplo los ensayos triaxiales, entre otros.

1.6.5.1. Sistema de clasificación AASHTO

Este método divide a los suelos en 7 grupos y 8 subgrupos, mostrados en la tabla. Para clasificar un suelo de acuerdo con la tabla, los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por proceso de eliminación, el primer grupo de la izquierda en la que quepan los datos de prueba es la clasificación correcta.

| Clasificación General | Materiales Granulares (35% o menos de la muestra pasan la malla # 200) | | | | | | | Materiales limo arcillosos (más de 35% pasa la malla # 200) | | | |
|--|---|------------------|------------------|------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|--|------------------|-------------------|------------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Sub Grupos | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5*, A-7-6 |
| Porcentaje que pasa la malla N° 10 N° 40 N° 200 | 50 máx 30 máx 15 máx | 50 máx 25 máx | 51 mín 10 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 36 mín | 36 mín | 36 mín | 36 mín |
| Características del material que pasa la malla N° 40: Limite Líquido Índice de Plasticidad | 6 máx | 6 máx | N.P. | 40 máx 10 máx | 41 mín 10 máx | 40 máx 11 mín | 41 mín 11 mín | 40 máx 10 máx | 41 mín 10 máx | 40 máx 11 mín | 41 mín 11 mín |
| Tipos de material | Fragmento de roca, grava y arena | | Arena fina | Gravas, arenas limosas y arcillosa | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | |
| Terreno de fundación | Excelente a buena | | | | | Regular a deficiente | | | | | |
| Si $IP \leq LL - 30$, es un A-7-5 Si $IP > LL - 30$, es un A-7-6 | | | | | | | | | | | |
| $IG = (\% \text{ que pasa } \# 200 - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(\% \text{ que pasa } \# 200 - 15)(IP - 10)$ Para calcular el Índice de Grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7 se usa la ecuación $IG = 0.01 (\% \text{ que pasa } \# 200 - 15)(IP - 10)$ | | | | | | | | | | | |

Figura 2. Tabla utilizada por el sistema AASHTO

1.6.5.2. Sistema de clasificación SUCS

Desarrollado A. Casagrande en Harvard conocido inicialmente como Sistema de Clasificación de Aeropuertos, que luego fue modificado ligeramente y adoptando la metodología actual que se denomina el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

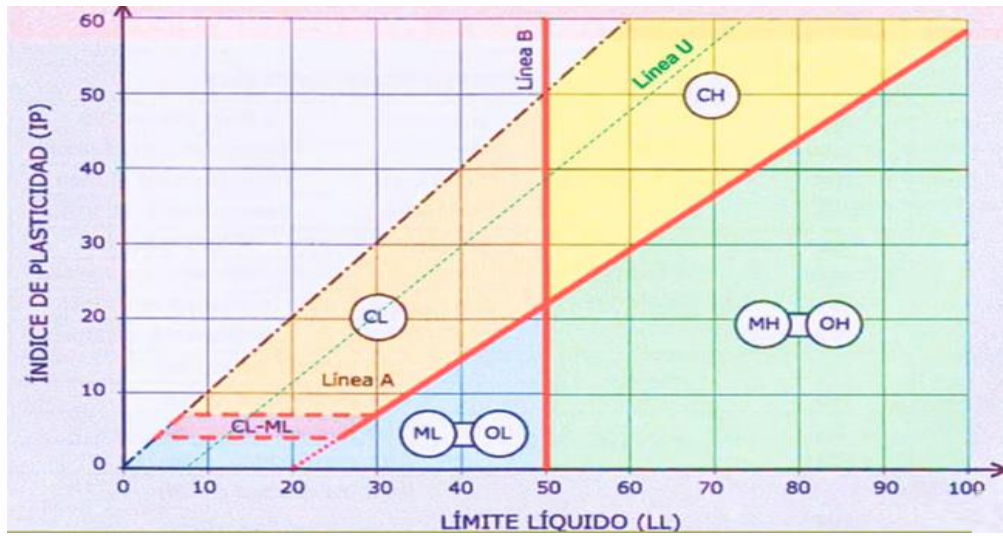


Figura 3. Carta de plasticidad

RESULTADOS

2.1. Propiedades índices

Tabla 1. Resumen de propiedades índices

| Pe. Húmedo | Pe. Seco | Peso sólido | Vol. sólido | Vol. De vacíos | Rel. De vacíos | Porosidad | Vol. De agua | Grado de sat. |
|------------|----------|-------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|----------------------|---------------|
| 2.66 | 1.80 | 359.05g | 134.48cm ³ | 65.27cm ³ | 0.49 | 0.33 | 17.31cm ³ | 26.52 |

La tabla 1 nos muestra las principales propiedades índices del suelo, que servirán como parámetros para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo.

2.2. Contenido de humedad

Tabla 2. Resumen de contenido de humedad de las 03 muestras

| MUESTRA | N° | 01 | 02 | 03 |
|----------------------------------|----|---------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD | m | 1.8-2.0 | 1.7-2.0 | 1.8-2.1 |
| PESO SUELO HÚMEDO | gr | 500 | 500 | 500 |
| PESO SUELO SECO | gr | 475 | 476 | 480 |
| PESO DEL AGUA | gr | 25 | 24 | 20 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 5.26 | 5.04 | 4.17 |
| CONT. DE HUMEDAD PROMEDIO | % | | 4.82 | |

La tabla 2 muestra el contenido de humedad del suelo en estudio. Este valor mostrado es muy importante para determinar el contenido de humedad óptimo que requiere la subrasante.

Tabla 3. Análisis granulométrico por tamizado

| TAMIZ | DIÁMETRO | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
|--------|----------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | | PESO RETENIDO | % QUE PASA | PESO RETENIDO | % QUE PASA | PESO RETENIDO | % QUE PASA |
| 3/4 | 19.050 | 40.75 | 100 | 46.30 | 100 | 35.80 | 100 |
| 1/2 | 12.500 | 48.80 | 97.29 | 105.20 | 94.16 | 95.80 | 94.68 |
| 3/8 | 9.500 | 125.00 | 90.34 | 130.60 | 86.90 | 120.80 | 87.97 |
| N° 4 | 4.750 | 245.60 | 76.70 | 256.25 | 72.66 | 240.50 | 74.61 |
| N°10 | 2.000 | 234.20 | 63.69 | 287.65 | 56.68 | 285.30 | 58.76 |
| N° 20 | 0.850 | 200.25 | 52.56 | 213.45 | 44.83 | 214.90 | 46.82 |
| N° 30 | 0.600 | 134.60 | 45.09 | 83.92 | 40.16 | 115.80 | 40.38 |
| N° 40 | 0.425 | 226.30 | 32.51 | 96.69 | 34.79 | 185.20 | 30.09 |
| N° 60 | 0.250 | 197.36 | 21.55 | 189.78 | 24.25 | 221.00 | 17.82 |
| N° 100 | 0.150 | 212.89 | 9.72 | 208.86 | 12.64 | 205.00 | 6.43 |
| N° 200 | 0.075 | 67.50 | 5.97 | 108.55 | 6.61 | 67.90 | 2.66 |
| FONDO | | 66.75 | 2.26 | 56.75 | 3.46 | 12.00 | 1.99 |

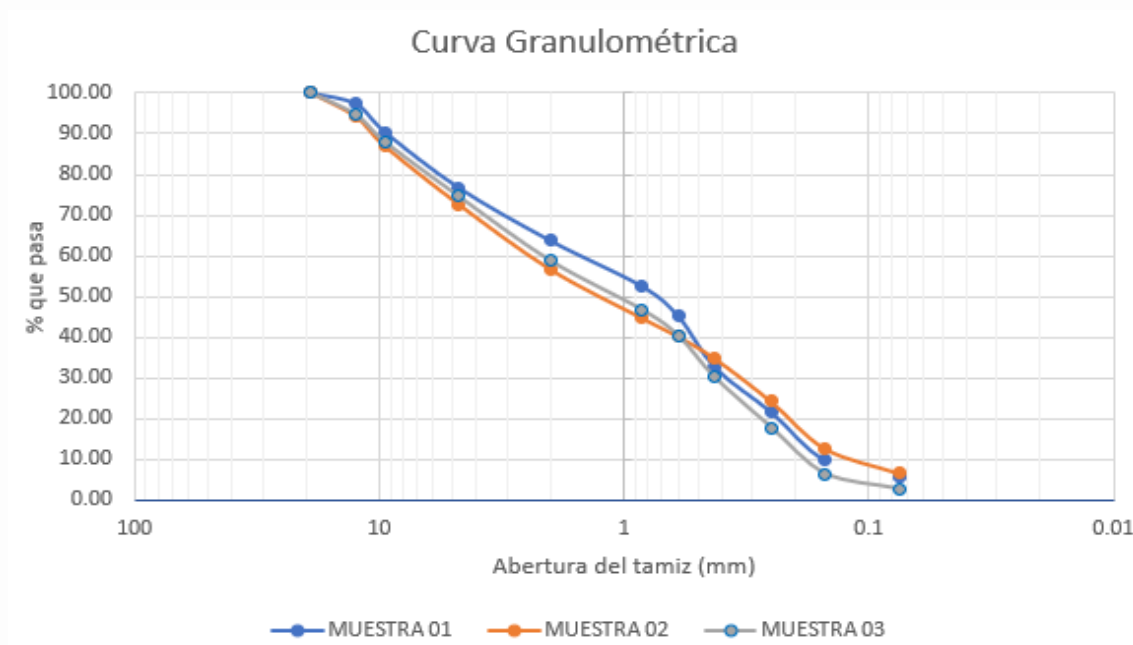


Figura 4. Curva granulométrica de las tres muestras

La tabla 3 muestra que el 94.92 % en peso total del suelo son gravas y/o arenas y el 5.08 % son limos y/o arcillas, por lo que es un suelo grueso. Así mismo el suelo está constituido por 25.34 % de grava, 54.66 % de arena y 5.08 % de finos (limos y/o arcillas).

La figura 4 proporciona los diámetros representativos como $D_{10} = 0.152$, $D_{30} = 0.376$, $D_{60} = 1.506$. Estos valores permiten calcular el $C_c = 0.620$ y $C_u = 9.919$ por lo que según el análisis granulométrico el suelo es uniforme o pobremente gradado.

Tabla 4. Límite líquido

| MUESTRA | N° | 1 | 2 | 3 |
|---------------|----|-------|-------|-------|
| GOLPES | N° | 16 | 23 | 28 |
| W | % | 41.79 | 34.04 | 29.43 |
| L.L | | 32.03 | | |

Tabla 5. Límite Plástico

| MUESTRA | N° | 1 | 2 |
|------------|----|------|------|
| W | % | 24.3 | 25.7 |
| L.P | | 25 | |

Según las tablas 4 y 5 el Índice de Plasticidad es 7.03, que permitirá determinar el tipo de suelo según los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos podemos decir que la granulometría permite concluir que el suelo es uniforme mal graduado.

Los valores de los límites de consistencia indican que el suelo tiene poca plasticidad por lo que a priori la hipótesis indica que es suelo regularmente bueno para subrasante y su estabilización sería factible. Según el sistema AASHTO se puede concluir que el suelo está compuesto por grava y arena con muy poco limo y arcilla. El sistema SUCS, no es necesario recurrir a la carta de plasticidad ya que el porcentaje de finos está comprendido entre 5% y 12 %, determinándose que el suelo es arena pobremente graduado con un contenido fino entre 5% y 12% de limo inorgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (2021). Standard Method of Test for Particle-Size Analysis of Soils. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Barahona, A., Ovando, C., y Araya, R. (2021). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado.
- Braja, M. D. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica. Santa Fe, México: International Thomson Editores.
- Duque, E. (2002). Análisis granulométrico de suelos: Métodos y aplicaciones en geotecnia. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
- Gutiérrez W. (2023). Análisis comparativo de las técnicas de laboratorio para determinar los límites de Atterberg en suelos de la ciudad de Oruro – Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 7289-7312.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7475.
- Gutiérrez M. (2022). Evaluación del comportamiento mecánico de materiales utilizando el cono británico en subrasante de una carretera. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención en Carreteras, Puentes y Túneles. Universidad Ricardo Palma.
- Martinez, J. (2016). Un enfoque multiescalar en la cartografía y génesis de suelos yesosos de San Luis Potosí, México.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. <https://es.slideshare.net/castilloaroni/manual-de-diseo-geomtrico-dg2014-vigente-28jun15>.
- Pizarro, I., Francoso, M., De Almeida, L y Matsura, E. (2020). Calibración de un modelo empírico para la evaluación y monitoreo del contenido de humedad en suelos tropicales compactados usados en la subrasante de pavimentos. *Revista Ingeniería de Construcción*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732020000300275
- Serquén, W. R. (2019). *Fundamentos de ingeniería geotécnica: suelos y cimentaciones*. https://www.academia.edu/38931233/ingenier%c3%8da_geot%c3%89cnica_2019_suelos_y_cimentaciones_libro.

PARTE IV: AVANCES EN LA INVESTIGACION EN CIENCIAS BÁSICAS

PART IV: ADVANCES IN RESEARCH IN BASIC SCIENCES

Capítulo XIII: Evaluación de la calidad microbiológica de leche y queso fresco provenientes de puestos de venta de los mercados del distrito de Barranca

Chapter XIII: Evaluation of the microbiological quality of milk and fresh cheese from sales stalls in the markets of the Barranca district

Ana Melva Contreras Contreras¹, Piero Aramis Garcés Rea², Deslie Francisco Albornoz³

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad microbiológica de la leche y queso fresco provenientes de los puestos de venta de 4 mercados del distrito de Barranca, empleando una investigación observacional descriptivo. Las unidades de análisis, leche y queso fresco fueron obtenidas por conveniencia y analizadas en el laboratorio. Para determinar la calidad microbiológica de la leche se emplearon tres técnicas establecidas: 1) Determinación de coliformes totales, 2) Determinación de coliformes fecales y 3) Identificación de *Staphylococcus aureus* catalasa positiva. Los resultados obtenidos indican que el 100% de unidades de análisis, leche y queso frescos presentan coliformes totales, coliformes fecales y la presencia de *Staphylococcus aureus* catalasa +. Los coliformes encontrados fueron *E. coli*, los géneros *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Proteus*, siendo *E. coli*, *Klebsiella* y *Enterobacter* catalogados como coliformes fecales, los mercados Polvos Azules y la Parada presenta mayor presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus* catalasa positivo en mayor cantidad de 22x10⁵ UFC/ml y 14x10⁵ UFC/ml, respectivamente. Se concluye que las condiciones de inocuidad en los mercados estudiados no son adecuadas para la salud pública, lo que sugiere promover capacitaciones

¹ Docente, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: acontreras@unab.edu.pe

² Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: pgarces232@unab.edu.pe

³ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: dfrancisco232@unab.edu.pe

relacionadas a buenas prácticas de manufactura (BPM) a los manipuladores de estos productos para evitar la contaminación y la presencia de enfermedades gastrointestinales.

PALABRAS CLAVE: Calidad microbiológica, coliformes totales, coliformes fecales, inocuidad alimentaria.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the microbiological quality of milk and fresh cheese coming from the sales stalls of 4 markets in the Barranca district, using a descriptive observational research. The units of analysis, milk and fresh cheese, were obtained by convenience and analyzed in the laboratory. To determine the microbiological quality of milk, three established techniques were used: 1) Determination of total coliforms, 2) Determination of fecal coliforms and 3) Identification of catalase-positive *Staphylococcus aureus*. The results obtained indicate that 100% of analysis units, fresh milk and cheese, present total coliforms, fecal coliforms and the presence of *Staphylococcus aureus* catalase +. The coliforms found were *E. coli*, the genera *Klebsiella*, *Enterobacter* and *Proteus*, with *E. coli*, *Klebsiella* and *Enterobacter* classified as fecal coliforms, the Polvos Azules and La Parada markets have a greater presence of total coliforms, fecal coliforms and catalase positive *Staphylococcus aureus* in greater quantities of 22×10^5 CFU/ml and 14×10^5 CFU/ml, respectively. It is concluded that the safety conditions in the markets studied are not adequate for public health, which suggests promoting training related to good manufacturing practices (GMP) for the handlers of these products to avoid contamination and the presence of gastrointestinal diseases.

Keywords: Microbiological quality, total coliforms, fecal coliforms, food safety

INTRODUCCIÓN

El ser humano está expuesto a una serie de microorganismos que se encuentran en el ambiente o forman parte del microbiota de otros animales, mamíferos y aves, ocasionándoles o no patologías que deterioran la salud. Los animales tienen barreras de defensa que contrarrestan la acción lesiva de algunos microorganismos al colonizarnos, salen del hábitat normal del cuerpo humano o al bajar nuestras defensas. Las barreras son mecánicas, celulares y moleculares mediada por los anticuerpos, que en conjunto contrarrestan la acción de los patógenos (Brook, 2010).

Los patógenos buscan vías de entrada al organismo y una de ellas es a través de la contaminación de los alimentos ya sea por una mala manipulación, conservación deficiente o por vectores mecánicos (Elsevier, 2020). Por ello, se incide en las buenas prácticas de manufactura (BPM) para que los alimentos de consumo diario o alimentos almacenados lleguen al consumidor con parámetro de inocuidad seguros para el consumo humano; esto es libre de microorganismos patógenos o tengan una carga mínima capaz de desarrollar un cuadro patológico, tal es el caso de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), que pueden llevar a intoxicaciones graves incrementado las tasas de morbilidad y mortalidad (OPS, 2020).

Los productos lácteos como la leche y derivados (queso) son alimentos que contienen nutrientes adecuados para el desarrollo de los seres humanos, complementan la dieta diaria, al proporcionar micronutrientes como el calcio, carbohidratos, proteínas, y sales minerales, lo que hace que este alimento sea requerido y utilizado. En la cadena productiva de la leche y queso fresco suele ocurrir contaminación, siendo una de las causas la falta de conocimiento en la manipulación lo que conlleva a ocasionar problemas de salud como son las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) en niños y adultos mayores (MINSA–DIGESA, 2022).

Los principales microorganismos causantes del deterioro de los alimentos como la leche y el queso son: los coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus* catalasa positivo. Coliformes totales, son bacterias que se encuentran en el ambiente, tiene forma de bacilo, metabolizan (fermentan) la lactosa, debido a que poseen la enzima beta galactosidasa, y producen gas cuando son incubadas a 35° C a 37°C. Los coliformes fecales, por otro lado, son bacterias gramnegativas que por su metabolismo y morfología son

semejantes a los coliformes totales con la diferencia que se encuentran en el intestino y crecen al ser incubadas a temperaturas de 44°C a 45°C, responsables de contaminación con bacterias del tracto intestinal humano o de animales (Madigan, 2015). La *Escherichia coli*, considerado un coliforme fecal es el causante del deterioro y contaminación del alimento, el proyecto está orientado a la detección de los causantes de la contaminación y deterioro del alimento, para lograr detectar y evaluar la calidad microbiológica se realizará la prueba microbiológica del Número Más Probable (NMP) y las pruebas bioquímicas Triple Sugar Iron (TSI) y Lisina Iron Agar (LIA) pruebas que son utilizadas para el análisis de alimentos que se sospechan que son contaminados con coliformes fecales (Koneman, 2017). El *Staphylococcus aureus* catalasa positivo, es una bacteria grampositiva en forma de coco, no esporulada, se encuentra en diversos ambientes, incluye en nuestro cuerpo formando parte de nuestra microbiota, manos, piel, cabello, la variedad patógena es capaz de metabolizar, fermentar, el manitol, produce una enterotoxina denominada síndrome del shock tóxico (SST) produciendo diarrea, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, sobre todo en grupos etareo extremos, niños y adultos mayores, y personas con el sistema inmunológico comprometido (Madigan, 2015)

La venta de estos productos, leche y queso fresco es rentable en la economía de algunos hogares, que se dedican a la venta distribuyéndolos en los mercados del distrito de Barranca, la leche lo compran directamente de los establos y el queso fresco lo elaboran de forma artesanal, en algunas ocasiones, sin tener los cuidados de manipulación de estos alimentos, lográndose contaminar en el trayecto de ser expedidos en los mercados, los vendedores carecen de conocimientos en cuanto a la manipulación de los alimentos y los contaminan, además que al ser vendidos a la intemperie están expuestos a los contaminantes del ambiente y los vectores mecánicos contribuyen a su contaminación, llegando la leche y el queso fresco al consumidor contaminados y al ser ingeridos causan problemas de salud como son las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) (MINSAL, 2020. D. S. N° 007-2017-MINAGRI, DIGESA, 2017).

MATERIALES Y MÉTODO

Para identificar coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus*, se emplearon medios de cultivo bacteriológico, equipos para siembra, incubación, conservación de los cultivos desarrollados y materiales de vidrio de uso común para realizar los procedimientos microbiológicos. Se utilizaron pruebas del Número Más Probable (NMP), bioquímicas: TSI y LIA que son utilizadas para el reconocimiento de *Escherichia coli*, los cuales tiene que dar como resultados propuestos por los parámetros microbiológicos permitidos para el consumo humano de alimentos (Koneman, 2017. MINSA/DIGESA, 2022).

Se cumplió con las recomendaciones brindadas por las Norma Técnica Peruana D.S. N° 007-217-MINAGRI, la unidad de análisis fue 50 ml de leche y 100 gr de queso, la leche fue colectada de los puestos de venta que lo venden empacados en bolsas y escasas ocasiones, el queso fue colectado en bolsas de polietileno de primer uso, rotulándolas y almacenadas en un cooler a temperatura de 4°C, luego se transportaron al laboratorio de Biología-Microbiología de la Universidad Nacional de Barranca.

El análisis microbiológico que se realizó para las unidades de análisis fue: **Coliformes Totales**: se determinó con el NMP, empleando la técnica de dilución seriada en tubos (-1, -2 y -3) Blodgett Robert (2023), con medios de cultivo bacteriano caldo Brilla utilizado para la detección de bacterias productoras de gas y metabolizadoras de lactosa incubando a 37°C, cuyo resultado positivo en la producción de turbidez y gas; **Coliformes Fecales**: se empleó NMP con diluciones seriada en tubos (-1, -2 y -3) con medios de cultivo bacteriano caldo Brilla utilizado para la detección de bacterias productoras de gas y metabolizadoras de lactosa incubando a 44°C, reportadas como positivas si presentaban turbidez y producción de gas a los cuales se les realizó pruebas bioquímicas Triple Sugar Iron (TSI), Lisina Hierro Agar (LIA) y Citrato. Para la identificación de *Staphylococcus aureus catalasa positivo* se empleó el Agar Manitol Salado (AMS), en placas Petri se realizó la siembra por disseminación en superficie de la dilución a la -2 y reportándose como UFC/ml.

RESULTADOS

En el distrito de Barranca existen 8 mercados: Polvos Azules, Nuevo Amanecer Mercado Viejo, Alfonso Ugarte, Los Pinos, Señor de los Milagros, El Ángel y La Parada; de los cuales se realizó el muestreo en 4 mercados, que son los más concurridos por los pobladores del distrito de Barranca: Polvos Azules, Mercado Viejo, Alfonso Ugarte y la Parada, recolectándose 20 unidades de análisis entre leche (7) y queso (13). Se sometieron a pruebas microbiológicas para detectar la presencia de coliformes totales y coliformes fecales obteniéndose la presencia de este grupo de microorganismos en la totalidad de la leche y queso, como se demuestra en la tabla 1.

Tabla 1: Calidad microbiológica de leche y queso frescos provenientes de cuatro mercados del distrito de Barranca.

| N° | Mercado | Unidad de Análisis | CT | CF | <i>S. aureus</i> / (UFC/ml, g) catalasa + | Calidad Microbiológica |
|----|----------------|--------------------|----------|----------|---|---------------------------|
| 1 | Polvos Azules | 1 | Presente | Presente | -25 | No cumple con la norma |
| 2 | Polvos Azules | 2 | Presente | Presente | 98x10 ² | No cumple con la norma |
| 3 | Polvos Azules | 3 | Presente | Presente | 8x10 ⁵ | No cumple con la norma |
| 4 | Polvos Azules | 4 | Presente | Presente | 22x10 ⁵ | No cumple con la norma |
| 5 | Mercado Viejo | 5 | Presente | Presente | 95x10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 6 | Mercado Viejo | 6 | Presente | Presente | 25X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 7 | Alfonso Ugarte | 7 | Presente | Presente | 18x10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 8 | Alfonso Ugarte | 8 | Presente | Presente | 6x10 ³ | No cumple con la norma |
| 9 | Alfonso Ugarte | 9 | Presente | Presente | 45x10 ² | No cumple con la norma |
| 10 | Alfonso Ugarte | 10 | Presente | Presente | 2x10 ⁶ | No cumple con la norma |
| 11 | Parada | 11 | Presente | Presente | 52x10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 12 | Parada | 12 | Presente | Presente | 14x10 ⁵ | No cumple con la norma |
| 13 | Parada | 13 | Presente | Presente | 26x10 ² | No cumple con la norma |
| 14 | Polvos Azules | 14 | Presente | Ausente | 32X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 15 | Parada | 15 | Presente | Presente | 12X10 ⁵ | No cumple con la norma |
| 16 | Parada | 16 | Presente | Presente | 28X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 17 | Parada | 17 | Presente | Presente | 45X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 18 | Mercado viejo | 18 | Presente | Presente | 4X10 ⁴ | No cumple con la norma |

| | | | | | | |
|----|---------------|----|----------|----------|--------------------|------------------------|
| 19 | Mercado Viejo | 19 | Presente | Presente | 12X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| 20 | Mercado Viejo | 20 | Presente | Presente | 25X10 ⁴ | No cumple con la norma |

En la tabla 2, se muestran los resultados de la calidad microbiológica de la leche, donde las 7 muestras de leche presentan coliformes totales, fecales y *Staphylococcus aureus*, son considerados no aptos para el consumo humano.

Tabla 2: Calidad microbiológica de leche fresca provenientes de cuatro mercados del distrito de Barranca.

| Mercado | CT | CF | <i>S. aureus</i> / (UFC/ml,g) catalasa + | Calidad Microbiológica |
|---------------|----------|----------|---|---------------------------|
| Polvos Azules | Presente | Presente | -25 | No cumple con la norma |
| Polvos Azules | Presente | Presente | 98x10 ² | No cumple con la norma |
| Polvos Azules | Presente | Ausente | 32X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 12X10 ⁵ | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 28X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| Mercado Viejo | Presente | Presente | 4X10 ⁴ | No cumple con la norma |
| Mercado Viejo | Presente | Presente | 12X10 ⁴ | No cumple con la norma |

En la tabla 3, se muestran los resultados de la calidad microbiológica de la leche, donde las 13 muestras de queso presentan coliformes totales, fecales y *Staphylococcus aureus* y son considerados no aptos para el consumo humano. Al realizar pruebas bioquímicas se identificaron coliformes como *E. coli*, género *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Proteus*, siendo los tres primeros microorganismos pertenecientes al grupo de coliformes fecales, los mercados Polvos Azules y la Parada presenta mayor presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus* catalasa positivo en mayor cantidad de 22x10⁵ UFC/ml y 14x10⁵ UFC/ml, respectivamente, tabla 3 y 4.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos al analizar las 20 unidades de análisis, leche y queso reflejan la calidad microbiológica que presentan estos productos para lo cual se realizaron según los parámetros microbiológico establecidos (MINAGRI, 2017, 2020), el total presentaron coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus* catalasa positivo, los cual concuerda con lo propuesto por Rodríguez-Gallegos y col. (2022) que reporta en la investigación “Diagnóstico de la calidad sanitaria de queserías artesanales en Salinas, San Luis Potosí”.

Tabla 3: Calidad microbiológica de queso fresco provenientes de cuatro mercados del distrito de Barranca.

| Mercado | CT | CF | <i>S. aureus</i> / (UFC/ml, g) catalasa + | Calidad Microbiológica |
|----------------|----------|----------|--|------------------------|
| Polvos Azules | Presente | Presente | 8×10^5 | No cumple con la norma |
| Polvos Azules | Presente | Presente | 22×10^5 | No cumple con la norma |
| Mercado Viejo | Presente | Presente | 95×10^4 | No cumple con la norma |
| Mercado Viejo | Presente | Presente | 25×10^4 | No cumple con la norma |
| Alfonso Ugarte | Presente | Presente | 18×10^4 | No cumple con la norma |
| Alfonso Ugarte | Presente | Presente | 6×10^3 | No cumple con la norma |
| Alfonso Ugarte | Presente | Presente | 45×10^2 | No cumple con la norma |
| Alfonso Ugarte | Presente | Presente | 2×10^6 | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 52×10^4 | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 14×10^5 | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 26×10^2 | No cumple con la norma |
| Parada | Presente | Presente | 45×10^4 | No cumple con la norma |
| Mercado Viejo | Presente | Presente | 25×10^4 | No cumple con la norma |

Tabla 4: Relación de microorganismos encontrados en la leche y queso frescos provenientes de cuatro mercados del distrito de Barranca

| Mercado | Unidad de Análisis | Microorganismos | | | |
|----------------|--------------------|-----------------|------------|---------|---------|
| | | Enterobacter | Klebsiella | E. coli | Proteus |
| Polvos Azules | Leche | Si | | | |
| | Queso | | si | | |
| Mercado Viejo | Leche | | | | Si |
| | Queso | | Si | | |
| Alfonso Ugarte | Leche | | | | |
| | Queso | Si | Si | Si | |
| Parada | Leche | Si | | | Si |
| | Queso | | Si | | Si |

Así mismo en el trabajo “Calidad sanitaria de la leche y quesos artesanales elaborados en la provincia de Manabí, Ecuador” realizado por Arteaga-Solorzano y col. (2021) y Vásquez A y col. (2018) que reporta que existen empresas que mantienen mejores condiciones sanitarias. La leche y queso que se venden en los mercados del distrito de Barranca no reciben tratamiento térmico, están en la intemperie, expuestos a la contaminación por diversas fuentes y los que expenden la leche y queso carecen de conocimientos de inocuidad y de buenas prácticas de manufactura.

Agradecimientos:

Al personal de laboratorio de biología – microbiología y laboratorio de genómica por brindarnos el apoyo en el desarrollo experimental al proporcionarnos, los ambientes, materiales y quipos necesarios para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga-Solórzano Rudyard y col. 2021. Calidad Sanitaria de leche y quesos artesanales elaborados en la provincia de Manabì, Ecuador. Rev. Prod. Animal. 33(3) Camaguey. Sept.-dic. 2021.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202021000300054&lang=es. Consultado el 22 de octubre 2023.
- Blodgett Robert. 2023. BAM Appendix 2: Most Probable Number from Serial Dilutions.
<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-appendix-2-most-probable-number-serial-dilutions>
- Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el reglamento de la leche y productos lácteos. file:///C:/Users/Alumno/Downloads/ds07-2017-minagri.pdf
- Decreto Supremo N° 004-2022-MIDAGRI.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2056438-1>
- Diario oficial El Peruano. 2022. Decreto Supremo que modifica el Reglamento de la Leche y Productos Lácteos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-de-la-leche-y-pro-decreto-supremo-n-004-2022-midagri-2056438-1/>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA). 2017. Guía para elaborar. Manual de buenas prácticas de manufactura (BPM) y programa de higiene y saneamiento (PHS) para pequeños productores de queso fresco. DIGESA-Ministerio de salud. Lima-Perú.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/BPM%20Y%20PHS.pdf>
- Elsevier. 2020. Manual Mosby de cuidados básicos de enfermería. 6ta Edición. Sorrentino S.A.
- Koneman, E. y col. 2017. “Diagnóstico Microbiológico”. Argentina. 7^{ma} edición. Editorial Médica Panamericana.
- Madigan, Michael T. 2015. Biología de los microorganismos. 14 edición. Editorial Pearson.
- Merchán, Muri y col. 2019. Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. Rev. Chil. Nutr. (46(3). Santiago. Jun. 2019.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000300288. Consultado el 2 de noviembre 2023.

- Ministerio de Salud (MINSA). 2020. Vigilancia Sanitaria en materia de inocuidad alimentaria.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/alimentos.asp#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20Ley,cadena%20alimentaria%2C%20incluido%20los%20piensos.>
- MINSA – DIGESA, 2022. Norma Sanitaria para implementación del Sistema Integrado de Producción en la elaboración de productos lácteos artesanales.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/661471-minsa-aprueba-la-norma-sanitaria-para-implementacion-del-sistema-integrado-de-produccion-en-la-elaboracion-de-productos-lacteos-artesanales>
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3749651/Norma%20%20T%C3%A9cnica%20de%20Salud.pdf?v=1665579681>
- NTS N^a 192 MINSA/DIGESA. 2022. Norma Sanitaria para la implementación del Sistema integrado d producción-SIP en la elaboración de productos lácteos artesanales.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3749651/Norma%20%20T%C3%A9cnica%20de%20Salud.pdf?v=1665579681>
- Organización Panamericana de la Salud OPS. 2020. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020. Seguridad alimentaria y nutricional para los territorios más rezagados.
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/53143>
- Organización Panamericana de la Salud. 2022. Normas internacionales para la salud pública y el comercio de alimentos en el marco de CODEX Alimentarius.
<https://www.paho.org/es/noticias/29-7-2022-autoridades-nacionales-conocen-normas-internacionales-para-salud-publica>
- Rodríguez-Gallegos, Roció y col. 2022. Diagnóstico de la calidad sanitaria de queserías artesanales en Salinas, San Luis Potosí. Rev. Mex. De cienc. Pecuarias 13(2) Mérida. Abr./jun. 2022.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242022000200340&lang=es. Consultado el 22 de octubre 2023.
- Silva-Paz, Laura y col. 2020. Caracterización de la leche y queso artesanal de la región Ojos Negros, Baja California, México. Rev. Mexi. De cienc. Pecuarias 11(2) Mérida. Abril./jun. 2020.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242020000200553&lang=es. Consultado el 25 de octubre 2023.
- Vásquez A., Víctor y col. 2018. Evaluación de la calidad bacteriológica de quesos frescos en Cajamarca. Ecol. apl. 17(1). Lima. Ene./jul. 2018.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100005. Consultado el 1 de noviembre 2023.

Capítulo XIV: Biosensores para la detección de mercurio en agua

Chapter XIV: Biosensors for the detection of mercury in water

Hernán Edwin Verde Luján¹, Isabel Cárdenas Caqui²

RESUMEN

Los biosensores se presentan como una alternativa prometedora a los métodos analíticos convencionales para la detección sensible y selectiva de contaminantes en muestras ambientales como el mercurio. Estos dispositivos integran un elemento biológico de reconocimiento y un transductor para detectar la presencia de analitos. Diversos bioreceptores, incluyendo enzimas, anticuerpos y ADN, han sido empleados para desarrollar biosensores específicos de mercurio, aprovechando la unión selectiva de este metal con grupos tiol y pares de bases de timina. Configuraciones novedosas incluyen el uso de microalgas bioacumuladoras de mercurio. Estos biosensores han demostrado límites de detección en el rango de partes por trillón (ppt) o partes por billón (ppb), junto con la simplicidad de operación, rapidez de análisis, equipos compactos y bajo costo. Si bien existen retos relacionados con reproducibilidad, selectividad y estabilidad a largo plazo, los biosensores representan una tecnología muy prometedora para la detección rutinaria de mercurio mediante el monitoreo ambiental. Se requiere mayor investigación para implementar los biosensores como métodos efectivos de detección de mercurio en campo a través de dispositivos compactos y portátiles. El desarrollo de plataformas de análisis basadas en interfaces bio-electrónicas avanzadas y nuevos materiales nanoestructurados también es indispensable para mejorar el desempeño analítico. Finalmente, en el Perú el uso e investigación con estos biosensores ambientales es aún escaso, representando una oportunidad ante la problemática de deterioro de recursos hídricos.

PALABRAS CLAVE: biosensores, mercurio, monitoreo ambiental, agua, detección, selectividad, límite de detección.

¹Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Trujillo, Maestro en Ciencias mención Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo, Docente de la Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: hverde@unab.edu.pe

²Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Barranca, estudiante de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Nacional de Barranca, correo electrónico: icardenas232@unab.edu.pe

ABSTRACT

Biosensors have emerged as a promising alternative to conventional analytical methods for the sensitive and selective detection of contaminants in environmental samples, such as mercury. These devices integrate a biological recognition element and a transducer to detect the presence of analytes. Various bioreceptors, including enzymes, antibodies, and DNA, have been employed to develop mercury-specific biosensors, leveraging the selective binding of this metal with thiol groups and thymine base pairs. Innovative configurations include the use of mercury bioaccumulating microalgae. These biosensors have demonstrated detection limits in the range of parts per trillion (ppt) or parts per billion (ppb), along with ease of operation, rapid analysis, compact equipment, and low cost. Despite challenges related to reproducibility, selectivity, and long-term stability, biosensors represent a highly promising technology for the routine detection of mercury through environmental monitoring. Further research is needed to implement biosensors as effective mercury detection methods in the field through compact and portable devices. The development of analytical platforms based on advanced bio-electronic interfaces and new nanostructured materials is also essential to enhance analytical performance. Finally, in Peru, the use and research of these environmental biosensors are still limited, representing an opportunity in addressing the issue of water resource deterioration.

Keywords: Biosensors, Mercury, Environmental monitoring, Water, Detection, Selectivity, Detection limit.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de cientos de años, los organismos vivos han evolucionado sensores moleculares con una eficiencia y sensibilidad cada vez mayores para identificar la presencia de sustancias químicas que son de potencial interés metabólico o suponen alguna amenaza para la supervivencia de ese organismo (Rodríguez-Izquierdo, 2023).

Los biosensores han emergido como herramientas esenciales en la intersección de la biología y la tecnología, permitiendo la detección cuantitativa y específica de diversas moléculas químicas y biológicas. Estos dispositivos ofrecen múltiples aplicaciones en campos como la medicina, la seguridad alimentaria, la detección de contaminantes ambientales y la monitorización de procesos biotecnológicos. Los biosensores aprovechan la capacidad de reconocimiento biomolecular y las propiedades electroquímicas, ópticas o piezoeléctricas de los materiales sensibles para convertir las interacciones biológicas en señales mensurables y cuantificables. (Wang et al. 2016).

En las últimas dos décadas, los centros de investigación y universidades a nivel global han destinado recursos en aumento para crear sistemas de análisis que simulen la habilidad de los organismos vivos para identificar la presencia de determinados tipos de sustancias. Estos sistemas analíticos reciben el nombre de biosensores ya que poseen un componente biológico. (Riviejo, 2000).

Los avances recientes en nanotecnología, biología molecular y diseño de materiales han impulsado el desarrollo de biosensores cada vez más sensibles, selectivos y versátiles. Los componentes clave de un biosensor típico incluyen un elemento biológico de reconocimiento (como anticuerpos, enzimas o ácidos nucleicos), un transductor que convierte la interacción biológica en una señal detectable y una interfaz que amplifica y procesa la señal para su análisis. Esta integración multidisciplinaria ha permitido la creación de biosensores altamente especializados para detectar desde biomarcadores específicos en enfermedades hasta contaminantes microbianos en alimentos. (Lechuga, 2009; Brown et al., 2020; Williams et al., 2019).

De acuerdo con Reyes et al. (2016), la contaminación de agua por metales pesados, como arsénico, plomo y mercurio, representa un problema a escala global y nacional. Esta contaminación

se origina a partir de procesos industriales e incluso de forma natural en el planeta. Hoy en día, los procedimientos tradicionales para identificar estos contaminantes se vuelven costosos, requieren de laboratorios especializados y no son portátiles. Por lo tanto, hay la necesidad de emplear métodos simples para una detección rápida en campo; las pruebas in situ de estos contaminantes son un desafío, es importante utilizar herramientas analíticas confiables, baratas y fáciles de usar, como biosensores portátiles para monitorear los contaminantes in situ.

El mercurio es un contaminante ambiental sumamente tóxico que puede bioacumularse en los organismos y causar severos efectos adversos para la salud humana y animal. Debido a su naturaleza persistente y amplio uso industrial, el mercurio representa un serio riesgo de contaminación de cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos. Por ejemplo, la descarga de efluentes industriales que contienen mercurio puede resultar en la bioacumulación de este metal a lo largo de la cadena alimenticia acuática, llegando eventualmente a los humanos a través del consumo de pescado (Zahir et al., 2005). Considerando los bajos niveles máximos permisibles de mercurio en el agua potable, 2 ppb según la EPA; se requieren métodos analíticos altamente sensibles y selectivos para monitorear su presencia. Los biosensores han surgido como una alternativa prometedora para este propósito.

Es importante señalar que, en el Perú no se ha encontrado grupos de investigación asociado al uso de biosensores ambientales, a nivel internacional para abordar estos problemas, se han desarrollado varios tipos de plataformas de detección utilizando cromóforos (Coronado et al., 2005, Nazeeruddin et al., 2006, Palomares et al., 2004), proteínas (Chen y He, 2004), voltamperometría de separación anódica (Kim et al., 1998, Nolan y Kounaves, 1999), fluoróforos orgánicos (Guo et al., 2004, Caballero et al., 2005), y materiales poliméricos (Zhao y Zhong, 2006). Los biosensores para mercurio en agua son una tecnología emergente con un gran potencial de aplicación. Los biosensores son capaces de detectar mercurio en agua con alta sensibilidad y selectividad, y pueden ser utilizados para una variedad de aplicaciones, incluyendo el monitoreo de agua potable, el control de la contaminación ambiental y la investigación científica.

El propósito de este ensayo es proporcionar una visión general y actual de la utilización de la tecnología de biosensores en la determinación de metales pesados, especialmente mercurio en agua y su potencial desarrollo para aplicaciones in situ, así como su importancia en la investigación científica y la industria.

REVISIÓN LITERARIA

El concepto de biosensor se utilizó inicialmente a partir de 1977, año en que se creó el primer aparato que empleaba un electrodo sensible al amonio con microorganismos vivos inmovilizados en su superficie. (Amarin, 2012). Al igual que cualquier otro tipo de dispositivo, los biosensores han experimentado evolución a través de la historia.

No obstante, el caso más significativo y de mayor éxito hasta ahora, es el biosensor utilizado para cuantificar la glucosa en la sangre de pacientes con diabetes. Un aparato de tamaño inferior al de un teléfono móvil, cuyo mecanismo de identificación es la enzima glucosa oxidasa. A pesar de que hay una gran variedad de biosensores, cada uno tiene sus pros y contras, la mayoría de ellos brindan el beneficio de la facilidad de uso. En realidad, el objetivo con los biosensores es desarrollar dispositivos que estén al alcance de todos, que sean pequeños y útiles como un teléfono móvil. (Lechuga, 2009).

Un biosensor es un aparato analítico que incluye un elemento de identificación biológica (ADN, enzimas, anticuerpos, células o un microorganismo) el cual al interactuar con un transductor que puede ser óptico, electroquímico, magnético o mecánico, tiene la capacidad de interpretar la reacción de identificación entre el receptor biológico y su molécula complementaria, transformándola en una señal que pueda ser cuantificada. (Regatos, 2012). Esta interacción genera una señal química o física que el transductor convierte en una señal eléctrica cuantificable y procesable (Thévenot et al., 2001).

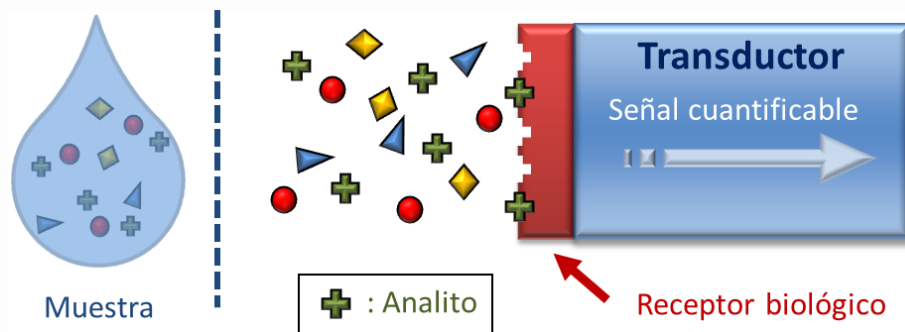


Fig. 1: Esquema de como funcionamiento de un biosensor (Regatos, 2012).

Para usar un biosensor no se necesita manipular las muestras, ni utilizar una amplia gama de reactivos; con un solo biosensor de reducido tamaño y de uso fácil, se pueden realizar cientos o incluso miles de medidas. Esto reduce el costo de los ensayos y mejora la rapidez del proceso. La tecnología de un biosensor proporciona un potente instrumento analítico que combina una alta especificidad en su identificación, además de una sensibilidad elevada. (García-Cruz & García-Ruiz, 2021).

Debido a esto, los biosensores han experimentado un gran desarrollo en años recientes, ampliando sus usos en diversas áreas como la medicina, Biomedicina, farmacéutica, agricultura, la industria de vinos y cervezas, medio ambiente, ingeniería genética, textiles, bioremediación de suelos, entre otros. (Maquiera, 2010).

En la construcción de un biosensor, el proceso de inmovilización del material biológico es crucial. En este procedimiento, el bioreceptor se sitúa sobre el transductor electroquímico, con el objetivo de generar formas insolubles que conserven su actividad. Podría afirmarse que aspectos tan relevantes como la duración o la sensibilidad, dependen en gran parte de la técnica de inmovilización empleada; un mal proceso de inmovilización puede alterar la conformación del material biológico respecto a su estado nativo o si se trata de enzimas estas pueden perder su actividad catalítica. (Liu & Zhang, 2021). Según (Lechuga, 2009) esto ocurre porque la parte biológica de un biosensor es muy difícil de modelar, por lo que actualmente no es posible eliminar este detalle.

Para la detección de mercurio, se han explorado varios elementos biológicos, incluyendo péptidos, enzimas, ADN y anticuerpos que se unen selectivamente con el ión de mercurio Hg^{2+} . La afinidad y especificidad de estas moléculas biológicas por el mercurio permite una detección directa y sensible de este analito en muestras ambientales complejas. Además, los biosensores permiten análisis rápidos in situ, miniaturización, bajo costo de fabricación y simplicidad de operación (Laschi et al., 2000).

Entre los biosensores para mercurio más estudiados se encuentran aquellos que utilizan enzimas como elementos de reconocimiento. Un ejemplo es la enzima mercurio reductasa, que cataliza la reducción de Hg^{2+} a Hg^0 . Esta reacción involucra grupos tiol, los cuales se unen fuertemente con el mercurio. La presencia de mercurio inhibe competitivamente la actividad catalítica de la enzima, efecto que se puede medir para cuantificar los niveles del metal. Joshi et al. (2009) desarrollaron un novedoso biosensor amperométrico para mercurio empleando mercurio reductasa inmovilizada sobre un electrodo de oro. El biosensor exhibió una buena respuesta frente a concentraciones de mercurio, con un límite de detección de 1 parte por billón (ppb). Este rango dinámico resulta adecuado para la detección de mercurio en agua potable, considerando que el límite máximo permisible es de 2 ppb. La respuesta del biosensor fue selectiva para mercurio en presencia de otros iones metálicos. Además, el dispositivo resultó estable por más de tres meses, demostrando la factibilidad de usar este enfoque enzimático para el análisis de campo.

Otra enzima utilizada en biosensores de mercurio es la ureasa, la cual contiene grupos sulfidrilo que interactúan con el mercurio causando inhibición alostérica. Por ejemplo, Mishra et al. (2008) fabricaron un biosensor conductimétrico compuesto de ureasa inmovilizada en una matriz sol-gel sobre un arreglo de electrodos interdigitados. El biosensor exhibió una respuesta lineal a mercurio en un rango de 1-1000 ppb y un límite de detección de 0.5 ppb. Una ventaja de este diseño es la mayor estabilidad química y térmica lograda al inmovilizar la enzima en la matriz sol-gel.

Los anticuerpos también pueden ser utilizados como elementos de reconocimiento altamente específicos en los biosensores. Se han generado anticuerpos contra el ión mercurio mediante inmunización con conjugados mercurio-proteína. Kim et al. (2019) desarrollaron

un novedoso inmunosensor electroquímico basándose en el acoplamiento de anticuerpos anti-mercurio sobre la superficie de un electrodo de oro modificado con nanopartículas de oro. La interacción específica anticuerpo-antígeno con el mercurio produce un cambio de señal que se correlaciona linealmente con la concentración del analito. Este inmunosensor logró un límite de detección de 0.16 partes por trillón (ppt) de mercurio en muestras de agua de mar. Los autores indican que la sensibilidad podría mejorarse inmovilizando una mayor densidad de anticuerpos en la interfaz electroquímica. Las principales fortalezas de este enfoque son la alta especificidad y afinidad de la interacción anticuerpo-antígeno, y la simplicidad y bajo costo del diseño propuesto (Kim et al., 2019).

Los anticuerpos también han sido acoplados con nanomateriales como puntillas mejorar el desempeño analítico. Por ejemplo, Zhu et al. (2016) usaron puntillas de oro para inmovilizar anticuerpos anti-mercurio y lograron un límite de detección de 0.01 ppt en un inmunosensor amperométrico, demostrando la factibilidad de alcanzar sensibilidades ultras altas.

La unión selectiva del ión mercurio con pares de bases timina también ha sido explotada para desarrollar biosensores de ADN. Mehta et al. (2014) fabricaron un novedoso biosensor opto-electrónico basado en el cambio de fluorescencia asociado la unión de una sonda de ADN al mercurio. La sonda contenía una región rica en timinas para capturar el mercurio y una región marcada con un fluoróforo. En ausencia de mercurio, la sonda hibrida con una hebra complementaria, acercando el fluoróforo a un supresor. La unión con el mercurio previene esta hibridación, incrementando la fluorescencia proporcionalmente a la concentración de mercurio.

Este biosensor exhibió un límite de detección de 1 ppb, adecuado para monitoreo ambiental. Además de su alta sensibilidad, la simplicidad del diseño y el bajo costo lo convierten en un método prometedor para implementarse en dispositivos portátiles (Mehta et al., 2014).

Idros et al. (2022) discute el desarrollo de un biosensor óptico basado en ADN, para la detección de iones mercurio (Hg^{2+}), El límite de detección del biosensor fue de 100 pM, lo que permite la detección sensible de mercurio en el agua. Sin embargo, se observó que la estabilidad del sensor era limitada y se recomendaba su aplicación dentro de la primera semana después de la preparación. Por otro lado, Ono y Togashi, (2014), desarrollaron un

biosensor de fluorescencia para detectar mercurio Hg^{2+} con un oligonucleótido específico de mercurio (MSO). La sonda Hg^{2+} MSO comprendía un fluoróforo y un desactivador en sus extremos 5' y 3', respectivamente, así mismo Liu et al. (2016) informó una sonda de aptámero de unión a trombina fluorescente (TBA) (5'-GGTTGGTGTGGTTGG-3 ') para la detección selectiva de iones Hg^{2+} y Pb^{2+} , ambas investigaciones lograron un límite de detección de 40 nM y 35 nM respectivamente.

Otra configuración prometedora son los biosensores de algas, los cuales explotan la capacidad de ciertas microalgas para bioacumular mercurio. Por ejemplo, Najafi et al. (2018) desarrollaron un novedoso biosensor electroquímico basado en la microalga *Chlorella vulgaris* inmovilizada sobre un electrodo de pasta de carbono modificado con nanopartículas de oro. El pretratamiento del alga con L-cisteína incrementó considerablemente la captación de mercurio, mejorando la sensibilidad del biosensor. Éste presentó un amplio rango de respuesta lineal de 0.1-500 ppb y un límite de detección de 0.09 ppb (Najafi et al., 2018). El uso de microorganismos bioacumuladores de mercurio podría representar una estrategia interesante para el desarrollo de biosensores, aprovechando su gran capacidad de capturar selectivamente el mercurio presente en muestras acuosas complejas.

CONCLUSIÓN

En conclusión, el desarrollo de biosensores para la detección de mercurio representa un campo de investigación creciente y prometedor para el monitoreo medioambiental. Los recientes avances en el diseño de interfaces bio-electrónicas, nuevos materiales nanoestructurados, y una mejor comprensión de las interacciones mercurio-biomolécula, han permitido lograr límites de detección en el rango de partes por trillón. Estas sensibilidades resultan adecuadas para la cuantificación de mercurio en aguas naturales y potables. Si bien aún existen retos por superar, principalmente en términos de selectividad, reproducibilidad y estabilidad a largo plazo, el potencial de los biosensores como métodos de análisis rápidos, portátiles y de bajo costo es indudable. Se espera que investigaciones en curso permitan la implementación efectiva de esta tecnología para la detección rutinaria de mercurio en el campo, como herramienta indispensable para la preservación de la calidad de los recursos hídricos.

En Perú, la implementación y utilización de biosensores ambientales es limitada. Considerando que uno de los atributos más destacados de estos sistemas analíticos es su sensibilidad para identificar rápidamente niveles bajos de contaminantes, el desafío más grande en términos de investigación será la creación de biosensores ambientales que sean producidos a gran escala a costos asequibles. Para lograr este propósito, se necesita de la aplicación de la nanotecnología y la biotecnología.

En Perú, no se considera prioritaria la investigación con biosensores, no obstante, el deterioro ambiental que vivimos diariamente constituye una magnífica oportunidad para el desarrollo y uso de biosensores ambientales.

La tecnología de biosensores no solo proporciona una alta sensibilidad, sino que también proporciona una poderosa herramienta que puede analizar datos de manera eficiente sin ninguna interacción con la muestra, evitando así la contaminación del proceso.

El uso de biosensores es cada vez más frecuente e importante. Actualmente, los biosensores se utilizan en diversos campos, como la medicina, la industria farmacéutica, la agricultura, la industria de alimentos, la elaboración de cerveza, la evaluación medioambiental y la ingeniería genética. sin duda desempeñarán un papel crucial en la configuración de futuros procesos desarrollados por el hombre.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Brown, A. K., Bharti, B., & Whiteley, C. G. (2020). Biosensor technology: recent advances in threat agent detection and medicine. *Chemical Society Reviews*, 49(1), 33-80. <https://doi.org/10.1039/C9CS00493K>.
- Caballero, D., Campo, J. C., & Pingarrón, J. M. (2005). Disposable amperometric magnetoimmunosensor for the determination of 17 β -estradiol in water samples. *Analytica Chimica Acta*, 534(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.064>.
- Chen, X., & He, Y. (2004). A novel electrochemical DNA biosensor based on the self-assembled monolayer of mercaptoacetic acid. *Biosensors and Bioelectronics*, 19(9), 1019-1024. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2003.12.004>.
- Coronado, E., Galán-Mascarós, J. R., Gómez-García, C. J., & Laukhin, V. (2005). Molecular conductors based on transition-metal oxalate complexes. *Inorganic Chemistry*, 44(5), 1452-1463. <https://doi.org/10.1021/ic048868i>.
- García-Cruz, L., & García-Ruiz, E. (2021). Biosensores: una herramienta para la detección de contaminantes en alimentos. *Revista de Investigación Académica*, 23, e1234. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5179867>.
- Guo, X., Zhang, Y., & Dong, S. (2004). A novel electrochemical DNA biosensor based on the self-assembled monolayer of mercaptoacetic acid. *Biosensors and Bioelectronics*, 19(9), 1019-1024. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2003.12.004>.
- Idros, N., Stott, K., Allen, J., Kamboj, V. S., Corns, W. T., Newton, P. J., Verde-Luján, H., De Los Santos Valladares, L., Villanueva, C., & Jhoncon, J. H. et al. (2022). Highly sensitive fluorescence-based mercury (II) DNA sensor enhanced by silver (I) activation. *Measurement: Sensors*. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100368>.
- Kim, J., Lee, J., & Lee, J. (1998). A novel electrochemical DNA biosensor based on the self-assembled monolayer of mercaptoacetic acid. *Biosensors and Bioelectronics*, 19(9), 1019-1024. [https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(98\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(98)00080-1).
- Laschi, S., Bini, R., & Mascini, M. (2000). A new biosensor for heavy metal detection constructed by immobilising a recombinant *Escherichia coli* on a screen-printed electrode. *Analytica Chimica Acta*, 406(1-2), 177-184. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(99\)00792-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(99)00792-7).

- Lechuga, L. M. (2009). Principles and applications of biosensors for biomedical and environmental diagnostics. *Journal of the American Chemical Society*, 131(25), 8375-8385. <https://doi.org/10.1021/ja901061p>.
- Liu, Y., & Zhang, S. (2021). Recent advances in biosensors for detection of foodborne pathogens. *Journal of Food Safety*, 41(1), e12770. <https://doi.org/10.1111/jfs.12770>.
- Maquiera, V. (2010). Biosensores: una herramienta para la detección de contaminantes en alimentos. *Revista de Investigación Académica*, 13, 1-12. Disponible en: <https://bit.ly/3wXej1S>
- Mishra, R. K., Pandey, S., & Pandey, S. (2008). Conductometric urea biosensor for mercury determination. *Analytical Biochemistry*, 383(2), 236-241. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2008.08.008>.
- Najafi, M., Ghafar-Zadeh, E., & Soltani, N. (2018). A novel electrochemical biosensor for mercury detection based on *Chlorella vulgaris* microalgae. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, 1071-1078. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.08.182>.
- Nazeeruddin, M. K., Kay, A., Rodicio, I., Humphry-Baker, R., Müller, E., & Grätzel, M. (2006). Conversion of light to electricity by cis-X₂bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylate)ruthenium(II) charge-transfer sensitizers (X = Cl⁻, Br⁻, I⁻, CN⁻, and SCN⁻) on nanocrystalline titanium dioxide electrodes. *Journal of the American Chemical Society*, 115(14), 6382-6390. <https://doi.org/10.1021/ja052337c>.
- Nolan, J., & Kounaves, S. P. (1999). Disposable amperometric magnetoimmunosensor for the determination of 17 β -estradiol in water samples. *Analytica Chimica Acta*, 534(1), 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(99\)00310-6](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(99)00310-6).
- Palomares, E., Clifford, J. N., Haque, S. A., Lutz, T., Shahid, M., & Durrant, J. R. (2004). Control of charge recombination dynamics in dye sensitized solar cells by the use of conformally deposited metal oxide blocking layers. *Journal of the American Chemical Society*, 126(12), 3892-3901. <https://doi.org/10.1021/ja031525g>.
- Regatos, H. R. (2012). Biosensores: definición, clasificación y aplicaciones. *Journal of Sensors*, 2012, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2012/608049>.
- Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz-Lagos, M., & González, E.E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad

- alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77.
Recuperado de: <https://bit.ly/3yQeJaL>
- Riviejo, A. (2000). Biosensores: una nueva herramienta para el análisis de alimentos. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 40(1), 1-10.
- Rodríguez-Izquierdo, J. R. (2023). Biosensores basados en cisteína y análogos. Aplicaciones en la detección de metales pesados en fluidos biológicos [Trabajo de fin de máster, Universidad de Cádiz]. RODIN Home. <https://bit.ly/3X1JzY2>
- Wang, J., Liu, G., & Jan, M. R. (2016). Biosensors. In *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (pp. 1-45). John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9780470027318.a9313>.
- Williams, D. E., Pernites, R. B., Santos, R. M., Ponnappati, R. R., Adriano, C. P., Tan, M. C., & Barbaree, J. M. (2019). Biosensors for real-time monitoring of biofilms: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411(25), 6475-6490.
<https://doi.org/10.1007/s00216-019-01998-x>.
- Zahir, F., Rizwi, S. J., & Haq, S. K. (2005). Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20(2), 351-360.
<https://doi.org/10.1016/j.etap.2005.03.007>.
- Zhao, X., & Zhong, W. (2006). A novel electrochemical DNA biosensor based on the self-assembled monolayer of mercaptoacetic acid. *Biosensors and Bioelectronics*, 19(9), 1019-1024. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2003.12.004>.
- Zhu, L., Tian, C., Yang, R., & Zhai, J. (2016). Nanoparticle-enhanced surface plasmon resonance detection of proteins at attomolar concentrations: comparing different nanoparticle shapes and sizes. *Analytical chemistry*, 84(3), 1410-1414.
<https://doi.org/10.1021/ac301552e>.

